

Г. Ф. Денисенко

Охрана труда

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов экономических
специальностей высших технических учебных
заведений



Москва
«Высшая школа» 1985

ББК 65.9 (2) 248

Д 33

Рецензенты: кафедра охраны труда и окружающей среды Московского института нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина (зав. кафедрой проф. Г. Е. Панов); д-р экон. наук В. Г. Макушин (зав. отделом НИИ труда Госкомтруда СССР).

Денисенко Г. Ф.

Д 33 Охрана труда: Учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1985. — 319 с., ил.
В пер.: 85 к.

Подобное пособие издается впервые. В нем рассматриваются теоретические вопросы охраны труда. Даются необходимые сведения по правовым и организационным вопросам охраны труда, производственной санитарии и технической безопасности. Анализируются условия труда, управление охраной труда, мероприятия по улучшению его условий.

Предназначается для студентов инженерно-экономических специальностей вузов. Может быть использовано практическими работниками.

Д $\frac{0604020103-412}{001(01)-85}$ 31-85

ББК 65.9 (2) 248
331.8

© Издательство «Высшая школа», 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие соответствует программе курса «Охрана труда» для экономических специальностей вузов, утвержденной Научно-методическим советом МВ и ССО СССР.

Необходимость издания такого учебника вызвана отсутствием специальной учебной литературы по этим специальностям, а будущие инженеры-экономисты, многим из которых предназначена роль организаторов производства, должны обладать хорошими знаниями в области охраны труда.

Курс «Охрана труда» состоит из четырех разделов. В первом разделе рассматриваются социально-экономические, правовые и организационные вопросы охраны труда; во втором — основы производственной санитарии и гигиены труда; в третьем — технические вопросы обеспечения безопасности труда; в четвертом — вопросы обеспечения пожаро- и взрывобезопасности.

Отличительной особенностью учебного пособия является более подробное изложение социально-экономических и организационных основ охраны труда (раздел первый).

Во втором разделе подробно рассмотрены вредные производственные факторы, принципы их гигиенического нормирования, основные пути устранения или уменьшения их воздействия на работающих.

Вопросы обеспечения безопасности технологических процессов и производственного оборудования (раздел третий) рассматриваются в обобщенном виде, так как многие из них изучаются в соответствующих специальных курсах. Более подробно изложены требования безопасности к оборудованию, обладающему повышенной опасностью. Необходимое внимание в разделе уделено защитным устройствам, являющимся основными техническими устройствами безопасности.

При изложении материала четвертого раздела основное внимание обращено на ознакомление студентов с показателями пожарной опасности веществ и материалов, положенными в основу категорирования производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности, а также с возможными причинами возникновения пожаров и взрывов. Впервые в учебной

литературе приведена методика оценки экономической эффективности пожарно-профилактических мероприятий.

При изложении материала всех разделов учтены результаты последних исследований, требования государственных стандартов ССБТ, а также строительных норм и правил. При этом главное внимание обращалось на разъяснение основных понятий и подходов к решению ключевых задач охраны труда.

Автор благодарит коллектив кафедры охраны труда Всесоюзного заочного политехнического института (зав. кафедрой д-р мед. наук, проф. Г. Ф. Невская) и доцента, канд. техн. наук А. П. Алексаняна за ценные советы и помощь, а также выражает большую признательность рецензентам рукописи: коллективу кафедры охраны труда МИНХ и ГП (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Г. Е. Панов) и д-ру экон. наук В. Г. Макушину за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги.

Учебное пособие подобного профиля создается впервые и в этом заложены определенные трудности. Автор с благодарностью примет все замечания и пожелания, направленные на улучшение учебного пособия.

Автор

Важнейшей целью социалистического общества является превращение труда в первейшую жизненную потребность человека. Это возможно только в том случае, если труд человека протекает в благоприятных условиях, способствующих развитию всех его способностей и обеспечивающих высокую производительность труда. Кроме того, в процессе труда человек не должен заболеть или получить травму. В то же время, по данным Международной организации труда (МОТ), ежегодно в мире происходит 50 млн. несчастных случаев (в среднем 160 тыс. несчастных случаев в день)¹.

Проблемами, связанными с обеспечением здоровых и безопасных условий труда, занимается охрана труда. Охрана труда выявляет и изучает возможные причины производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров и разрабатывает систему мероприятий и требований с целью устранения этих причин и создания безопасных и благоприятных для человека условий труда. При этом наряду с огромным социальным эффектом достигается и определенный экономический эффект.

Охрана труда — это система законодательных, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда — ГОСТ 12.0.002—80 (СТ СЭВ 1084—78).

Сложность стоящих перед охраной труда задач требует использования достижений и выводов многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания здоровых и безопасных условий труда. Прежде всего это относится к социально-правовым наукам, которые рассматривают правовые гарантии трудящихся в социалистическом обществе, а также к исследованиям в области научной организации труда, технической эстетики, эргономики, социальной и инженерной психологии.

¹ См.: Безопасность труда. Информационный бюллетень МОТ. Женева, 1982, № 4 (65), с. 1—6.

При разработке способов обеспечения безопасных условий эксплуатации машин, аппаратов и другого оборудования охрана труда базируется на выводах технических наук, используя их данные в инженерных решениях, позволяющих предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания.

Так как главным объектом охраны труда является человек в процессе труда, то при разработке требований производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и биологических дисциплин (гигиены труда, физиологии и психологии труда, промышленной токсикологии, профессиональной патологии и т. п.). Вопросы охраны труда также тесно связаны с разработкой мероприятий по предотвращению пожаров и взрывов.

Особенно тесная связь существует между охраной труда, научной организацией труда, эргономикой, инженерной психологией и технической эстетикой. Все эти дисциплины входят в комплекс наук, изучающих человека в процессе его трудовой деятельности. У этих дисциплин общие цели — способствовать повышению производительности труда, сохранению здоровья и развитию личности трудящегося человека. В то же время все они подходят к этой общей цели с разных сторон и на разных уровнях.

Целью научной организации труда (НОТ) является разработка и внедрение в практику рационально построенного трудового процесса, обеспечивающего заданное качество продукции и высокую производительность труда, создание условий для сохранения здоровья трудящихся, увеличения периода их трудовой деятельности, роста культурного уровня.

Эргономика — научная дисциплина, комплексно изучающая закономерности взаимодействия человека с техническими средствами, предметом деятельности и средой, практическими задачами которой является повышение эффективности деятельности при сохранении здоровья и всестороннем развитии личности.

Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное функционирующее целое, в котором ведущая (управляющая) роль принадлежит человеку.

Инженерная психология, являясь отраслью психологии, изучает объективные закономерности взаимодействия человека и техники с целью использования их для проектирования и эксплуатации сложных систем «человек — машина» и в этом отношении выступает как один из разделов эргономики. Инженерная психология в основном занимается изучением деятельности человека-оператора.

Необходимость в комплексном, системном подходе к изучению взаимодействия работающего человека с машиной (техникой) и окружающей средой особенно остро проявилась во второй половине XX в., когда в результате использования сложных технических устройств возросли нервно-психические перегрузки, появились профессиональные заболевания, участились аварии, катастрофы и другие нежелательные последствия. Возникла такая ситуация, когда совершенные технические устройства не давали ожидаемого эффекта в связи с тем, что конструирование технических систем велось без учета человеческих возможностей.

Тенденция дальнейшего развития производства лежит в еще большем усложнении техники, централизации управления крупными комплексами. И основная задача специалистов — определить пути и средства оптимального взаимодействия техники и человека. В этих условиях как при конструировании орудий труда, так и при проектировании трудовой деятельности в целом определяющее значение приобретает всесторонний учет физиологических, антропометрических, психологических свойств человека, его эстетических вкусов и социальных качеств. Возможности такого учета представляет эргономика.

Эргономика проектирует целесообразные варианты конкретных видов деятельности, формирует требования к техническим средствам и к профессиональному отбору, тренингу, обучению, открывает новые возможности в определении скрытых причин, могущих привести к несчастным случаям и профессиональным заболеваниям.

Проектирование трудовой деятельности на основе рекомендаций эргономики позволяет по-новому решать вопросы обеспечения безопасности машин, механизмов и другого оборудования, а также предупреждать воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов. Эргономика вносит определенный вклад в осуществление важнейшей долгосрочной задачи охраны труда — перехода от техники безопасности к безопасной технике.

Немаловажное значение для охраны труда имеет и техническая эстетика, которая, используя достижения теории и практики художественного конструирования, призвана создавать наилучшие условия труда, быта и отдыха людей в создаваемом ими предметном мире.

Задача усиления экономики во всех звеньях народного хозяйства заставляет обратить самое серьезное внимание на экономические вопросы при разработке планов и осуществлении мероприятий по охране труда. От условий труда зависит его эффективность, соотношение между затратами труда и его ре-

результатами. Это обуславливает все более крепнущую связь охраны труда с экономикой.

Большое значение для предупреждения травм и профессиональных заболеваний имеет рациональная организация производства и труда. Одним из компонентов социалистической организации труда является трудовая дисциплина, определяющая порядок поведения работающих в процессе производства. Строгое соблюдение трудовой дисциплины необходимо для повышения эффективности труда, а также предупреждения несчастных случаев и аварий.

Методологической основой курса «Охрана труда» является научный анализ условий труда, технологических процессов, производственного оборудования, применяемых и получаемых материалов и веществ с точки зрения возможности возникновения опасных и вредных производственных факторов. На основе такого анализа разрабатывают технические и организационные мероприятия по предотвращению воздействия этих факторов на работающих.

Успех в решении проблем охраны труда в большой степени зависит от качества подготовки специалистов в этой области, от их умения принимать правильные решения в сложных и изменчивых условиях современного производства. Вот почему каждый выпускник вуза должен обладать теоретическими и практическими знаниями в области охраны труда.

От качества подготовки инженеров-экономистов по вопросам охраны труда во многом зависит состояние охраны труда на промышленных объектах, эффективность разработки безопасной техники и организации работы по созданию здоровых и безопасных условий труда, с учетом экономической эффективности реализуемых решений.

Курс «Охрана труда» является развитием курса «Основы техники безопасности и противопожарной техники». В последние годы происходит заметная трансформация курса «Охрана труда». Все большее внимание в курсе отводится социально-экономическим вопросам. Развитие производительных сил достигло уже такого уровня, когда на первый план выдвигаются социологические, социально-экономические и социально-психологические вопросы. Это закономерно, так как в обществе развитого социализма обеспечение гармоничного формирования человеческой личности становится целью общественного развития.

Раздел первый

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА

Глава 1

ЗАДАЧИ И ЗНАЧЕНИЕ ОХРАНЫ ТРУДА В СССР

§ 1. Охрана труда в СССР и капиталистических странах

Понятие, задачи и значение охраны труда в СССР неразрывно связаны с марксистско-ленинским пониманием значения труда в жизни людей. Труд — это целесообразная деятельность человека, в процессе которой он воздействует на природу и использует ее в целях производства материальных благ, необходимых для удовлетворения своих потребностей. Но труд — это не только процесс взаимодействия между человеком и природой, это и общественный процесс, в котором люди вступают между собой в определенные производственные отношения. В каждой общественно-экономической формации он проявляется в конкретной, исторически определенной форме, имеет особый характер и свою организацию, в которых выражается его общественное содержание.

С физиологической точки зрения труд есть затрата физической и умственной энергии человека, но он необходим и полезен человеку. И только во вредных условиях труда или при чрезмерном напряжении сил человека в той или иной форме могут проявиться негативные последствия труда.

Охрана труда является органическим элементом процесса производства. Поэтому она имеет как организационно-технические, так и социальные аспекты. Охрана труда призвана ограждать работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов, обеспечивать наиболее благоприятные условия труда, что предотвращает бесполезную затрату их сил, содействует повышению производительности труда, всестороннему развитию личности. Благоприятные ус-

ловия труда на производстве способствуют активному участию людей в общественно-политической жизни, позволяют шире удовлетворять их культурные запросы.

Охрана труда как научная дисциплина возникла впервые в СССР. Это и неудивительно. В социалистическом обществе обеспечение оптимальных условий труда выступает важной задачей производства, обусловленной требованием основного экономического закона социализма.

Решающим средством улучшения условий труда, превращения всех производств в безопасные, удобные для человека, КПСС считает техническое перевооружение промышленности, сельского хозяйства, строительства и транспорта.

Выдвинутая на XVI съезде профсоюзов стратегия партии, правительства и профсоюзов в области охраны труда может быть охарактеризована лозунгом: «От техники безопасности — к безопасной технике»¹.

Совершенно иное отношение к охране труда существует в капиталистических странах. Уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний в развитых капиталистических странах очень высок. Например, по данным МОТ, опубликованным в 1979 г., в странах Западной Европы ежегодно регистрируется около 15 млн. производственных несчастных случаев с утратой трудоспособности².

Интересные сведения дает сравнение числа травм в ФРГ и ГДР, где их учет ведется одинаково (начиная с четырех дней нетрудоспособности). В 1978 г. число травм, приходящихся на 1000 работающих (коэффициент частоты), составляло в ГДР — 31,3, в ФРГ — 74. В эксплуататорском обществе травматизм вызывается не производством как таковым, а существующими производственными отношениями. Жесточая эксплуатация, капиталистические формы разделения труда, высокая его интенсивность, часто плохие санитарно-гигиенические условия приводят к росту травматизма.

О состоянии охраны труда в капиталистических странах можно судить, например, по таким показателям, как правовое регулирование рабочего времени, нормирование вредных производственных факторов и т. п. По данным МОТ, в 1979 г. в горнодобывающей промышленности фактическая продолжительность рабочего времени составляла: в США — 43,0 ч; в Японии — 43,6 ч; в ФРГ — 41,3 ч; в Великобритании —

¹ Материалы XVI съезда профессиональных союзов СССР. М., 1977.

² См.: Цуцков М. Е. Охрана труда в СССР и зарубежных странах. — В кн.: Безопасность труда на производстве. М., 1981.

46,8 ч¹. Рабочие-иммигранты в США и других капиталистических странах работают по 14 ч в сутки за ничтожную плату. На них не распространяются законы об охране труда, выплате пособий по безработице.

В капиталистических странах максимальная продолжительность рабочей недели женщин, как правило, значительно выше, чем в социалистических. Не везде предоставляются оплачиваемые отпуска по беременности и родам. Отсутствие гарантии на сохранение работы за беременными женщинами в США заставляет их работать до самых родов и сразу же после них возвращаться на работу.

В США, Франции и некоторых других странах законодательно не регламентируются льготные условия труда подростков. В Швеции, например, продолжительность рабочего дня подростка достигает 10 ч. В Японии и Великобритании он одинаков с рабочим днем взрослых рабочих. Минимальный возраст допуска к работе, как правило, низок. Например, в Италии, по официальным данным, работает около 30 тыс. детей моложе 14 лет.

Предельно допустимые содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в капиталистических странах, как правило, не имеют силы закона, а являются рекомендательными. Практически они всюду выше, чем в социалистических странах, так как принципиальный подход таков, что допускается определенный риск заболевания при установленных нормативах. В СССР установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) более чем на 1000 веществ, в США — на 750, в Великобритании — на 500, ФРГ — на 370. Для многих веществ ПДК в США в 10 и более раз выше, чем в СССР.

Особенно неблагоприятны условия труда коренного населения стран, где господствуют колониально-расистские режимы. Например, африканцы в ЮАР, как правило, заняты на самых тяжелых и опасных работах, где отсутствуют элементарные средства обеспечения безопасности. Они составляют большинство среди заболевших и получивших травму².

Все это свидетельствует о том, что условия труда на производстве определяются не уровнем развития производства, а главным образом производственными отношениями, присущими данному обществу.

¹ См.: Цуцков М. Е. Охрана труда в СССР и зарубежных странах. — В кн.: Безопасность труда на производстве. М., 1981.

² См.: Мухамедова Д., Улановская И. Труд и социальное обеспечение по-расистски. — Охрана труда и социальное страхование. 1980, № 1.

§ 2. Развитие охраны труда в СССР

Создатель Коммунистической партии и Советского государства В. И. Ленин всегда придавал вопросам охраны труда очень большое значение. Принятая на II съезде РСДРП (1903 г.) первая Программа партии требовала установления восьмичасового рабочего дня и еженедельного непрерывного отдыха не менее 42 ч; запрещения сверхурочных работ, труда подростков до 16 лет, а также женского труда в отраслях и на работах, вредных для здоровья женщин; введения санитарного надзора на всех предприятиях, бесплатной медицинской помощи и сохранения заработной платы на время болезни; учреждения инспекции труда с участием выборных представителей рабочих; ответственности предпринимателей за потерю рабочими трудоспособности и т. п.¹

Высшее назначение науки, главную задачу ее служения народу В. И. Ленин видел в том, чтобы она создала условия для превращения труда человека из тяжелого бремени, каким он являлся при капитализме, в источник наслаждения, в первую потребность человека в условиях социалистического общества. В статье «Одна из великих побед техники» В. И. Ленин писал: «Электрификация всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории»².

В. И. Ленин неоднократно подчеркивал, что социалистическая экономика может базироваться только на самой передовой технике, что только такая техника способна создать новые, социалистические условия труда.

Осуществление требований первой Программы партии стало возможным после победы Великой Октябрьской социалистической революции. Одним из первых декретов Совета Народных Комиссаров был Декрет от 29 ноября 1917 г. о восьмичасовом рабочем дне. 17 мая 1918 г. был издан Декрет об учреждении инспекции труда, в разработке которого принимал участие В. И. Ленин. В декабре 1918 г. был издан первый советский Кодекс законов о труде, который в октябре 1922 г. был заменен новым Кодексом, предусматривающим широкий круг мероприятий по охране труда. В. И. Ленин называл этот Кодекс громадным завоеванием Советской власти.

¹ См.: КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. М., 1983, т. I, с. 63.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 23, с. 94.

Кодекс этот просуществовал вплоть до 1971 г., когда был заменен Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о труде.

В дальнейшем развитие охраны труда в нашей стране шло неравномерно. В годы первых пятилеток и в период восстановления народного хозяйства после Великой Отечественной войны экономический и научно-технический уровень производства не всегда позволял успешно решать многообразные проблемы охраны труда.

Начиная с 1957 г. партией и правительством было принято много постановлений, направленных на улучшение условий труда и устранение причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Среди них важное значение имело постановление ЦК КПСС от 30 ноября 1966 г. «Об усилении внимания партийных, хозяйственных и профсоюзных органов к охране труда и технике безопасности в промышленности, строительстве и на транспорте», в котором отмечалось, что непринятие мер к строгому соблюдению правил безопасного ведения работ должно квалифицироваться как грубейшее нарушение партийной и государственной дисциплины.

Принятая на XXII съезде КПСС Программа Коммунистической партии Советского Союза предусматривает внедрение на всех предприятиях современных средств техники безопасности и создание санитарно-гигиенических условий, устраняющих производственный травматизм и профессиональные заболевания. Всестороннее оздоровление и облегчение условий труда объявлено одной из важнейших задач подъема народного благосостояния.

Считая заботу о здоровье советских людей важнейшей социальной задачей, Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР трижды за последние годы (1968, 1977, 1982 гг.) принимали постановления, направленные на дальнейшее улучшение здравоохранения и развитие медицинской науки в нашей стране. В этих постановлениях намечалась широкая программа мер по дальнейшему улучшению охраны здоровья населения, снижению профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости.

Большая роль в улучшении условий труда принадлежит профессиональным союзам. одной из основных задач которых является защита законных интересов и прав трудящихся, контроль за соблюдением трудового законодательства, правил и норм в области охраны труда во всем народном хозяйстве.

Вопросы охраны труда широко обсуждались на всех съездах профсоюзов СССР. На XVII съезде профсоюзов (1982 г.) отмечалось, что профсоюзы, ставя в центр своей деятельности инте-

рессы трудового человека, считают первоочередной задачей постоянную заботу об улучшении производственных и бытовых условий трудящихся, об их медицинском обслуживании, санитарно-курортном лечении и охране труда, о сведении до минимума, а в дальнейшем и полной ликвидации ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда и прежде всего на подсобных и вспомогательных работах, о совершенствовании контроля за соблюдением трудового законодательства¹.

Вопросам совершенствования работы по охране труда были посвящены два всесоюзных совещания, проведенные в 1975 и 1981 гг. по инициативе ВЦСПС с участием Госкомтруда СССР и Госгортехнадзора СССР.

Построение в нашей стране развитого социалистического общества внесло много изменений в задачи охраны труда. 70-годы в истории нашего государства отмечены началом комплексного решения не только научно-технических и экономических, но и социальных задач, в числе которых охрана труда занимает одно из ведущих мест. В Отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду партии подчеркивалось: «В 1976—1990 годы страна будет располагать вдвое большими материальными и финансовыми ресурсами, чем в истекшем пятидесятилетии. Тем самым создаются новые возможности для решения основных социально-экономических задач, поставленных Программой партии, последними съездами. Это прежде всего относится к дальнейшему повышению благосостояния людей, улучшению их труда и быта»².

Эта принципиальная линия КПСС была не только подтверждена, но и развита XXVI съездом партии. «Главная задача одиннадцатой пятилетки, — говорится в Отчетном докладе ЦК КПСС съезду, — состоит в обеспечении дальнейшего роста благосостояния советских людей на основе устойчивого, поступательного развития народного хозяйства...». И далее: «На одиннадцатую пятилетку и восьмидесятые годы в целом партия выдвигает широкую программу дальнейшего подъема благосостояния народа. Эта программа охватывает улучшение всех сторон жизни советских людей — потребление и жилье, культуру и отдых, условия труда и быта»³.

В числе основных задач экономического и социального развития страны на 1981—1985 гг. и на период до 1990 г. XXVI съезд КПСС предусмотрел осуществить глубокие преобразова-

¹ См.: Материалы XVII съезда профессиональных союзов СССР. М., 1982.

² Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976.

³ Материалы XXVI съезда КПСС. М., 1982.

ния в важнейшей сфере жизнедеятельности людей — в труде, улучшить и облегчить его условия, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы, значительно продвинуться по пути стирания существенных различий между умственным и физическим трудом, превращения аграрного труда в разновидность индустриального.

На основе созданной в стране Системы стандартов безопасности труда многие предприятия, конструкторские и научно-исследовательские организации осуществляют разработку и серийный выпуск новой безопасной техники, внедряют безопасные технологические процессы, совершенствуют методы и формы организации работы по охране труда. И это уже привело к тому, что число производственных травм из-за конструктивных недостатков оборудования сократилось на 45%¹.

В десятой пятилетке создано около 20 тыс. новых типов машин, оборудования, приборов автоматизации, облегчающих труд, делающих его более производительным, творческим. Установлено около 60 тыс. поточных и автоматических линий, комплексно механизированы 20 тыс. участков, цехов и производств. Построено большое количество цехов и предприятий, где обеспечен высокий уровень безопасности труда².

Практически завершена разработка государственных стандартов Системы стандартов безопасности труда.

За годы десятой пятилетки были улучшены условия труда примерно для 20 млн. работающих женщин. Прделана большая работа по выводу женщин с тяжелых работ и работ с вредными условиями труда.

Спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты обеспечивается более 56 млн. человек. Ежегодные затраты на эти цели к концу десятой пятилетки возросли с 1,6 до 2,1 млрд. руб.³.

Все эти цифры и факты свидетельствуют о больших достижениях в области охраны труда в нашей стране.

§ 3. Научно-технический прогресс и охрана труда

Современный научно-технический прогресс вносит принципиальные новшества во все сферы материального производства. Атомная энергия, автоматизация и электроника, поли-

¹ См.: Цуцков М. Е. Охрана труда в СССР и зарубежных странах. — В кн.: Безопасность труда на производстве. М., 1981.

² См.: От съезда к съезду. — Охрана труда и социальное страхование. 1982, № 3.

³ От съезда к съезду. — Охрана труда и социальное страхование. 1982, № 3.

меры и физика твердого тела с ее воздействием на структуру вещества, химизация и микробиология, оптимизация процессов, кибернетика и ЭВМ — все это в корне преобразовывает энергетику, орудия и предметы труда, технологию, методы обработки информации и управления, меняет условия труда.

В большинстве отраслей промышленности научно-технический прогресс сопровождается улучшением условий труда, ликвидацией на многих производствах тяжелого ручного труда, широким внедрением новых эффективных средств обеспечения безопасности. Происходит значительное развитие научно-исследовательских и конструкторских работ в области охраны труда.

Значительный прогресс достигнут в машиностроении. На вновь создаваемых станках механизированы загрузка заготовок и выгрузка деталей, автоматизированы смена режущего инструмента и удаление стружки. Это значительно облегчает обслуживание станков. Полностью освобождает рабочих от тяжелых, вредных и монотонных работ внедрение автоматических манипуляторов с программным управлением — промышленных роботов (ПР). Использование ПР придает принципиально новые качества комплексно-механизированным и автоматизированным системам как в основных, так и во вспомогательных производствах.

За последние годы в нашей стране освоен выпуск ПР для обслуживания прессов, гальванических и литейных производств, полирования поверхностей, нанесения покрытий, точечной сварки, выполнения некоторых сборочных операций. Создаются роботы для сельского хозяйства, космической технологии, медицинской практики и др.

В настоящее время на промышленных предприятиях нашей страны около 7 тыс. автоматических манипуляторов освободили от тяжелого ручного труда более 20 тыс. рабочих. В одиннадцатой пятилетке только в машиностроении предполагается ввести 40...45 тыс. ПР, что высвободит 100...120 тыс. человек¹.

Работы по комплексной механизации и автоматизации производственных процессов ведутся в нашей стране широким фронтом. В промышленности строительных материалов действует завод-автомат по производству бетона. С помощью автоматики управляются многие электростанции. Комплексно автоматизируются добыча угля, нефти, газа. Например, завершается строительство полностью механизированной шахты,

¹ См.: А. Кузмичев. Роботы: благо или зло. — Охрана труда и социальное страхование. 1983, № 12.

где уголь будет добываться практически без присутствия людей под землей.

Технический прогресс значительно облегчает условия труда металлургов. На новых доменных печах полностью механизированы основные и вспомогательные операции, решены вопросы отвода теплоты, газов, пыли. Уже нашли широкое применение машины по заправке, футеровке электропечей и сталеразливочных ковшей. Внедряется дистанционное управление разливкой стали; механизированы отделка, чистка и клеймение ластового проката и т. п.

В лесозаготовительной промышленности машины выполняют наиболее тяжелые и монотонные операции — обрубку сучьев, сбрасывание бревен, погрузку пиломатериалов и т. п.

Огромные перемены происходят в сельском хозяйстве, где ручной труд во все большей степени заменяется машинным.

В то же время недостаточное использование возможностей научно-технического прогресса, отсутствие рационального им управления приводят в ряде случаев к ухудшению условий труда.

Рост количества одновременно управляемых объектов влечет за собой увеличение объема информации, значительно усложняет анализ и оценку производственной обстановки, приводит к повышению нервно-психических нагрузок.

Известное положение о том, что механизация и автоматизация трудовых процессов облегчают физическую тяжесть труда, сейчас нуждается в некотором уточнении. Безусловно, если оценивать тяжесть труда только по величине энергозатрат, то труд человека, обслуживающего современные машины, сложные технические комплексы, конвейерные линии, различные виды транспорта, можно считать легким. Но высокомеханизированный труд совершается в условиях ограниченной подвижности, связан с длительным мышечным статическим напряжением, а это является самой утомительной формой мышечной деятельности. Труд человека, протекающий в условиях чрезмерного нервного напряжения и длительной статической нагрузки с ограниченной подвижностью, приводит к возникновению неврозов, нервно-психических и сердечно-сосудистых заболеваний.

В период перехода от частичной механизации к комплексной автоматизации широкое распространение получила конвейерно-поточная организация труда, которая связана с монотонностью, приводящей к утомлению, снижению бдительности, что способствует росту травматизма и заболеваемости.

Научно-технический прогресс характеризуется также расширением вида и числа опасных и вредных производственных

факторов, в частности широким применением в различных сферах народного хозяйства токсических веществ, громадное количество которых (до 500 и более) ежегодно синтезируется. Многие из этих веществ обладают большой биологической активностью. Широкое использование достижений химии привело к тому, что значительно увеличился контингент работников, использующих в процессе труда различные химические вещества. Примером может служить применение пестицидов и удобрений в сельском хозяйстве.

С другой стороны, развитие автоматизации, механизации, дистанционного управления, применение более совершенного оборудования привели к резкому снижению содержания в воздухе рабочих зон химических, металлургических и других цехов вредных веществ. В этих условиях опасность отравлений значительно уменьшилась и на первый план выдвинулись проблемы, связанные с длительным воздействием небольших концентраций вредных веществ, их комбинированным воздействием и влиянием на возможные последствия в отдаленные сроки, а также влиянием на общую сопротивляемость организма и его работоспособность.

Повышение технического уровня производства неразрывно связано с широким использованием радиоэлектроники, радиосвязи, телевидения, оптической квантовой электроники и оптических квантовых генераторов. Все эти устройства, так же как и установки, генерирующие электромагнитные поля радиочастот, являются источниками электромагнитных излучений, которые сейчас принято обозначать единым термином — неионизирующие излучения. Круг лиц, подвергающихся воздействию таких излучений, все время расширяется.

Увеличение мощностей и скоростей работы оборудования, замена традиционных технологических процессов новыми (электрофизическими, электрохимическими, ультразвуковыми) приводят к возрастанию воздействия на работающих таких неблагоприятных факторов, как шум, вибрация, ультразвук.

Интересно отметить еще одну проблему, связанную с научно-техническим прогрессом. Современное производство нуждается во все более квалифицированной рабочей силе. Обучение рабочего становится все более сложным, длительным и дорогостоящим. Поэтому должны соответственно удлиняться сроки активной, трудоспособной продолжительности жизни.

Большое экономическое значение приобретает также снижение потерь рабочего времени из-за травматизма, профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости. Подсчеты показывают, что снижение заболеваемости среди промышленных рабочих только на 1 день позволит получить

дополнительно 32,5 млн. рабочих дней в год. Подобное же снижение заболеваемости в строительстве может сэкономить 6994 тыс. трудовых дней. Это равнозначно высвобождению 30 тыс. строительных рабочих¹.

Все эти факты говорят о том, что в настоящее время происходят существенные изменения в условиях труда большого контингента трудящихся. Быстрый темп этих изменений приводит в некоторых случаях к временному усилению воздействия на работающего человека новых, ранее не известных или мало изученных опасных и вредных производственных факторов физического, химического, биологического и особенно психофизиологического характера. Подобные противоречия научно-технического прогресса в условиях социализма носят временный, не коренной характер, усложняя в то же время проблемы охраны труда.

Развитие народного хозяйства в СССР и других социалистических странах убедительно показывает, что технический прогресс в условиях социалистических производственных отношений оказывает положительное влияние на улучшение условий труда. Механизация и автоматизация производственных процессов освобождают человека от тяжелого физического труда, насыщают работу интеллектуальным содержанием.

Дальнейшее совершенствование охраны труда в условиях научно-технического прогресса требует глубокого и комплексного изучения последствий внедрения его достижений с психофизиологической, экономической, социальной и других точек зрения. В реализации этой программы принимает участие свыше 350 научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, вузов и промышленных предприятий. Методическое руководство деятельностью научно-исследовательских учреждений по выполнению этой программы осуществляет Научный совет по проблеме «Охрана труда» ГКНТ и ВЦСПС.

§ 4. Международное сотрудничество в области охраны труда

В области охраны труда Советский Союз имеет тесные научные связи с рядом стран, заключающиеся в совместном выполнении научных тем, в обмене специалистами по охране труда и т. д. Представители нашей страны принимают участие во всех международных симпозиумах, конференциях, съездах, посвященных проблемам охраны труда.

¹ См.: Труд и здоровье в развитом социалистическом обществе / Под ред. Н. Ф. Измерова. М., 1979.

В 1971 г. было подписано соглашение о научно-техническом сотрудничестве стран — членов СЭВ по комплексной проблеме «Разработка мероприятий по охране природы», в которую входит такая частная проблема, как «Гигиенические аспекты охраны окружающей среды». В результате международного сотрудничества по этой проблеме получен ряд важных результатов, например: по классификации атмосферных загрязнений по степени опасности, по биологическому действию ряда загрязнений, по методам гигиенической оценки шума и др.

Принципиально важным этапом в дальнейшем развитии дружественных связей послужило создание в 1975 г. Постоянной комиссии СЭВ по сотрудничеству в области здравоохранения. В этой области ведется плодотворная работа по комплексным научным проблемам в области медицины, в том числе и по проблеме «Гигиена труда и профессиональные заболевания». Проводится изучение воздействия физических и химических факторов производственной среды на работающих, разработка методов контроля, создание нормативов и стандартов безопасности труда.

Страны — члены СЭВ оказывают помощь в развитии здравоохранения друг другу, а также другим социалистическим и развивающимся странам.

Советский Союз выступил с предложением рассмотреть вопрос о создании в рамках МОТ постоянно действующего органа, в задачу которого входило бы обсуждение состояния научных исследований по основным проблемам охраны труда, разработка прогнозов, организация международного сотрудничества в решении фундаментальных проблем охраны труда.

Глава 2

УСЛОВИЯ ТРУДА

§ 1. Факторы, воздействующие на формирование условий труда

В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами труда, орудиями труда, другими людьми. Кроме того, на него воздействуют различные параметры производственной обстановки, в которой протекает труд (температура, влажность и подвижность воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, различные излучения и т. п.). Все это в совокупности характеризует определенные условия, в которых протекает труд человека. От условий труда в большой степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду и ре-

зультаты труда. При плохих условиях резко снижается производительность труда и создаются предпосылки для возникновения травм и профессиональных заболеваний.

На огромное общественно-политическое значение условий труда указывал В. И. Ленин. В статье «Великий почин» он писал: «Формулы» настоящего коммунизма отличаются от пышного, ухищренного, торжественного фразерства... именно тем, что они сводят все к *условиям труда*»¹.

Улучшению условий труда придается в нашей стране очень большое значение.

Под *условиями труда* понимается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 19605 — 74).

Под производственной средой в данном случае подразумевается не простая сумма материальных и санитарно-гигиенических условий, в которых протекает труд человека, а значительно более сложное социальное явление, включающее не только вещественные элементы технического и природного характера, а прежде всего социальные элементы, формирующиеся под совокупным воздействием производительных сил и производственных отношений.

Для целенаправленной деятельности по улучшению условий труда необходимо знать факторы, воздействующие на их формирование. В соответствии с классификацией, разработанной НИИ труда, эти факторы объединены в три группы: (I) социально-экономические, (II) технические и организационные, (III) естественно-природные².

Первая группа факторов является определяющей и обусловлена господствующими в обществе производственными отношениями. Сюда относятся: нормативно-правовые факторы (законы о труде, правила, нормы, стандарты и т. п. и практика государственного и общественного контроля за их соблюдением); социально-психологические факторы, характеризующие отношение работника к труду, психологический климат в коллективе и т. п.; общественно-политические факторы (общественные формы движения за создание благоприятных условий труда, изобретательство и т. п.); экономические факторы (система льгот и компенсаций, моральное и материальное стимулирование и т. п.).

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 39, с. 22.

² См.: Научно-технический прогресс и безопасность труда в машиностроении / Под ред. А. Н. Гржегоржевского. М., 1979.

Вторая группа факторов оказывает непосредственное воздействие на формирование материально-вещественных элементов условий труда (средства труда, предметы и орудия труда, технологические процессы, организационные формы производства, применяемые режимы труда и отдыха и т. п.).

Третья группа факторов характеризует воздействие на работников климатических, геологических и биологических особенностей местности, где протекает работа.

В процессе производства весь этот сложный комплекс факторов, воздействующих на формирование условий труда, объединен многообразными взаимными связями.

§ 2. Опасные и вредные производственные факторы

Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Если же производственный фактор приводит к заболеванию или снижению работоспособности, то его считают *вредным* (ГОСТ 12.0.002 — 80).

В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

В ГОСТ 12.0.003 — 74* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» приводится классификация элементов условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов. Они подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К физическим опасным и вредным производственным факторам относятся: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия (материалы, заготовки), разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвуковых колебаний; повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение; повышенные или пониженные влажность, подвижность, ионизация воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений; повышенное значение напряжения в электрической цепи; повышенные уровни статического электричества, электромагнитных

излучений; повышенная напряженность электрического, магнитного полей; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая и отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенные уровни ультрафиолетовой и инфракрасной радиации; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно земли (пола); невесомость.

К химическим опасным и вредным производственным факторам относятся химические вещества, которые по характеру воздействия на организм человека подразделяются на токсические, раздражающие, sensibilизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию. По путям проникновения в организм человека они делятся на проникающие через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности, а также макроорганизмы (растения и животные).

К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся физические (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

§ 3. Категории тяжести труда

Успех работы по улучшению условий труда в большой степени зависит от правильного анализа состояния условий труда и оценки этого состояния как по отдельным элементам, так и в целом по какому-либо показателю. Таким показателем, который бы с достаточной для практики точностью учитывал «разнокачественное» влияние всех элементов условий труда, в настоящее время принят показатель *тяжести труда*. Правомерность применения такого показателя обусловлена тем, что организм человека одинаково реагирует на воздействие самых разнообразных сочетаний элементов условий труда. Одинаковые по тяжести изменения в организме работающих могут

быть вызваны различными причинами. В одних случаях причиной могут быть какие-либо вредные факторы внешней среды, в других — чрезмерная физическая или умственная нагрузка, в третьих — дефицит движений при повышенном нервно-эмоциональном напряжении и т. п.; возможно и разное сочетание этих причин.

Таким образом, тяжесть труда характеризует совокупное воздействие всех элементов, составляющих условия труда, на работоспособность человека, его здоровье, жизнедеятельность и восстановление рабочей силы. В таком представлении понятие тяжести труда одинаково применимо как к умственному, так и к физическому труду.

О степени тяжести труда можно судить по реакциям и изменениям в организме человека. Они, в конечном счете, служат показателем качества самих условий труда.

В соответствии с современной физической теорией функциональных систем различают три функциональных состояния организма (ФСО) человека: нормальное, пограничное (между нормой и патологией) и патологическое. Каждое из них имеет свои характерные признаки, позволяющие их распознать с помощью медико-физиологических и технико-экономических показателей.

В процессе труда под воздействием разных производственных элементов (факторов) и их комплексов у человека может сформироваться только одно из трех функциональных состояний организма. Поэтому их можно использовать в качестве физиологической шкалы, позволяющей установить категорию тяжести любой работы. Так были установлены три основных категории тяжести работы, соответствующие трем ФСО. Затем, на основании обширных исследований НИИ труда, были выделены внутри трех основных категорий еще три. Таким образом, в настоящее время объективно обосновано наличие шести категорий тяжести работ, которым соответствуют шесть групп условий труда¹.

К первой категории тяжести отнесены работы, выполняемые при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Такие условия у практически здоровых людей способствуют улучшению самочувствия, достижению высокой работоспособности и производительности труда. Реакция организма свидетельствует об оптимальном варианте нормального функционирования.

¹ См.: Количественная оценка тяжести работы (методические рекомендации). М., НИИ труда, 1977.

Ко второй относятся работы, выполняемые в условиях, когда предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ) вредных и опасных производственных факторов не превышают требований нормативно-технических документов. При этом работоспособность не нарушается, отклонений в состоянии здоровья, связанных с профессиональной деятельностью, не наблюдается в течение всего периода трудовой деятельности человека.

К третьей отнесены работы, выполняемые в условиях, при которых у практически здоровых людей возникают реакции, свойственные пограничному состоянию организма. Наблюдается некоторое снижение производственных показателей. Улучшение условий труда и отдых сравнительно быстро устраняют отрицательные последствия.

К четвертой категории тяжести отнесены работы, при которых воздействие неблагоприятных (опасных и вредных) факторов приводит к формированию более глубокого пограничного состояния у практически здоровых людей. Большинство физиологических показателей при этом ухудшается, особенно в конце рабочих периодов (смены, недели). Появляются типичные производственно обусловленные состояния предзаболевания и т. п.

К пятой категории тяжести относятся работы, при которых в результате весьма неблагоприятных условий труда в конце рабочего периода (смены, недели) формируются реакции, характерные для патологического функционального состояния организма у практически здоровых людей, исчезающие у большинства работников после полноценного отдыха. Однако у некоторых лиц они могут перейти в производственно обусловленные и профессиональные заболевания.

К шестой отнесены работы, выполняемые в особо неблагоприятных (критических) условиях труда. При этом патологические реакции развиваются очень быстро, могут иметь необратимый характер и нередко сопровождаются тяжелыми нарушениями функций жизненно важных органов.

При этой классификации любые данные, характеризующие функциональное состояние человека, позволяют установить категорию тяжести труда. Данные могут быть получены с помощью медицинских и технико-экономических исследований, требующих наличия определенной аппаратуры и специалистов. Для практических целей в НИИ труда разработана сравнительно простая методика количественной оценки тяжести работы, основанная на обработке по специальной программе результатов многочисленных исследований. Методика позволяет с приемлемой для практики точностью установить категорию тяже-

сти труда, имея представленные в отвлеченных числах-баллах данные, характеризующие условия труда.

По этой методике прежде всего выявляют биологически значимые элементы условий труда, составляя «Карту условий труда на рабочем месте». Под биологически значимыми понимают такие элементы условий труда, которые с наибольшей вероятностью влияют на формирование определенных реакций организма работающего человека (нормальных, пограничных или патологических). Затем каждый элемент условий труда оценивают в баллах с помощью табл. 1. Число баллов меняется от 1 (оптимальные условия) до 6 (наиболее тяжелые условия). Элемент условий труда получает полный балл, если его действие продолжается не менее 70% времени 8-часовой смены. В противном случае балл уменьшается на единицу. Химические вещества 1-го и 2-го классов опасности (см. главу 8), канцерогенные вещества и ионизирующие излучения оцениваются полным баллом при продолжительности действия, равном или превышающем 25% сменного времени. Полученные баллы вносят в «Карту условий труда на рабочем месте» с учетом продолжительности воздействия того или иного элемента условий труда, суммируют и делят на число этих элементов. По полученной средней величине биологически значимых элементов условий труда x_{cp} с помощью табл. 2 устанавливают интегральную оценку тяжести труда I_T и категорию тяжести труда.

При заполнении Карты следует иметь в виду, что если действующие на работающего элементы получили оценку 1 или 2 балла, то надо суммировать все элементы, включенные в Карту. Если же на рабочем месте есть элементы с оценкой 3, 4, 5 или 6 баллов, то для определения интегральной оценки следует учитывать только эти элементы. Элементы, имеющие оценку 1 или 2 балла, в этом случае принимать во внимание не нужно, так как они не оказывают существенного влияния на формирование условий труда.

Интегральную оценку тяжести труда в баллах с приемлемой точностью можно определить и с помощью следующего выражения:

$$I_T = \left(x_{опр} + \sum_{i=1}^{n-1} x_i \frac{6 - x_{опр}}{(n-1)6} \right) 10,$$

где I_T — интегральная оценка тяжести труда на рабочем месте; $x_{опр}$ — фактор, получивший наибольшую оценку в баллах; $\sum_{i=1}^{n-1}$ — сумма баллов биологически значимых факторов (элементов условий труда) без $x_{опр}$; n — количество производственных факторов.

Карта условий труда на рабочем месте

1. Предприятие _____
2. Производство _____
3. Цех _____ 4. Участок _____
5. Форма организации производства _____
6. Профессия или должность _____
7. Количество рабочих мест _____ 8. Средняя тарифная ставка _____
9. Численность рабочих _____ 10. Мужчин _____ 11. Женщин _____

A. Санитарно-гигиенические производственные факторы (элементы условий труда) на рабочем месте

Наименование фактора	Предельно допустимая концентрация (ПДК) или предельно допустимый уровень (ПДУ)	Величина фактора		Длительность действия фактора		Балл элемента с учетом времени действия
		в абсолютном выражении	в баллах	мин	доли единицы, считая за единицу 480 мин	
12. Эффективно-эквивалентная температура воздуха на рабочем месте, °С а) в помещении: теплый период года холодный период года б) на открытом воздухе: зимой летом						
13. Атмосферное давление: повышенное, гПа пониженное, гПа						
14. Химические (токсические) вещества, мг/м ³ : а) б) в) г) д)						

Продолжение карты

Наименование фактора	Предельно допустимая концентрация (ПДК) или предельно допустимый уровень (ПДУ)	Величина фактора		Длительность действия фактора		Балл элемента с учетом времени действия
		в абсолютном выражении	в баллах	мин	доли единицы, считая за единицу 480 мин	
15. Промышленная пыль, мг/м ³						
16. Вибрация, дБ						
17. Промышленный шум, измеренный по шкале А шумомера, дБА						
18. Ультразвук (низкочастотный), распространяющийся в воздухе, дБ						
19. Инфракрасное (тепловое) излучение, Вт/м ²						
20. Электромагнитные поля радиочастотные, В/м, А/м, Вт/м ²						
21. Ионизирующие излучения, Зв						
22. Биологические производственные факторы: а) микроорганизмы б) макроорганизмы						

Б. Психофизиологические производственные факторы (элементы условий труда) на рабочем месте

Наименование фактора	Величина фактора		Длительность действия фактора		Балл элемента с учетом времени действия
	в абсолютном выражении	в баллах	мин	доли единицы, считая за единицу 480 мин	
23. Физическая динамическая нагрузка за смену, Дж:					

Продолжение карты

Наименование фактора	Величина фактора		Длительность действия фактора		Балл элемента с учетом времени действия
	в абсолютном выражении	в баллах	мин	доли единицы, считая за единицу 480 мин	
а) общая (при работе мышц всего тела)					
б) региональная (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)					
24. Статистическая физическая нагрузка в течение смены (при удержании груза или приложении усилий), Н·с: на одну руку на обе руки на все тело (корпус, руки, ноги)					
25. Рабочее место, рабочая поза и перемещение в пространстве (условное обозначение)					
26. Сменность					
27. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч					
28. Напряженность зрения при различных работах (размер объекта различения, мм)					
29. Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены					
30. Число важных объектов наблюдения					
31. Число движений в час (темп): мелких (пальцев, кисти) крупных (рук, плечевого пояса)					
32. Число информационных сигналов в час					
33. Монотонность: число приемов в операции длительность повторяющихся операций, с					
34. Режим труда и отдыха					
35. Нервно-эмоциональная нагрузка					

36. Число факторов, формирующих тяжесть труда (n) _____

37. Сумма баллов ($\sum x$) _____

38. Средний балл ($x_{\text{ср}}$) _____
39. Оценка тяжести труда (I_{τ}) _____
40. Категория тяжести труда _____
41. Выработка за смену (натуральных единиц или руб.) _____
42. Время занятости основной (полезной) работой, мин или доля единицы (за единицу принято время 8-часовой рабочей смены — 480 мин) ($T_{\text{см}}$) _____

Дата заполнения _____

Если продолжительность действия того или иного фактора меньше длительности смены, то это надо учитывать путем умножения балльной оценки x , на долю времени воздействия данного фактора. За единицу в данном случае принимается 8-часовой рабочий день (480 мин).

Исключением являются химические вещества 1-го и 2-го классов опасности, канцерогенные вещества и ионизирующие излучения, которые получают полный балл при продолжительности воздействия более 25% сменного времени.

Подсчитав I_{τ} , категорию тяжести труда определяют по табл. 2.

Поясним сказанное примерами.

Пример 1. На рабочем месте на работающего воздействуют пять биологически значимых факторов (элементов условий труда), оцененных в 3, 3, 4, 5, 6 баллов. Все они воздействуют в течение всей рабочей смены (480 мин). Определяем интегральную балльную оценку, а затем категорию тяжести труда:

$$I_{\tau} = \left(6 + \frac{3 + 3 + 4 + 5}{5} \cdot \frac{6 - 6}{6} \right) 10 = 60.$$

Категория тяжести труда — VI.

Пример 2. На рабочем месте четыре биологически значимых фактора имеют соответственно следующую оценку: 3, 3, 4, 6, но продолжительность их воздействия разная и равна соответственно 380, 240, 120, 240 мин, что в долях единицы составляет: 0,8; 0,5; 0,25; 0,5. Определяем фактические балльные оценки: $x_1 = 3 \cdot 0,8 = 2,4$; $x_2 = 3 \cdot 0,5 = 1,5$; $x_3 = 4 \cdot 0,25 = 1,0$; $x_4 = 6 \cdot 0,5 = 3,0$.

Интегральная балльная оценка будет равна:

$$I_{\tau} = \left(3 + \frac{2,4 + 1,5 + 1,0}{3} \cdot \frac{6 - 3}{6} \right) 10 = 38,1.$$

Категория тяжести труда — III.

Критерии для оценки производственных факторов (элементов условий труда) Таблица 1

Наименование фактора	Оценка фактора, баллы					
	1	2	3	4	5	6
А. Санитарно-гигиенические факторы						
1. Эффективно-эквивалентная температура воздуха (ЭЭТ) на рабочем месте, °С						
а) в помещении:						
теплый период	+18...20	+21...22	+23...28	+29...32	+33...35	> +35
холодный период	+20...22	+17...19	+15...16	+7...14	< +7	< 0
б) на открытом воздухе:						
зимой	-	-	0...(-9)	-10...-14	-15...-20	< -20
летом	-	-	+27...35	+36...39	+40...45	> +45
2. Атмосферное давление:						
повышенное, МПа	-	0,12...0,16	0,17...0,22	0,23...0,28	0,29...0,3	> 0,4
пониженное (высота над уровнем моря, м)	-	100...500	600...1000	1100...2000	2100...4000	> 4000
3. Химические вещества.						
Наличие и кратность превышения ПДК	Нет	ПДК	До 2,5	От 2,6 до 4	От 4,1 до 6	> 6
4. Промышленная пыль.						
Наличие и кратность превышения ПДК	»	ПДК	» 5	» 6 » 10	» 11 » 30	> 30
5. Вибрация.						
Наличие плюс количество децибел, превышающее ПДУ, дБ	»	ПДУ	» ПДУ +3	До ПДУ +6	До ПДУ +9	До ПДУ +9 + охлаждение
6. Промышленный шум.						
Наличие плюс количество децибел, превышающее норму, дБ	Нет	ПДУ	До ПДУ +5	До ПДУ +10	До ПДУ +10 + свыше 10	До ПДУ + свыше 10 + вибрация

Наименование фактора	Оценка фактора, баллы					
	1	2	3	4	5	6
7. Ультразвук (низкочастотный, распространяющийся в воздухе). Наличие плюс количество децибел, превышающее ПДУ, дБ	»	ПДУ	» ПДУ + 5	» ПДУ + 10	» ПДУ + 20	До ПДУ + свыше 20
8. Инфракрасное (тепловое) излучение, Вт/м ²	»	—	» 350	От 420 до 1400	От 1750 до 3500	> 3500
9. Электромагнитные поля радиочастот. Наличие плюс нормируемый параметр, превышающий ПДУ:						
а) 60 кГц...300 МГц, В/м, А/м	»	ПДУ	ПДУ + 10	ПДУ + 20	ПДУ + > 20	—
б) 300 МГц...300 ГГц, Вт/м ²	»	ПДУ	ПДУ + 5	ПДУ + 10	ПДУ + > 10	—
10. Ионизирующее излучение (предельно допустимая доза, ПДД), Зв	»	Ниже ПДД	На уровне ПДД	> ПДД при воздействии в течение > 25 % продолжительности смены	> ПДД при воздействии в течение > 50 % продолжительности смены	—
11. Биологические производственные факторы:						
микроорганизмы и макроорганизмы	Отсутствуют контакты		Объекты, контакт с которыми вызывает			
			нестяжелые излечимые	тяжелые заболевания. от	особо опасные инфек-	особо опасные инфекционные

Б. Психобиологические факторы						
12. Физическая, динамическая нагрузка за смену, Дж:			заболевания	которых имеется надежная профилактика	инфекционные заболевания от которых есть надежная профилактика	заболевания, от которых нет надежной профилактики:
а) общая (с преимущественным участием мышц корпуса и ног)	До 42 · 10 ⁴	От 43 · 10 ⁴ до 83 · 10 ⁴	От 84 · 10 ⁴ до 125 · 10 ⁴	От 126 · 10 ⁴ до 170 · 10 ⁴	> 170 · 10 ⁴	В сочетании с другими опасными и вредными производственными факторами > 170 · 10 ⁴
б) региональная (с преимущественным участием мышц плечевого пояса)	» 21 · 10 ⁴	От 22 · 10 ⁴ до 42 · 10 ⁴	От 43 · 10 ⁴ до 62 · 10 ⁴	От 63 · 10 ⁴ до 83 · 10 ⁴	> 83 · 10 ⁴	В сочетании с другими опасными и вредными производственными факторами > 83 · 10 ⁴
13. Статическая физическая нагрузка в течение смены (при удержании груза или приложении силы), Н·с:						В сочетании с другими опасными и вредными производственными факторами

При оценке физической динамической и статической нагрузок для женщин и лиц старше 50 лет принимается 70 % приведенных величин. Всплывающая механическая работа не учитывает затрат энергии на основной обмен организма человека.

Наименование фактора	Оценка фактора, баллы					
	1	2	3	4	5	6
на одну руку	До $18 \cdot 10^4$	От $19 \cdot 10^4$ до $36 \cdot 10^4$	От $37 \cdot 10^4$ до $70 \cdot 10^4$	От $70 \cdot 10^4$ до $97 \cdot 10^4$	$> 97 \cdot 10^4$	$> 97 \cdot 10^4$
на обе руки	» $43 \cdot 10^4$	От $44 \cdot 10^4$ до $86 \cdot 10^4$	От $87 \cdot 10^4$ до $144 \cdot 10^4$	От $145 \cdot 10^4$ до $220 \cdot 10^4$	$> 220 \cdot 10^4$	$> 220 \cdot 10^4$
на мышцы корпуса и ног	» $61 \cdot 10^4$	От $62 \cdot 10^4$ до $123 \cdot 10^4$	От $124 \cdot 10^4$ до $210 \cdot 10^4$	От $211 \cdot 10^4$ до $300 \cdot 10^4$	$> 300 \cdot 10^4$	$> 300 \cdot 10^4$
<i>Стационарное рабочее место</i>						
14. Рабочая поза и перемещение в пространстве	Поза свободная (смена позы «сидя-стоя» по усмотрению работника), корпус и конечности в удобном положении при перемещении и обработке деталей массой до 5 кг	Поза свободная (смена позы «сидя-стоя» по усмотрению работника), корпус и конечности в удобном положении при перемещении и обработке деталей массой свыше 5 кг	Поза несвободная (сидя или стоя), корпус и конечности в удобном положении	Поза вынужденная, корпус и конечности в удобном положении, но работа в тесном, ограниченном пространстве (например, в кабине транспорта)	Поза вынужденная, неудобная (на коленях, на корточках, лежа, в подвеске или на ремнях) в тесном, ограниченном пространстве (например, в очистном забое) без груза, более 50% продолжительности смены	Поза вынужденная, неудобная (на коленях, на корточках, лежа, в подвеске или на ремнях) в тесном ограниченном пространстве (например, в очистном забое) с грузом, более 50% продолжительности смены
-	-	-	Работа на конвейере с высотой линии более 1,5 м при перемещении и обработке деталей массой до 5 кг	Работа на конвейере с высотой линии более 1,5 м при перемещении и обработке деталей массой свыше 5 кг	Работа на высоте более 5 м без груза	Работа на высоте более 5 м с грузом
-	-	-	Работа в наклонном положении под углом до 30° до 25% времени смены	Работа в наклонном положении под углом до 30° до 50% времени смены или до 60° - 25% времени смены	Работа в наклонном положении под углом до 30° свыше 50% времени смены или до 60° до 50% времени смены, или до 90° - 25% времени смены	Работа в наклонном положении под углом до 60° свыше 50% времени смены или до 90° - 50% времени смены
-	Наклоны корпуса под углом до 30° до 50 раз за смену	Наклоны корпуса под углом до 30° до 51...100 раз за смену	Наклоны корпуса под углом до 30° до 101...300 раз или под углом до 60° до 100 раз за смену	Наклоны корпуса под углом до 30° до 101...300 раз или под углом до 60° до 100 раз за смену	Наклоны корпуса под углом до 30° более 300 раз или под углом до 60° 101...300 раз, или до 90° до 100 раз за смену	Наклоны корпуса под углом до 60° более 300 раз или под углом до 90° до 300 раз за смену

Наименование фактора	Оценка фактора, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Нестационарное рабочее место						
Ходьба без груза за смену:						
15. Сменность	— Одна утр- ренивая сме- на	До 4 км Две сме- ны (без поч- ной)	До 7 км Трех- сменная ра- бота	До 10 км Нерегуляр- ная сменность (в том числе работа ночью) > 12	До 17 км —	Свыше 17 км —
16. Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	—	До 8	До 12	—	—	—
17. Характеристика зрительной работы (при нормальном освещении) Наименьший размер объекта различения, мм	Грубая > 5	Малой точности От 1 до 5	Средней точности От 0,5 до 1	Высокой точности От 0,3 до 0,5	Очень высо- кой точности От 0,15 до 0,3	Наивысшей точности < 0,15
18. Длительность сосредоточенного наблюдения при освещенности, соответствующей нормативам, % времени смены	До 25	» 26 » 50	» 51 » 75	» 76 » 90	> 90	—
19. Число важных объектов наблюдения	» 5	» 6 » 10	» 11 » 25	> 25	—	—
20. Число движений в час (темн): мелких (пальцев, кисти), крупных (рук, плечевого пояса)	» 360 » 250	» 370 » 720 » 260 » 500	» 730 » 1080 » 510 » 750	От 1090 до 3000 » 760 » 1600	> 3000 > 1700	—
21. Число информационных сигналов в час	» 75	» 80 » 175	» 180 » 300	> 300	—	—
22. Монотонность ¹ : число приемов в операции длительность повторяющих- ся операций, с	— —	10...6 31...100	5...3 20...30	5...3 10...19	2...1 5...9	2...1 1...4
23. Режим труда и отдыха	Обосно- ванный с использова- нием функ- циональной музыки и проведени- ем произ- водствен- ной гимна- стики	Обосно- ванный без функциональ- ной музыки и производст- венной гимна- стики	Отсутст- вие обосно- ванного ре- жима труда и отдыха	—	—	—
24. Нервно-эмоциональная нагрузка как внешний производственный фактор (ГОСТ 12.0.003—74)	Простые действия по индивиду- альному плану, бла- гоприятный психологи- ческий кли- мат	Простые действия по заданному плану с воз- можностью коррекции, благопри- ятный пси- хологиче- ский кли- мат	Сложные действия по заданному плану с возможно- стью кор- рекции. Об- служивание населения	Сложные действия по заданному плану при дефиците времени. Кон- такты с други- ми людьми в процессе об- служивания. Ответствен- ность за мате- риальные цен- ности	Ответствен- ность за без- опасность го- сударственно- важных мате- риальных цен- ностей и без- опасность дру- гих людей. Личный риск при дефиците времени	—

¹ При оценке монотонности необходимо учитывать одновременно обе ее характеристики.

Таблица 2

Индекс категории тяжести труда	Средняя величина биологически значимых производственных факторов (элементов условий труда), влияющих на формирование тяжести труда, $x_{\text{ср}}$	Интегральная количественная оценка тяжести труда I_T
I	До 1,0	До 18
II	1,1...2,0	19,7...33,0
III	2,1...3,0	34,4...45,0
IV	3,1...4,0	45,7...53,0
V	4,1...5,0	53,9...58,5
VI	5,1...6,0	58,9...60,0

Существуют и другие классификации работ по тяжести. Например, в ГОСТ 12.1.005–76 метеорологические условия в производственных помещениях нормируются в зависимости от категорий работ, разграниченных на основе энергозатрат организма, как это показано ниже в табл. 4. (см. гл. 8, § 5).

Глава 3

ТРАВМАТИЗМ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

§ 1. Понятие о производственных травмах и профессиональных заболеваниях

Травмой (греч. *trauma* – повреждение, ранение) называют нарушение анатомической целостности или физиологических функций тканей или органов человека, вызванное внезапным внешним воздействием. На производстве травма (несчастный случай) обычно бывает следствием внезапного воздействия на работника какого-либо опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ (ГОСТ 12.0.002–80).

В соответствии с видом воздействия травмы подразделяют на механические (ушибы, переломы, раны и др.), тепловые (ожоги, обморожения, тепловые удары), химические (химические ожоги, острое отравление, удушье), электрические, комби-

нированные и др. (например, вызванные каким-либо излучением). В соответствии со «Схемой распределения производственных травм по степени тяжести повреждений» и «Схемой распределения острых профотравлений по степени их тяжести», утвержденными Минздравом СССР, травмы подразделяются на легкие, тяжелые и смертельные. Кроме того, травмы могут быть групповыми (если травмировано два и более работников).

Профессиональным заболеванием называется заболевание, которое развивается в результате воздействия на работающего специфических для данной работы вредных производственных факторов и вне контакта с ними возникнуть не может. Частным случаем профессионального заболевания является профессиональное отравление. Профессиональные отравления бывают острыми и хроническими.

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

Кроме профессиональных на производстве сейчас выделяют группу так называемых *производственно-обусловленных заболеваний*. К ним относят болезни, которые в принципе не отличаются от обычных болезней, однако неблагоприятные условия труда способствуют возникновению некоторых из них и ухудшают их течение. Например, у лиц, выполняющих физическую работу в плохих условиях, чаще возникают такие заболевания, как радикулит, варикозное расширение вен, язвенная болезнь желудка и т. п. Если же работа требует большого нервно-психического напряжения, то чаще возникают всевозможные неврозы и болезни сердечно-сосудистой системы.

Травмы и профзаболевания приносят обществу большой социальный и материальный ущерб. Социалистический способ производства обязан исключить профессиональные заболевания и травмы, так как они не являются явлением, обязательно сопутствующим современному производству. При надлежащей организации работы по охране труда многие предприятия длительное время работают без травм и профессиональных заболеваний.

§ 2. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве установлен «Положением о расследовании несчастных случаев на производстве», утвержденным Президиу-

мом ВЦСПС 13 августа 1982 г. (Постановление №11-6). Действие этого Положения распространяется на все предприятия, учреждения, организации, колхозы.

Целью расследования несчастных случаев на производстве является установление их причин для того, чтобы исключить повторения подобных случаев. Действие Положения распространяется только на несчастные случаи, которые произошли: на территории предприятия; вне территории предприятия при выполнении работы по заданию администрации предприятия, а также при доставке рабочих и служащих на работу или с работы на транспорте предприятия.

Острые травления, тепловые удары, обморожения, поражения молнией расследуются как несчастные случаи.

В Положении четко расписан весь порядок расследования несчастных случаев, который прежде всего предусматривает быстроту расследования, заботу о пострадавшем и обязательное участие профсоюзных органов. В Положении указано, что каждый несчастный случай, вызвавший потерю трудоспособности на срок не менее одного рабочего дня, должен в течение 24 ч (не считая времени, необходимого для прибытия к месту несчастного случая) расследоваться руководителем соответствующего участка (начальник цеха и т. п.) с привлечением общественного инспектора по охране труда или другого представителя профсоюзного комитета предприятия и начальника отдела (инженера) охраны труда.

Результаты расследования оформляются актом специальной формы (форма Н-1) в четырех экземплярах. В связи с тем что последствия несчастного случая могут выявиться через много лет, акт подлежит хранению в течение 45 лет в архиве предприятия, где этот случай взят на учет. Руководитель предприятия (главный инженер) обязан в суточный срок рассмотреть и утвердить акт, а также принять меры к устранению причин возникновения несчастного случая. По одному экземпляру акта (с перечнем мероприятий по устранению причин несчастных случаев) главный инженер направляет начальнику цеха (подразделения), начальнику отдела (инженеру) охраны труда, комитету профсоюза и техническому инспектору труда, контролирующему предприятие.

Положение устанавливает порядок расследования и учета травм, полученных работниками (учащимися, студентами), направляемыми одним предприятием (ПТУ, техникумом, вузом) на другое предприятие. Этот порядок определяется тем, под чьим руководством выполняется работа. Если работой руководит персонал предприятия, на которое направлен работник, то травма расследуется и учитывается этим предприятием.

Если работы ведутся под руководством представителя предприятия, направившего работника, то травма расследуется и учитывается предприятием (учебным заведением), направившим работника. В расследовании таких несчастных случаев, как правило, принимают участие представители обеих организаций.

Положение также предусматривает, что несчастные случаи на производстве, в результате которых пострадавший по заключению лечебного учреждения переводится до восстановления прежней трудоспособности на другую работу, подлежат расследованию и учету с составлением акта по форме Н-1 в общем порядке.

Специальному расследованию подлежат групповые (с двумя и более работниками независимо от тяжести травм), тяжелые и смертельные несчастные случаи, о которых руководитель предприятия должен немедленно оповестить вышестоящий хозяйственный орган; технического инспектора труда, областной (городской, краевой, республиканский) комитет профсоюза; совет профсоюзов, прокуратуру, а также местные органы Госгортехнадзора или Главгосэнергонадзора, если случай произошел на объектах им подконтрольных. Большое значение при этом приобретает быстрота передачи сообщения о несчастном случае. Отсутствие своевременного сообщения о таких случаях рассматривается как попытка скрыть его от расследования.

Расследование таких случаев проводит комиссия, которую обычно возглавляет технический инспектор труда Центрального комитета или совета (республиканского, областного, городского) профсоюзов. Состав комиссии определен Положением и меняется в зависимости от характера и последствий несчастных случаев. Расследование несчастных случаев с особо тяжелыми последствиями производится комиссией, назначаемой министром, руководителем ведомства, Совместом Министров союзной республики вплоть до Совета Министров СССР. При необходимости к расследованию привлекаются специалисты-эксперты, проводятся специальные расчеты, исследования, испытания и т. п. Так как все это требует затраты времени, то на составление акта специального расследования допускается затратить не более 10 дней.

В Положении приведены форма и содержание акта специального расследования, а также схема сообщения о несчастном случае. Помимо акта специального расследования на каждый случай составляется акт (форма Н-1), а технический инспектор труда профсоюза составляет свое заключение. Комплекты документов по результатам специального расследования групповых, тяжелых и смертельных случаев направляются

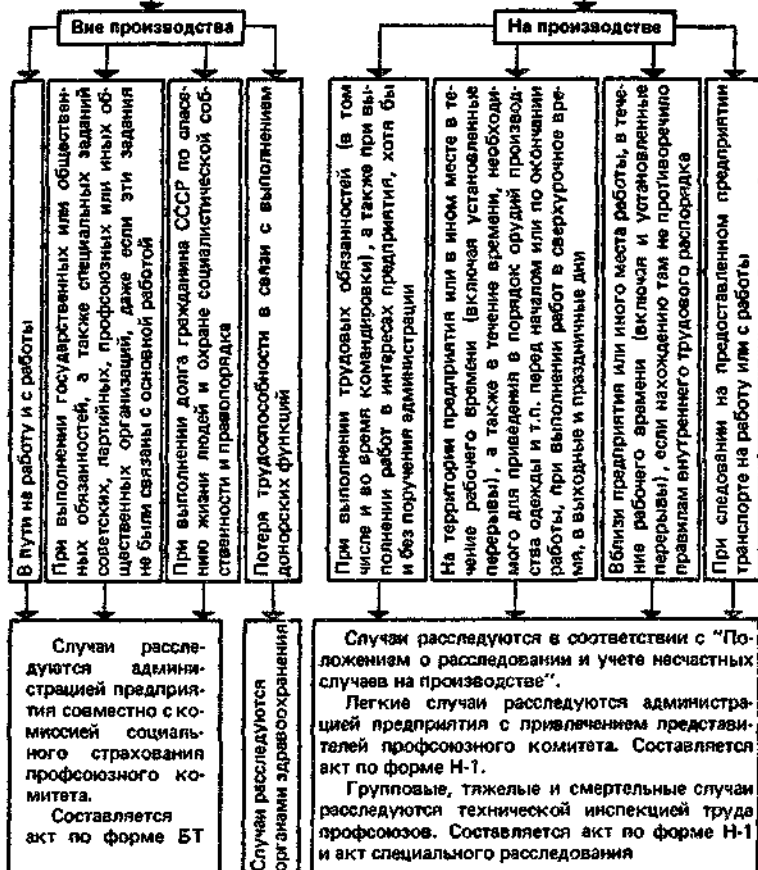
в профсоюзные органы, прокуратуру по месту нахождения предприятия, вышестоящей хозяйственной организации, соответствующим управлениям Госгортехнадзора и Главгосэнергонадзора, если случай произошел на подконтрольных им объектах.

Положение определяет права пострадавшего, членов его семьи (в случае смерти пострадавшего) или других заинтересованных лиц. Администрация обязана выдать им заверенную копию акта о несчастном случае не позднее чем через 3 дня после окончания расследования. При необходимости выдается не одна, а несколько копий.

Однако не все несчастные случаи, расследуемые в соответствии с указанным Положением, квалифицируются как связанные с производством. В ряде перечисленных в Положении случаев (например, при изготовлении или самовольном использовании в личных целях транспортных средств, механизмов, оборудования, инструмента, принадлежащих предприятию; во время спортивных игр на территории предприятия; при хищении материалов, инструментов или других предметов и материальных ценностей; если несчастный случай явился результатом опьянения и др.) травма не считается связанной с производством. Если администрация пришла к выводу, что несчастный случай не связан с производством, то она передает соответствующий акт на рассмотрение профсоюзного комитета и после его согласия на акте делается пометка, что случай не связан с производством. Определить, связан данный случай с производством или нет, иногда бывает очень сложно. Случай не считается связанным с производством, если в момент травмы пострадавший действовал не в интересах производства и его действия не соответствовали правилам внутреннего трудового распорядка. Если случай произошел при изготовлении предметов в личных целях, но с разрешения администрации, то его следует считать связанным с производством, так же как и в том случае, если он произошел из-за неисправности оборудования или недостаточной деятельности администрации по предупреждению нарушений правил безопасности.

При решении вопроса о назначении пособий по временной нетрудоспособности существует еще такое понятие, как несчастный случай, связанный с работой. Это понятие более широкое и включает в себя несчастные случаи, происшедшие не только на производстве, но и вне его (см. схему). Перечень несчастных случаев, связанных с работой, приведен в Положении о порядке назначения и выплаты пособий по государственному социальному страхованию, утвержденном ВЦСПС 5 февраля 1955 г. (с последующими изменениями и дополнениями). Кро-

НЕСЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ, КОТОРЫЕ СЧИТАЮТСЯ СВЯЗАННЫМИ С РАБОТОЙ



ме несчастных случаев, происшедших на производстве, связанными с работой считаются случаи, происшедшие: в пути на работу или с работы; при выполнении государственных или общественных обязанностей, а также при выполнении специальных заданий советских, партийных или иных общественных организаций, если даже эти задания не были связаны с основной работой; при выполнении долга гражданина по спасению человеческой жизни, по охране социалистической собственности и правопорядка; при выполнении донорских функций; во время спортивных соревнований, если работник

был на них направлен администрацией предприятия или комитетом профсоюза. Предприятие за такие несчастные случаи не несет ответственности.

Эти случаи расследуются членами комиссий социального страхования, страждеделегатами с участием представителей администрации и с помощью самого пострадавшего, акт составляется по произвольной форме или по форме БТ (Положение о порядке расследования несчастных случаев, происшедших в быту, в пути на работу или с работы, утвержденное ВЦСПС 16 ноября 1976 г.).

Если несчастный случай признан связанным с работой или производством, то потерпевший имеет право получать пособие по временной нетрудоспособности в размере 100% заработка, а в случае необходимости — пенсию повышенного размера.

Если несчастный случай хотя и произошел на производстве, но признан не связанным с производством, то выплата пособий по временной нетрудоспособности и назначение пенсии производится на общих основаниях (как в случае бытовых травм). Этот случай предприятие включает в отчет о несчастных случаях, но отдельной строкой.

Администрация предприятия обязана составлять отчет о пострадавших при несчастных случаях на производстве. Основным исходным материалом для составления отчета являются акты по форме Н-1. Форма отчета постоянно совершенствуется. Она установлена ЦСУ СССР по согласованию с ВЦСПС. В настоящее время большинство предприятий отчитываются по унифицированной форме 9-т, существуют также формы 7-т, 8-т (для угольных шахт). Форма 9-т, заполняемая по итогам года, содержит около 25 показателей, весьма важных для анализа и профилактики травматизма. Так, например, в нее вносятся данные о всех пострадавших на производстве с утратой трудоспособности на 1 и более дней; смертельные случаи; случаи, по которым принято решение, что они не связаны с производством; о пострадавших с частичной утратой трудоспособности, переведенных на легкую работу, т. е. данные о всех случаях, по которым был составлен акт по форме Н-1. Кроме того, в отчете указываются основные травмирующие факторы, причины травм, материальные последствия травм, затраты на мероприятия по охране труда и др.

Администрация предприятия направляет этот отчет в вышестоящий хозяйственный орган, соответствующие комитеты профсоюза и в статистическое управление.

§ 3. Порядок расследования и учета профессиональных отравлений и профессиональных заболеваний

Расследование и учет профессиональных отравлений и заболеваний производится в соответствии с указаниями Минздрава СССР, содержащимися в «Положении об извещении и регистрации профессиональных отравлений и профессиональных заболеваний».

Расследованию подлежат все впервые выявленные хронические профессиональные заболевания и отравления и каждый случай острого профессионального заболевания.

Врач медпункта или другого медицинского учреждения обязан в течение 24 ч после обращения заболевшего направить сообщение о заболевании или отравлении в местную санитарно-эпидемиологическую станцию (СЭС). Так как последствия отравления могут выявиться значительно позже, то извещение составляется на все случаи профзаболеваний и профотравлений независимо от утраты трудоспособности. На основании этого извещения врач СЭС совместно с представителями администрации предприятия и комитета профсоюза проводит расследование этого случая и составляет акт расследования по форме № 164, который является юридическим и статистическим документом.

На основе актов расследования определяются: оплата больничных листов пострадавшему, размер возмещения предприятием ущерба, размер пенсии (при необходимости). Акт расследования направляют руководителю предприятия для принятия соответствующих мер, а также в вышестоящие органы Минздрава СССР.

На основании актов формы № 164 районная или городская СЭС ежеквартально составляет отчет по форме № 43, утвержденной ЦСУ СССР. В 1970 г. в отчет были введены дополнительно две графы, в одной из которых должны отражаться сведения о числе лиц, пострадавших от острых профессиональных заболеваний и отравлений, но не утративших трудоспособность, а в другой — сведения о количестве острых групповых случаев профессиональных отравлений и заболеваний.

§ 4. Относительные показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости

Для характеристики уровня производственного травматизма на предприятии и в целом по отрасли, для сравнения различных предприятий по уровню травматизма распространение получи-

ли относительные показатели травматизма, определяемые по данным отчетов о несчастных случаях. Основными из них являются показатели частоты и тяжести травматизма, называемые также коэффициентами частоты и тяжести.

Показатель частоты травматизма, рассчитываемый на 1000 работающих:

$$П_ч = T \cdot 1000/P,$$

где T — число травм (несчастных случаев) в отчетном периоде с потерей трудоспособности на 1 и более дней; P — среднесписочная численность работающих за отчетный период времени.

Показатель тяжести травматизма (средняя тяжесть одного случая)

$$П_т = D/T,$$

где D — общее число дней нетрудоспособности у пострадавших для случаев с потерей трудоспособности на 1 и более дней; T — общее число таких несчастных случаев за тот же период времени.

Этот показатель не учитывает стойкой потери трудоспособности (инвалидности) и поэтому не характеризует полностью тяжесть травматизма.

Таким же образом могут быть вычислены показатели частоты травмирования с утратой трудоспособности на 1...3 рабочих дня, травмирования со смертельным исходом, а также показатели частоты перевода пострадавших с одной работы на другую на 1 рабочий день и более, показатели нетрудоспособности, материальных последствий травматизма, затрат на предупреждение несчастных случаев и др.

Показатель нетрудоспособности

$$П_н = D \cdot 1000/P,$$

где D — число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших.

Показатель материальных последствий

$$П_м = M_n \cdot 1000/P,$$

где M_n — материальные последствия несчастных случаев за отчетный период времени, руб.

Показатель затрат на предупреждение несчастных случаев за отчетный период, руб.:

$$П_з = Z \cdot 1000/P,$$

где Z — затраты на предупреждение несчастных случаев за отчетный период.

Таким же образом могут быть определены относительные показатели по большинству травмирующих факторов и ос-

новых причин несчастных случаев. Все эти данные содержатся в отчетной форме 9-т.

При статистическом методе анализа общей заболеваемости на производстве данные обрабатываются по форме № 16, утвержденной ВЦСПС в 1973 г. При этом используются следующие относительные показатели:

показатель частоты случаев $I_{ч.с}$ или дней нетрудоспособности $I_{ч.д}$, приходящихся на 100 работников:

$$I_{ч.с} = Б \cdot 100 / P; I_{ч.д} = Д \cdot 100 / P,$$

где Б — количество случаев заболеваний; Д — количество дней заболеваний за отчетный период; P — среднесписочное количество работающих в отчетном периоде;

показатель средней длительности одного случая заболевания (показатель тяжести заболеваемости)

$$P_{дз} = Д / Б,$$

где Д — количество дней временной нетрудоспособности.

Используются также показатель распределения заболеваемости (определяет структуру заболеваемости), показатель числа невыходов на работу за каждый день, а также показатель, характеризующий процент нетрудоспособности.

В связи с тем что число профессиональных заболеваний невелико, показатели профессиональной заболеваемости рассчитывают не на 100, а на 1000 или 10000 работающих, осмотренных или подлежащих осмотру в соответствии с приказом Минздрава СССР о предварительных и периодических медицинских осмотрах. При отсутствии таких сведений для расчетов используется среднесписочная численность персонала, непосредственно занятого в производстве и на строительно-монтажных работах.

§ 5. Причины производственного травматизма и профессиональной заболеваемости

Наиболее сложным и ответственным этапом в расследовании несчастного случая является установление его причин. Очень часто здесь допускаются грубые ошибки, что не способствует разработке действенных мероприятий по борьбе с травматизмом.

Помощь в установлении причины несчастного случая может оказать один из методов системного анализа — метод сетевого планирования и управления (СПУ). Для определения причины несчастного случая как события уже совершившегося сетевая

модель строится в обратном порядке: от момента травмирования к событиям, ему предшествовавшим. Методически выявление причин распадается на две стадии: построение сетевой модели ситуации и анализ этой модели. Анализ модели проводится в двух направлениях: определение причины существования или появления опасной зоны и выявление причин, вызвавших нахождение человека в этой опасной зоне.

Один из авторов этого метода В. А. Ачин¹ установил четыре основные формы причинных связей: (светлым прямоугольником обозначается первоначальная причина, давшая толчок развитию опасной ситуации, темным — последняя причина, которая непосредственно вызвала травму, окончание проявления причины обозначается кружком):

последовательная (рис. 1, а), когда первая причина вызывает вторую, вторая — третью и т. д. до конечной причины, которая приводит к травме;

параллельная (рис. 1, б), когда две или несколько параллельных связей вызывают одну общую причину, которая и приводит к травме;

круговая (рис. 1, в), когда первая причина вызывает вторую, вторая — третью и т. д. до конечной причины, которая в свою очередь усугубляет первую, первая — вторую и т. д. до тех пор, пока одна из них не приводит к несчастному случаю;

концентрическая (рис. 1, г), когда один какой-либо фактор служит источником нескольких причин, которые, развиваясь параллельно, вызывают одну общую причину, приводящую к травме.

Указанные формы причинных связей в различных комбинациях могут служить составными элементами сложных сетевых моделей.

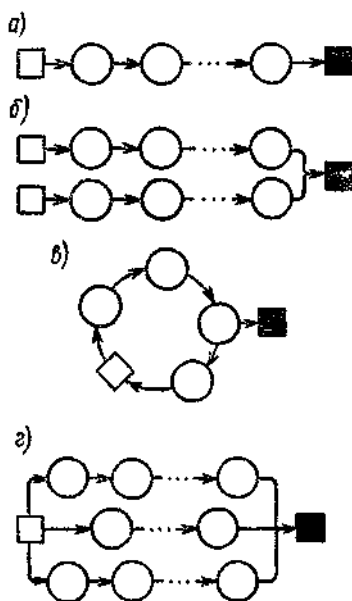


Рис. 1. Разновидности форм причинных связей:

а — последовательная; б — параллельная, в — круговая, г — концентрическая

¹ См. Ачин В. А. Основы безопасности труда в строительстве Л., 1976

Опыт показал целесообразность применения этого метода для выявления истинной причины или причин несчастного случая.

Аналізу несчастных случаев предшествует их классификация по причинам. Общепринятой классификации причин производственного травматизма в настоящее время нет, однако большинство авторов выделяют несколько групп.

Технические причины, которые можно охарактеризовать как причины, не зависящие от уровня организации труда на предприятии, а именно: несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки оборудования, приспособлений, инструментов; недостаточная механизация тяжелых работ; несовершенство ограждений, предохранительных устройств, средств сигнализаций и блокировок; прочностные дефекты материалов; неизвестные ранее опасные свойства обрабатываемых сред и т. п. Эти причины иногда называют конструкторскими или инженерными.

Организационные причины, которые целиком зависят от уровня организации труда на предприятии. К ним, например, относятся: недостатки в содержании территории, проездов, проходов; нарушение правил эксплуатации оборудования, транспортных средств, инструмента; недостатки в организации рабочих мест; нарушение технологического регламента; нарушение правил и норм транспортировки, складирования и хранения материалов и изделий; нарушение норм и правил планово-предупредительного ремонта оборудования, транспортных средств и инструмента; недостатки в обучении рабочих безопасным методам труда; недостатки в организации групповых работ; слабый технический надзор за опасными работами; использование машин, механизмов и инструмента не по назначению; отсутствие или несовершенство ограждений мест работы; отсутствие, неисправность или неприменение средств индивидуальной защиты и т. п.

Санитарно-гигиенические причины, к которым можно отнести повышенное (выше ПДК) содержание в воздухе рабочих зон вредных веществ; недостаточное или нерациональное освещение; повышенные уровни шума, вибраций; неблагоприятные метеорологические условия; наличие различных излучений выше допустимых значений; нарушение правил личной гигиены и т. п.

Психофизиологические причины, к которым условно можно отнести физические и нервно-психические перегрузки работающего.

Человек может совершать ошибочные действия из-за утомления, вызванного большими физическими (статическими

и динамическими) перегрузками, умственным перенапряжением, перенапряжением анализаторов (зрительного, слухового, тактильного), монотонностью труда, стрессовыми ситуациями, болезненным состоянием. К травме может привести несоответствие анатомо-физиологических и психических особенностей организма человека характеру выполняемой работы. В современных сложных технических системах, в конструкциях машин, приборов и систем управления еще недостаточно учитываются физиологические, психофизиологические, психологические и антропометрические особенности и возможности человека.

Профессиональные отравления могут быть обусловлены всеми указанными выше причинами, а профессиональные заболевания чаще всего вызываются санитарно-гигиеническими и психофизиологическими причинами.

§ 6. Методы анализа травматизма

Целью анализа травматизма является разработка мероприятий по предупреждению несчастных случаев. Для этого необходимо систематически анализировать и обобщать их причины. Наиболее распространенными методами анализа травматизма, взаимно дополняющими друг друга, являются: статистический и монографический. В настоящее время все большее внимание привлекают экономический и эргономический методы.

Статистический метод основан на анализе статистического материала по травматизму, накопленного за несколько лет на предприятии или в отрасли. Исходные данные для этого анализа содержатся в актах по форме Н-1, а также в отчетах предприятий по формам 7-т, 8-т, 9-т. Результаты анализа статистического материала дают в виде таблиц, диаграмм и графиков. При рассмотрении итогов работы предприятий по борьбе с травматизмом чаще всего анализируют динамику частоты и тяжести травматизма с течением времени. Сравнивая по этим показателям цехи, участки или предприятия, можно выявить те из них, которые требуют особого внимания с точки зрения профилактики травматизма.

Разновидностью статистического метода являются групповой и топографический методы. При *групповом методе* травмы группируются по отдельным однородным признакам: времени травмирования; возрасту, квалификации и специальности пострадавших; видам работ; причинам несчастных случаев и т. п. Это позволяет выявить наиболее неблагоприятные моменты в организации работ, состоянии условий труда или оборудования.

При *топографическом методе* все несчастные случаи систе-

матически наносят условными знаками на план расположения оборудования в цехе, на участке. Скопление таких знаков на каком-либо оборудовании или рабочем месте характеризует его повышенную травмоопасность и способствует принятию соответствующих профилактических мер.

Монографический метод анализа травматизма по существу представляет собой анализ опасных и вредных производственных факторов, свойственных тому или иному одному (моно) участку производства, оборудованию, технологическому процессу. По этому методу углубленно рассматриваются все обстоятельства несчастного случая, при необходимости делаются соответствующие исследования и испытания. Полезным является проведение такого же анализа на аналогичном производстве. Этот метод применим не только для анализа уже совершившихся несчастных случаев, но и для выявления потенциальных опасностей на изучаемом участке. Можно его использовать и для разработки мероприятий по охране труда для вновь проектируемого производства.

Экономический метод заключается в определении экономического ущерба от травматизма для того, чтобы выявить экономическую эффективность затрат на разработку и внедрение мероприятий по охране труда. Однако этот метод не позволяет выявить причины травматизма и поэтому является дополнительным.

Эргономический метод основан на комплексном изучении системы «человек — машина (техника) — производственная среда» (ЧМС) и поэтому будет рассмотрен подробнее.

Известно, что каждому виду трудовой деятельности должны соответствовать определенные физиологические, психофизиологические и психологические (личностные) качества человека, а также его антропометрические данные. Только при комплексном соответствии указанных свойств человека особенностям конкретной трудовой деятельности возможна эффективная и безопасная работа. Нарушение соответствия может привести к несчастному случаю.

При таком анализе травматизма учитывается и то, что здоровье и работоспособность человека также зависят от биологических ритмов функционирования его организма и гелиогеофизических явлений (активности Солнца, гравитации Луны, магнитного и гравитационного полей Земли). Под воздействием гравитационных сил, вызванных изменением взаимоположения небесных тел, земного магнетизма или ионизации атмосферы происходят определенные сдвиги в организме человека, которые отражаются на его состоянии и поведении.

Имеются данные, что в периоды повышенной солнечной активности и во время резких изменений погодных условий несчастные случаи возникают чаще¹.

Эргономический метод анализа травматизма был использован в нефтегазодобывающей промышленности (исследования ВостНИИТБ и МИНХиГП им. И. М. Губкина)². Причины несчастных случаев исследовались в зависимости от индивидуальных особенностей пострадавшего; санитарно-гигиенических условий; содержания и психофизиологической структуры деятельности; вида системы ЧМС и реализуемой ею функции; элементарного акта деятельности, при котором произошел несчастный случай и др. Сбор информации по каждому несчастному случаю осуществлялся с помощью специального акта, по форме напоминающего акт Н-1, но значительно дополненного. Акт содержал 22 группы показателей, включающих более 250 различных эргономических признаков. Он дополнялся специальной анкетой, обращенной к самому пострадавшему, где он сам оценивал причины и обстоятельства несчастного случая.

Следует отметить, что эргономический метод анализа травматизма позволяет получить информацию, недоступную для других методов. Например, было установлено, что более 80% несчастных случаев среди операторов нефтегазодобывающего производства происходят из-за ошибок пострадавших, связанных с такими психофизиологическими процессами, как внимание (43%), оперативное мышление (10,5%), моторная координация (30%). Значительное место занимает также несоответствие уровня подготовки оператора поручаемой ему производственной функции (10%). Было также установлено, что человек-оператор допускает наибольшее число ошибок при реализации следующих видов деятельности: при зрительном восприятии предметов — 13,7%; при сенсомоторной координации — 46%; при задержке ответного двигательного действия на очередной сигнал — 17%. Более 4% несчастных случаев происходит из-за недостаточной скорости моторных действий и низкого уровня общей подвижности.

Интересные данные были получены при анализе анкет, заполняемых самими пострадавшими. Определенное количество пострадавших считало, что в день несчастного случая они были расслаблены, рассеяны и невнимательны. Вообще, причины травм самими пострадавшими были определены более

¹ См.: Котик М. А. Психология и безопасность. Таллин, 1981.

² См.: Панов Г. Е. Эргономика в нефтяной промышленности. М., 1979, с. 278.

конкретно и полно, чем в актах формы Н-1. В их ответах указывались факторы, которые не отражаются в обычных статистических отчетах.

Методику психофизиологического анализа производственного травматизма станочников разработал Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС (Свердловск, 1983 г.). Методика предназначена для выявления постоянных или временно действующих физиологических, психологических и социальных причин травматизма. Целью методики является совершенствование системы расследования и анализа несчастных случаев, связанных с производством, на основе изучения индивидуальных и групповых особенностей работающих. Для практической реализации методики разработана «Карта специального расследования и анализа производственного травматизма с учетом личностных факторов». Карта имеет четыре раздела, которые заполняются одновременно с актом расследования несчастного случая (форма Н-1). Первый раздел заполняется инженером по охране труда совместно с пострадавшим, свидетелями, руководителем. В нем отмечается дата несчастного случая; характер работы перед травмой; компонент производственной деятельности, при которой она произошла; условия и организация труда; нарушения требований безопасности труда перед несчастным случаем; причина несчастного случая по мнению пострадавшего, очевидцев и руководителя. Во втором разделе, в заполнении которого дополнительно участвует физиолог или психолог, дается психофизиологическая и социально-психологическая характеристика пострадавшего: характерологические особенности личности пострадавшего; обычное рабочее настроение; формы недисциплинированности, психофизиологические особенности личности. В третьем разделе со слов руководителя и других членов коллектива отмечаются особенности социально-психологического климата в коллективе (взаимоотношения с руководителем, товарищами по работе; отношение коллектива к пострадавшему, общая оценка взаимоотношения в коллективе, наличие конфликтов и их причины).

В четвертом разделе, который составляется со слов пострадавшего и по данным здравпункта, отмечается функциональное состояние пострадавшего в период, предшествующий травме (предшествовало ли несчастному случаю переутомление, и если да, то его причины, было ли перед травмой ухудшение в состоянии здоровья или болезнь).

Вся полученная с помощью Карты информация кодируется и переносится на перфокарту формата К5 для дальнейшей ручной или машинной обработки.

Применение методов, учитывающих личностные качества работающих не только для анализа травматизма, но и для выявления причин нарушения правил и инструкций по охране труда, позволяет выявить ряд существенных социально-психологических предпосылок возникновения несчастных случаев и тем самым способствует предупреждению травматизма, а также правильной организации профотбора, профобучения и тренинга¹.

Статистический, эргономический и психофизиологический методы анализа травматизма весьма трудоемки, поэтому для эффективного использования информации, заложенной даже в обычных актах формы Н-1, необходимо привлекать средства современной вычислительной техники. Возможности получения необходимой информации в минимальные сроки обеспечивает система автоматизированного учета и анализа производственного травматизма с применением ЭВМ².

Глава 4

ПРАВОВЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

§ 1. Основные законодательные акты

Законодательство об охране труда в СССР основано на положениях, закрепленных Конституцией СССР. Статьи 40, 41, 42 и 43 Конституции СССР гарантируют права граждан СССР на труд, отдых, охрану здоровья, а также на материальное обеспечение в старости, в случае болезни, при полной или частичной утрате трудоспособности.

Политика социалистического общества в области охраны труда нашла отражение в ст. 21 Конституции: «Государство заботится об улучшении условий и охране труда, его научной организации, о сокращении, а в дальнейшем и полном вытеснении тяжелого физического труда на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов во всех отраслях народного хозяйства»³.

¹ Котик М. А. Психология и безопасность. Таллин, 1981.

² См.: Михайлов Р. Н. Автоматизированная система учета и анализа травматизма. — В кн.: Проблемы охраны труда и их решения. М., 1983.

³ Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических республик. М., 1978, с. 10.

Социальные завоевания рабочих и служащих нашей страны в области труда закреплены принятыми в 1970 г. «Основными законодательства Союза ССР и союзных республик о труде» (в дальнейшем — «Основы»).

Политическое и социальное значение этого закона очень велико. В нем воплощены идеи В. И. Ленина, изложенные в первых кодексах законов о труде, учтено все лучшее из последующих законодательных положений о труде. Этот закон устанавливает общие положения, обязательные для всех союзных республик. Решение же ряда вопросов трудового законодательства, связанных с суверенными правами и особенностями республик, отнесено к их ведению. Поэтому после утверждения «Основ» союзные республики приняли новые Кодексы законов о труде (КЗоТы). Например, КЗоТ РСФСР был утвержден на второй сессии Верховного Совета РСФСР восьмого созыва 9 декабря 1971 г. и введен в действие 1 апреля 1972 г.

В «Основах» большое внимание уделено установлению трудовых прав и обязанностей рабочих и служащих; рассматриваются вопросы коллективного и трудового договора, рабочего времени и времени отдыха, заработной платы, трудовой дисциплины и др.

Охране труда посвящены гл. VII (ст. 57...67) и ряд статей в других главах. Особенности правового регулирования труда женщин и молодежи отражены в гл. VIII и IX.

Право рабочих и служащих на здоровые и безопасные условия труда закреплено ст. 57 гл. VII, которая гласит: «На всех предприятиях, организациях, учреждениях создаются здоровые и безопасные условия труда».

Все нормы, касающиеся охраны труда, можно условно разделить на четыре группы.

Первая группа норм направлена на обеспечение безопасности труда еще на стадии проектирования производственных объектов. Ст. 59 «Основ» запрещает приемку и ввод в эксплуатацию предприятий, цехов, участков, производств, если на них не обеспечены здоровые и безопасные условия труда.

На обеспечение безопасности во время самого процесса производства направлена вторая группа норм (ст. 60 и 61), устанавливающих порядок разработки, утверждения и применения правил и инструкций по охране труда; обязанности администрации по проведению инструктажей, а рабочих и служащих — по выполнению установленных требований.

К третьей группе можно отнести нормы, регламентирующие порядок выдачи и использования средств индивидуальной защиты и лечебно-профилактического питания (ст. 63 и 64).

Кроме того, в гл. VII «Основ» предусмотрены нормы, хотя непосредственно и не регулирующие правовые отношения по охране труда, но содействующие повышению ее уровня. К их числу можно отнести ст. 62, регулиующую порядок расходования средств, выделяемых на охрану труда, и ст. 65, устанавливающую обязательность медицинских осмотров некоторых категорий рабочих и служащих и перевода их по состоянию здоровья на более легкую работу в соответствии с медицинским заключением временно или без ограничения срока (ст. 66).

Четвертая группа норм определяет общий и специальный надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде (ст. 104), а также ответственность за его нарушение (ст. 105).

Ленинские положения об участии трудящихся в управлении производством реализует принятый в 1983 г. «Закон о трудовых коллективах и повышении их роли в управлении предприятиями, учреждениями, организациями». В ст. 15 «Закона» указаны полномочия коллективов в улучшении условий и охраны труда. Трудовые коллективы:

обсуждают и одобряют комплексные планы улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий и контролируют выполнение этих планов;

вносят предложения по техническому перевооружению, механизации и автоматизации, улучшению организации и повышению культуры производства, сокращению ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда, активно участвуют в их реализации;

разрабатывают и осуществляют мероприятия по улучшению условий труда и быта работающих женщин, усилению охраны материнства и детства;

контролируют использование средств, предназначенных на охрану труда, и соблюдение всеми работниками правил и инструкций по охране труда на предприятиях, в учреждениях, организациях;

обсуждают вопросы использования средств социального страхования и вносят соответствующие предложения;

вносят предложения и принимают участие в осуществлении мер по улучшению охраны окружающей среды;

ставят вопросы о привлечении к ответственности лиц, виновных в нарушении правил охраны труда и законодательства об охране окружающей среды.

§ 2. Охрана труда женщины и молодежи

В ст. 35 Конституции СССР записано: «Женщина и мужчина имеют в СССР равные права». В то же время советское трудовое законодательство, учитывая физиологические особенности женского организма, ее социальную роль матери, предусматривает ряд особенностей правового регулирования труда женщин. Охране труда женщин посвящена глава VIII «Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о труде» (ст. 68...73) и соответствующие главы КЗоТ союзных республик.

Ст. 68 «Основ» запрещает применение труда женщин на тяжелых и вредных, а также подземных работах (кроме нефизических работ или работ по санитарному и бытовому обслуживанию).

Список особо тяжелых и вредных работ, где не разрешался женский труд, был утвержден постановлением НКТ СССР от 10 апреля 1932 г. В дальнейшем этот список несколько раз изменялся. Совет Министров СССР и ВЦСПС 25 апреля 1978 г. приняли постановление «О дополнительных мерах по улучшению условий труда женщин, занятых в народном хозяйстве». В соответствии с этим постановлением Госкомтруд СССР совместно с ВЦСПС и по согласованию с Министерством здравоохранения СССР 25 июля 1978 г. утвердили новый список производств, профессий и работ, на которых запрещается использование труда женщин.

Остальные статьи гл. VIII «Основ» включают такие положения, как введение максимально благоприятных режимов труда и отдыха, ограничение труда женщин в ночное время и т. п. Большое внимание уделено нормам, учитывающим материнскую функцию женщины: перевод во время беременности при необходимости на более легкую работу (ст. 70); запрещение привлекать к ночным, сверхурочным работам, к работам в выходные дни, направлять в командировки и др. (ст. 69); установление специальных оплачиваемых отпусков по беременности и родам (ст. 71), перерывов на кормление ребенка (ст. 72).

Важной гарантией осуществления женщинами своих трудовых прав является ст. 73 «Основ», запрещающая отказ в приеме на работу или увольнение женщин по мотивам, связанным с беременностью или кормлением ребенка.

В 1982 г. (постановление Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС от 27 января, № 22/П-1) введены более низкие нормы предельно допустимых нагрузок для женщин: масса поднимаемого и перемещаемого груза при условии чередования с другой работой не должна превышать 15 кг; при подъеме тяжестей на высоту более 1,5 м — 10 кг, при подъеме и пере-

движении тяжестей постоянно в течение смены — также 10 кг; суммарная масса перемещаемого груза в течение смены должна быть не более 7000 кг; при транспортировке грузов на тележках или в контейнерах прилагаемая сила не должна превышать 147 Н.

С 1981 г. работающим женщинам (имеющим стаж работы не менее одного года) предоставляется частично оплачиваемый отпуск по уходу за ребенком до исполнения ему 1 года в размере от 35 до 50 руб., а также дополнительный отпуск без сохранения заработной платы до достижения ребенком 1,5 лет.

«Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о труде» иллюстрируют также большую заботу нашего государства о молодежи. Несовершеннолетние (лица, не достигшие 18 лет) в трудовых правах приравниваются к совершеннолетним, а в области охраны труда пользуются рядом льгот. В гл. IX «Основ» (ст. 74...82) изложены нормы охраны труда подростков, учитывающие особенности развития молодого организма.

Все лица моложе 18 лет принимаются на работу лишь после предварительного медицинского осмотра, и в дальнейшем (до 18 лет) они ежегодно подлежат медицинскому освидетельствованию с целью установления пригодности подростка к избранной или выполняемой работе. Допускается принимать на работу юношей и девушек, которым исполнилось 16 лет. В исключительных случаях и по согласованию с профсоюзным комитетом могут быть приняты на работу 15-летние.

Ст. 75 «Основ» запрещает применять труд лиц моложе 18 лет на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на подземных работах. Их перечень содержится в списке производств, профессий и работ с тяжелыми и вредными условиями труда, на которых запрещается применение труда лиц моложе 18 лет. Список содержит около 3 тыс. наименований специальностей и профессий, объединенных по производствам и отраслям народного хозяйства.

Другими льготами для подростков являются: сокращенный рабочий день (4 часа для лиц от 15 до 16 лет и 6 ч для лиц от 16 до 18 лет); запрещение привлекать их к ночным и сверхурочным работам, увеличенный отпуск (30 календарных дней), льготные условия оплаты труда, приема на работу и увольнения и др. Например, расторжение по инициативе администрации трудового договора с подростком возможно лишь при наличии на то согласия профсоюзного комитета и, кроме того, районной (городской) комиссии по делам несовершеннолетних (ст. 82 «Основ»). Эта комиссия проверяет законность и обоснованность требований администрации, принимает, в необхо-

димых случаях, меры по защите интересов молодых рабочих. Если вопрос об увольнении ставится самим подростком, то администрация должна в 3-дневный срок сообщить об этом комиссии, которая выясняет, не является ли причиной увольнения ущемление администрацией прав подростка, и при необходимости устраняет подростка на другую работу.

Трудовое законодательство ограничивает также массу грузов, которые допускается переносить или передвигать молодым рабочим, например: для юношей от 16 до 18 лет предельная масса груза при ручной переноске не должна превышать 16,4 кг, а для девушек — 10, 25 кг. К передвижению тяжестей на одноколесных тачках и двухколесных тележках девушки до 18 лет вообще не допускаются. Несовершеннолетние в возрасте от 16 до 18 лет не могут привлекаться к работам, заключающимся только в переноске и передвижении тяжестей массой более 4,1 кг. Для 15-летних эта норма снижена до 2 кг.

§ 3. Ответственность за нарушение законодательства об охране труда

О громадном значении, которое придается в нашем государстве сохранению жизни и здоровья человека на производстве, говорит факт установления ответственности должностных лиц за нарушение законодательства о труде и правил по охране труда, за невыполнение обязательств по коллективным договорам и соглашениям по охране труда (ст. 105 «Основ»).

Юридическая ответственность может быть четырех видов: дисциплинарная, административная, уголовная и материальная.

Д и с ц и п л и н а р н а я ответственность представляет собой обязанность работников отвечать перед администрацией за невыполнение ими дисциплины труда. Основным документом, регулирующим дисциплину труда, являются типовые правила внутреннего трудового распорядка для рабочих и служащих предприятий, учреждений, организаций, утвержденные Госкомтруда СССР по согласованию с ВЦСПС 29 сентября 1972 г. Статья II этих правил обязывает рабочих и служащих независимо от их должности соблюдать требования по охране труда и противопожарной охране, предусмотренные соответствующими правилами и инструкциями, пользоваться средствами индивидуальной защиты. На основе этих Типовых или отраслевых правил администрация предприятия разрабатывает правила внутреннего трудового распорядка, инструкции, положения, невыполнение требований которых является дисциплинарным проступком.

За нарушение трудовой дисциплины администрация предприятия может применить к работнику следующие дисциплинарные взыскания: замечание; выговор; строгий выговор; перевод на нижеоплачиваемую работу на срок до трех месяцев или смещение на низшую должность на тот же срок; увольнение. Налагать дисциплинарное взыскание может только должностное лицо на подчиненного ему работника.

Административная ответственность выражается в форме различных административных взысканий — предупреждения, общественного порицания, штрафа и др. Предупреждение и штраф налагаются не в порядке прямой подчиненности или вышестоящими хозяйственными органами, а должностными лицами, осуществляющими государственный надзор в области охраны труда, или административными комиссиями при районных и городских исполнительных комитетах Советов народных депутатов по представлению этих лиц.

Штраф за нарушение норм и правил охраны труда может налагаться только на лиц административно-управленческого персонала, причем не только в тех случаях, когда нарушение может создать возможность повреждения здоровья человека, но и когда нарушаются другие права трудящихся по охране труда (например, за некачественное расследование несчастного случая).

Уголовная ответственность выражается в наказании лиц, допустивших нарушения правил охраны труда, которые могли повлечь или повлекли за собой несчастные случаи или другие тяжкие последствия. Степень этого наказания устанавливается рядом статей уголовных кодексов (УК) союзных республик. Например, по ст. 140 УК РСФСР должностные лица, постоянно или временно выполняющие обязанности по охране труда в связи с должностным положением или по распоряжению (приказу) руководителя, в зависимости от тяжести последствий могут понести наказание от штрафа, исправительных работ, увольнения до лишения свободы на разные сроки. По другим статьям к ответственности могут привлекаться как инженерно-технические работники, так и рабочие, преступно нарушившие правила безопасности движения и эксплуатации автотранспорта (ст. 211 и 213 УК РСФСР), правила безопасности ведения горных работ (ст. 214 УК РСФСР), правила при производстве строительных работ (ст. 215 УК РСФСР), правила безопасности на взрывоопасных предприятиях или во взрывоопасных цехах (ст. 216 УК РСФСР), правила хранения, использования или перевозки взрывчатых или радиоактивных веществ (ст. 217 УК РСФСР).

Материальная ответственность работника связана

с материальной ответственностью предприятия. В соответствии со ст. 67 «Основ» предприятие несет материальную ответственность за ущерб, причиненный рабочим и служащим увечьем или иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им своих трудовых обязанностей. Часть суммы в возмещение этого ущерба может быть взыскана с работника предприятия, если несчастный случай произошел по его вине.

§ 4. Нормативно-техническая документация по охране труда

Уровень охраны труда в стране в большой степени зависит от качества нормативно-технической документации.

В системе стандартов безопасности труда (ССБТ), правилах и нормах техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности в обобщенной, концентрированной форме выражены результаты научных исследований и практический опыт работы по охране труда и здоровья трудящихся. Наличие этих документов обеспечивает контроль за состоянием охраны труда со стороны государства и профсоюзов. Поэтому советское трудовое законодательство придает такое большое значение нормативно-технической документации по охране труда, требования которой должны воплощаться в проектировании и строительстве производственных предприятий, зданий и сооружений; организации производства и труда, в конструкциях производственного оборудования; создании и применении средств защиты работающих от опасных и вредных производственных факторов (ст. 58, 60, 61 «Основ»).

Нормативно-техническая документация по охране труда в зависимости от области распространения подразделяется на межотраслевую, отраслевую и документацию предприятий. Межотраслевые документы утверждаются Советом Министров СССР либо по его поручению другими государственными органами совместно или по согласованию с ВЦСПС, а документы отраслевого назначения — министерствами, ведомствами, органами государственного надзора совместно или по согласованию с Центральными комитетами соответствующих профессиональных союзов. Документы предприятий по охране труда (например, инструкции по охране труда, стандарты) разрабатываются и утверждаются администрацией предприятия совместно с профсоюзным комитетом.

Нормативно-техническая документация по охране труда подразделяется на стандарты безопасности труда (государственные — ГОСТ, отраслевые — ОСТ, республиканские — РСТ,

предприятий — СТП); строительные нормы и правила; санитарные нормы и правила; правила техники безопасности и производственной санитарии; инструкции; указания и руководящие технические материалы; положения, наставления, директивные и методические письма.

Наибольшее значение среди всех этих документов в настоящее время имеют стандарты безопасности труда, подробно рассматриваемые в § 5.

За годы развития народного хозяйства в нашей стране разработано большое количество правил и норм по охране труда. Межотраслевые (единые) правила и нормы должны соблюдаться всеми предприятиями независимо от их ведомственной подчиненности, в то время как отраслевые правила и нормы являются обязательными для предприятий данной отрасли промышленности.

Основными межотраслевыми (едиными) правилами, в которых содержатся требования к обеспечению безопасности труда при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов производственного назначения, являются Строительные нормы и правила (СНиП), а также Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН) и другие строительные нормы, разрабатываемые и утверждаемые Госстроем СССР. Ряд важных межотраслевых правил утвержден за последнее время Минздравом СССР, в том числе: Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию (1042—73); Нормы радиационной безопасности (НРБ—76); Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП—72/80).

Большое количество межотраслевых правил разрабатывает и утверждает Госгортехнадзор СССР; Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением; Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов и др. Важным межотраслевым документом являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ—76), разработанные организациями Министерства энергетики и электрификации СССР.

Правила по охране труда служат основой для разработки мероприятий по обеспечению на всех рабочих местах безопасных и здоровых условий труда. В связи с быстрым развитием техники иногда в правилах отсутствуют требования, необходимые для обеспечения безопасности. В таких случаях часть III ст. 60 «Основ» обязывает администрацию предприятия по согласованию с профсоюзным комитетом принимать

меры, обеспечивающие безопасные условия труда. Это требование расширяет права администрации предприятия.

В соответствии с межотраслевыми и отраслевыми правилами министерства по согласованию с ЦК соответствующих профсоюзов разрабатывают и утверждают типовые инструкции по охране труда. Ряд таких инструкций разработан Госгортехнадзором СССР и другими органами государственного надзора.

Типовые инструкции являются основой для местных инструкций, которые разрабатываются администрацией предприятия (непосредственным руководителем работ) совместно с профсоюзным комитетом, согласовываются с отделом охраны труда (инженером по технике безопасности) и утверждаются главным инженером предприятия. Типовые инструкции обычно пересматривают один раз в 5 лет, а местные — один раз в 3 года, а также в случае необходимости (после аварии, несчастного случая, при изменении правил и норм и т. п.). Местные инструкции могут быть *общезаводскими* (на специальные виды работ — огневые, газоопасные, земляные; по применению защитных средств и т. п.), *общецеховыми* и *инструкциями по рабочим местам* (профессиям).

Особым видом общецеховой инструкции является аварийная инструкция или план ликвидации аварии. В ней описываются возможные случаи и места возникновения аварий, меры по их ликвидации в начальной стадии, действия каждого инженерно-технического работника и рабочего, пути эвакуации людей и т. п.

Инструкции по рабочим местам обычно состоят из трех частей. В первой части указываются общие положения и требования по обеспечению безопасности труда, во второй — требования к рабочему перед началом работы, во время работы и после ее окончания, в третьей — ответственность за невыполнение инструкций.

Для предупреждения травм и заболеваний ст. 61 «Основ» обязывает рабочих и служащих соблюдать инструкции по охране труда

§ 5. Стандартизация в области охраны труда

В условиях планового народного хозяйства стандартизация играет активную роль в управлении народным хозяйством, выражающуюся в плановой деятельности государственных органов, предприятий и организаций по установлению и применению обязательных правил, норм, требований, направленных на ускорение технического прогресса, повышение производительности труда и улучшение качества продукции.

С учетом этого Госстандартом и ВЦСПС в 1972 г. было принято решение сделать нормативно-техническую документацию в области охраны труда частью действующей в стране системы стандартизации. При этом учитывался высокий научно-технический уровень работ по стандартизации, большие права Госстандарта в осуществлении надзора за выполнением стандартов, хорошо налаженная система кодификации и оперативной информации о разработке новых и пересмотре действующих стандартов.

Работа по стандартизации требований безопасности труда проводится сейчас в двух направлениях:

- 1) разработка специальных стандартов, отражающих требования по созданию безопасных и здоровых условий труда;
- 2) включение в стандарты и технические условия специального раздела «Требования безопасности».

Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях установлен в ГОСТ 1.26-77 «ГСС. Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях» и «Методическими указаниями о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами» (РД 50-111-81). Внедрение этого порядка означает, что сейчас практически ни одно изделие не может быть выпущено, если его конструкция не удовлетворяет требованиям безопасности.

Первое направление стандартизации реализовалось в разработке системы стандартов безопасности труда (ССБТ). ССБТ представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Стандарты ССБТ могут быть: государственные, отраслевые, республиканские и стандарты предприятий.

Значение ССБТ трудно переоценить. Впервые в стране требования охраны труда систематизированы и взаимосвязаны. Разработка государственных стандартов, как правило, проводится на основе глубоких научных исследований, новейших достижений науки и техники. К этой работе широко привлекаются ученые, специалисты различных отраслей народного хозяйства, работники служб охраны труда, комитеты профсоюзов.

Стандартизация в области безопасности труда осуществляется и в большинстве промышленно развитых стран мира. Сейчас в рамках СЭВ создается международная система стандартов по охране труда. Постоянной комиссией СЭВ по стандартизации принят ряд программных работ по стандартизации в области охраны труда. За период с 1976 по 1980 г. разработано 160 стандартов СЭВ, отражающих требования ох-

раны труда. Кроме того, проводится унификация национальных стандартов на двусторонней основе (например, СССР с ГДР, СССР с НРБ и др.)¹.

Стандарты по безопасности труда разрабатываются и рядом Международных организаций, наиболее крупными из которых являются Международная организация по стандартизации (ИСО) и входящая в ее состав Международная электротехническая комиссия (МЭК). Разрабатывает некоторые нормативные документы по охране труда и Международная организация труда (МОТ).

Системе стандартов безопасности труда присвоен шифр 12; она состоит из подсистем, имеющих шифры от 0 до 9. Подсистемы 6—9 пока являются резервными.

0. Организационно-методические стандарты основ построения системы устанавливают: цели, задачи, область распространения, структуру ССБТ, особенности согласования стандартов ССБТ; терминологию в области охраны труда; классификацию опасных и вредных производственных факторов; порядок обучения рабочих и служащих безопасности труда. Стандарты этой подсистемы в дальнейшем должны будут установить порядок информационного и принципы метрологического обеспечения системы.

В настоящее время разработано и утверждено четыре основополагающих стандарта ССБТ: ГОСТ 12.0.001—80 (СТ СЭВ 829—77) «ССБТ. Основные положения»; ГОСТ 12.0.002—80 (СТ СЭВ 1084—78) «ССБТ. Основные понятия, термины и определения»; ГОСТ 12.0.003—74* (СТ СЭВ 790—77) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и ГОСТ 12.0.004—79 «ССБТ. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения».

1. Государственные стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов устанавливают характеристику определенных опасных и вредных производственных факторов (вид, характер действия, предельно допустимые значения этих факторов и методы их контроля); требования безопасности при работе с веществами, обладающими опасными и вредными свойствами. Эта классификационная подсистема включает в себя также стандарты на общие требования по обеспечению взрывобезопасности, пожарной и электробезопасности, радиационной, вибрационной и биологической безопасности, а также стандарты общих требований к защите от шума, ультразвука, электромагнитных полей, вредных

¹ См.: Дворянчиков Б. А. и др. Стандарты и безопасность труда в машиностроении. М., 1982.

веществ и стандарты требований к освещению и воздушной среде на рабочем месте. Стандарты этой классификационной группировки разрабатываются на основе ГОСТ 12.0.003—74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

2. Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию устанавливают: требования безопасности как общие, так и к отдельным группам оборудования, эргономические нормы и требования, а также методы контроля выполнения этих требований. Головным стандартом этой подсистемы является ГОСТ 12.2.003—74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности». В нем изложены общие требования безопасности к оборудованию, а также особенности построения стандартов требований безопасности на конкретные группы оборудования. В первую очередь стандарты разрабатываются на группы оборудования, обладающие повышенной опасностью, например электротехнические изделия, компрессорные установки, металлорежущие станки, грузоподъемные краны и т. п.

3. Стандарты требований безопасности к производственным процессам устанавливают: общие требования безопасности к производственным процессам; требования безопасности к отдельным группам технологических процессов, размещению оборудования и организации рабочих мест, исходным материалам, хранению и транспортированию исходных материалов, готовой продукции и отходам производства и т. п.

Основополагающим стандартом этой подсистемы является ГОСТ 12.3.002—75 (СТ СЭВ 1728—79) «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности». На основе этого стандарта разработаны и разрабатываются стандарты на требования безопасности к различным технологическим процессам, главным образом к тем, которые связаны с повышенной опасностью и с наличием неблагоприятных условий труда (термическая обработка металла, окрасочные, электросварочные, погрузочно-разгрузочные работы, деревообработка и др.).

4. Стандарты требований к средствам защиты работающих устанавливают классификацию средств защиты; требования к конструктивным, эксплуатационным, защитным и гигиеническим показателям отдельных классов и видов средств защиты; методы контроля и оценки средств защиты. В этой классификационной группировке сосредоточены также стандарты технических условий и общих технических требований к вспомогательным приспособлениям и устройствам; защитным и предохранительным ограждениям, блокировкам, автоматам защиты

и сигнализаторам; к противопожарной и защитной одежде и другим средствам индивидуальной защиты рук, головы, лица, органов дыхания и слуха; к сигнальным цветам и знакам безопасности и др. Стандарты этой подсистемы составляют основную часть всех государственных стандартов ССБТ. Сейчас их разработано уже свыше 130. основополагающим стандартом подсистемы является ГОСТ 12.4.011-75 (СГ СЭВ 1086-78) «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация».

5. Стандарты на требования безопасности к производственным зданиям (помещениям).

6-9. Эти подсистемы являются резервом.

Установлена определенная структура обозначения стандартов ССБТ (рис. 2). Порядок внедрения стандартов ССБТ основан на указаниях ГОСТ 1.20-69 «ГСС. Порядок внедрения государственных стандартов. Основные положения». Специфические особенности внедрения и надзора за соблюдением стандартов ССБТ изложены в «Методических указаниях по внедрению стандартов ССБТ в отраслях народного хозяйства» (РДМУ 83-82) и «Методических указаниях по государственному надзору за внедрением и соблюдением стандартов ССБТ» (РДМУ 86-77).

Работы межотраслевого характера по внедрению стандартов ССБТ координируют организации Госстандарта и ВЦСПС с участием органов государственного надзора. Для организационно-методического руководства внедрением стандартов ССБТ в отрасль народного хозяйства каждое министерство или ведомство назначает одну головную и ряд базовых организаций.

Разработка стандартов предприятий осуществляется на основе «Рекомендаций по разработке стандартов предприятий по безопасности труда». На предприятии общее руководство разработкой стандартов осуществляет руководитель или главный инженер предприятия, а организационно-методическое руко-

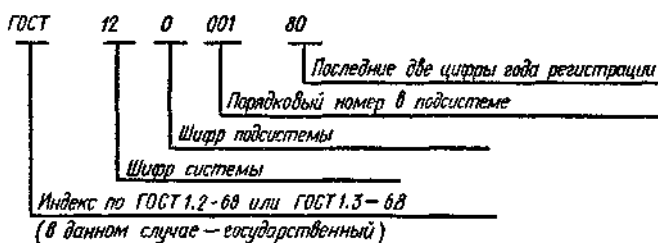


Рис. 2. Структура обозначения стандартов ССБТ

водство возлагается на службы стандартизации при участии службы охраны труда.

Стандарты предприятий по безопасности труда (СТП ССБТ) являются составной частью ССБТ. Они не должны дублировать государственные и отраслевые стандарты ССБТ. Предприятия разрабатывают стандарты, относящиеся в основном к подсистемам «0» и «4». Например, организационно-методические СТП ССБТ могут устанавливать организацию работ по охране труда на предприятии, организацию обучения и инструктажа работающих по безопасности труда, порядок надзора за объектами повышенной опасности, порядок проведения анализа причин травматизма, порядок внесения требований безопасности в конструкторскую и технологическую документацию предприятия и т. п. СТП ССБТ на требования к средствам защиты работающих (подсистема «4») не устанавливают требований к защитным и гигиеническим свойствам этих средств. Они лишь устанавливают требования к организации обеспечения работающих средствами защиты и к эксплуатации этих средств. Стандарт предприятия может, например, устанавливать порядок выдачи и списания средств индивидуальной защиты, порядок их приемки и испытания и т. п.

Внедрение стандартов зависит от соответствующего метрологического обеспечения, т. е. наличия методов, технических средств, правил и норм, которые обеспечили бы единство и требуемую точность измерения параметров, характеризующих безопасность труда работающих. Некоторые стандарты имеют достаточно полное метрологическое обеспечение (например, стандарты, регламентирующие шум и вибрацию). На метрологическое обеспечение других стандартов направлены сейчас усилия научно-исследовательских и конструкторских организаций.

В настоящее время на крупных предприятиях и в объединениях организованы промышленно-санитарные лаборатории или специальные группы в составе заводских лабораторий, оснащенные необходимыми контрольно-измерительными приборами и аппаратурой. К проведению измерений привлекаются также территориальные органы санитарно-эпидемиологической службы и территориальные органы Госстандарта.

Контроль за соблюдением и внедрением стандартов осуществляют территориальные органы Госстандарта совместно с технической инспекцией труда профсоюзов и другими органами государственного надзора за безопасным ведением работ в народном хозяйстве (государственный надзор), а также министерства и ведомства (ведомственный контроль).

Глава 5

УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА

§ 1. Сущность и содержание управления охраной труда

Решение одной из основных задач социалистического государства — создание полностью безопасных и здоровых условий труда, неразрывно связано с совершенствованием методов управления охраной труда на всех уровнях — от предприятия до министерства.

Управление охраной труда в основном звене хозяйственного механизма — на предприятии, должно быть составной частью, подсистемой общей системы управления предприятием (производственным объединением), так как только при высоком уровне охраны труда может быть обеспечено эффективное решение задачи, поставленной перед предприятием народнохозяйственным планом.

В общем виде управление определяется как *совокупность действий, выбранных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта в соответствии с имеющейся программой (алгоритмом) или целью функционирования.*

В любой системе управления прежде всего есть объект, которым управляют, а также орган, который осуществляет управление. В процессе управления этот орган получает определенную информацию о состоянии управляемого объекта и состоянии внешней среды, в которой находится и с которой связан управляемый объект. На основе этой информации управляющий орган вырабатывает управляющую информацию, т. е. принимает решение. На основе принятого решения некоторый исполнительный орган осуществляет управляющее воздействие на управляемый объект. Часто управляющий и исполнительный органы объединяют в единое понятие — субъект управления, и тогда систему управления можно представить состоящей из двух подсистем: управляемой и управляющей (рис. 3).

Управление всегда осуществляется для достижения определенной цели. Целью управления охраной труда является *обеспечение безопасности, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.*

Цель управления в свою очередь может быть достигнута путем выполнения определенных функций управления. Функция управления — это *комплекс взаимосвязанных видов деятельно-*

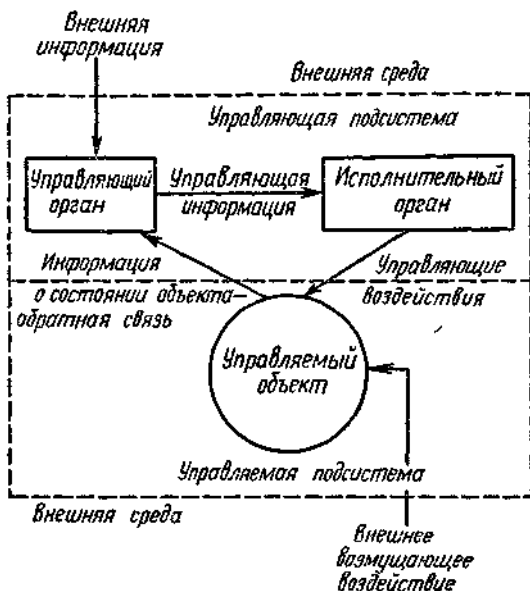


Рис. 3. Укрупненная структурная схема системы управления

сти, осуществляемых субъектом управления при целенаправленном воздействии на объект управления. Функции управления отвечают на вопрос, кто и что должен делать в системе управления.

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

Управление охраной труда на предприятии (в объединении) осуществляет руководитель предприятия. В функциональных службах и структурных подразделениях управление осуществляют их руководители.

Нормативной и методической основой (внешняя информация) системы управления охраной труда (СУОТ) являются: законодательные акты о труде; постановления и распоряжения ЦК КПСС, Совета Министров СССР, Совета Министров союзных республик и ВЦСПС по вопросам охраны труда, а также нормативная и нормативно-техническая документация (см. гл. 4).

Нормальное функционирование и совершенствование СУОТ возможно только при наличии информации о состоянии объек-

та управления. Информация должна поступать в виде количественных и качественных показателей, характеризующих состояние безопасности труда на отдельных рабочих местах и участках производства.

Функциями управления охраной труда на предприятии являются¹:

планирование работ по охране труда;

организация и координация работ в области охраны труда;

учет и анализ состояния охраны труда и функционирования

СУОТ;

контроль за состоянием охраны труда и функционированием СУОТ;

стимулирование работы по совершенствованию охраны труда.

Цель управления охраной труда на предприятии может быть достигнута при решении следующих основных задач:

обучения работающих безопасности труда и пропаганды вопросов охраны труда;

обеспечения безопасности производственного оборудования;

обеспечения безопасности производственных процессов;

обеспечения безопасности зданий и сооружений;

нормализации санитарно-гигиенических условий труда;

обеспечения работающих средствами индивидуальной защиты;

обеспечения оптимальных режимов труда и отдыха работающих;

организации лечебно-профилактического обслуживания работающих;

организации санитарно-бытового обслуживания работающих;

профессионального отбора работающих по отдельным специальностям.

Подробно функции и задачи управления охраной труда рассматриваются ниже.

§ 2. Планирование работ по охране труда

Определяющей и ведущей функцией управления охраной труда является планирование организационно-технических мероприятий по охране труда. До начала работ по планированию должно быть проведено прогнозирование производственного управ-

¹ См.: Рекомендации. Управление охраной труда. Основные положения. М., 1983.

матизма, профессиональной заболеваемости и других показателей охраны труда.

Прогнозирование показателей охраны труда может быть поисковым и нормативным. Поисковое прогнозирование исходит из существующей ситуации и определяет состояние системы в будущем. Нормативное прогнозирование ведется от нормативно оцененных будущих состояний системы к действиям в настоящее время.

Прогнозирование производственного травматизма основано на анализе статистических данных о травматизме за несколько лет.

Прогнозирование необходимых мероприятий по улучшению условий труда в связи с развитием производства на длительный период (5 и более лет) обычно проводится по данным экспертных оценок¹.

Планирование работ по охране труда бывает перспективным (на пятилетие), текущим (годовым) и оперативным (квартальным, месячным, декадным). В настоящее время основной формой перспективного планирования работ по охране труда является разработка комплексных пятилетних планов улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий. Реализация этих планов обеспечивается через годовые планы номенклатурных мероприятий по охране труда, включаемые в соглашения по охране труда, которые являются неотъемлемой частью коллективного договора.

В коллективном договоре находят отражение все важнейшие стороны жизни и деятельности предприятия — от организации труда и совершенствования производства до улучшения условий работы, быта, культуры и воспитания трудящихся.

Коллективный договор ежегодно заключается между профсоюзным комитетом, действующим от имени коллектива рабочих и служащих, и администрацией, которая несет ответственность за его выполнение.

Перспективный и текущий планы составляются с учетом результатов анализа (паспортизации) санитарно-технического состояния условий труда на производственных участках; анализа причин производственного травматизма, общей и профессиональной заболеваемости; предложений работников предприятия, органов государственного надзора и комитетов профсоюзов. Важное значение при этом имеет предварительное составление санитарно-технического паспорта цеха. Типовой проект такого паспорта был утвержден ВЦСПС в 1979 г. Сани-

¹ См.: Рабочая книга по прогнозированию; Под ред. И. В. Бестужева-Лады. М., 1982.

тарно-технический паспорт предназначен для документального оформления проверки состояния условий труда и выявления производственных участков и рабочих мест, не удовлетворяющих нормам, правилам и стандартам безопасности труда.

При разработке комплексных и годовых планов улучшения условий труда учитывается Номенклатура мероприятий по охране труда, утверждаемая Президиумом ВЦСПС на каждые пять лет. Эта номенклатура содержит перечень наиболее актуальных на данный период мероприятий по охране труда.

Вопросы охраны труда находят в настоящее время отражение и в других планах, таких, например, как план социального развития коллектива; научной организации труда, производства и управления; механизации трудоемких и тяжелых ручных работ; охраны труда женщин; подготовки предприятий к работе в осенне-зимних условиях; пожаро- и взрывобезопасности; мероприятий по культуре производства и т. д.

В основу разработки всех видов этих планов должны быть положены следующие принципы: перспективность, выражаемая в выборе наиболее важных заданий по охране труда на пятилетку; комплексность, обеспечивающая взаимосвязь текущих и перспективных планов по охране труда с остальными планами предприятий; предпочтительность, заключающаяся в выборе ведущего направления среди планируемых мероприятий и достижения на этой основе рационального распределения материальных, трудовых и финансовых ресурсов; единства структуры планов, обеспечивающего упорядочение отдельных планов и их ресурсов, когда каждый план, с одной стороны, рассматривается как совокупность планов нижестоящих уровней, а с другой — как часть вышестоящих планов¹.

Для быстрого устранения недостатков, выявленных в процессе государственного, ведомственного и общественного контроля, разрабатываются оперативные планы работы по охране труда.

§ 3. Организация, координация, учет и анализ как функции управления охраной труда

Организация работы в области охраны труда заключается в выборе и формировании такой структуры управления охраной труда на предприятии (в производственном объединении), которая бы наилучшим образом соответствовала цели создания безопасных и здоровых условий труда.

¹ См.: Чудов Ю. А., Моргунова Л. Э., Антоненко Т. Н. — В кн.: Межотраслевые вопросы охраны труда. М., 1981.

Практически все инженерные службы и должностные лица предприятия участвуют в управлении охраной труда. Поэтому эффективность управления охраной труда на предприятии зависит от организации работы — четкой регламентации обязанностей и прав всех звеньев и должностных лиц в этой области.

Для этого на каждом предприятии разрабатывается Положение об организации работы по охране труда, часто оформляемое в виде стандарта предприятия по безопасности труда. Этот документ устанавливает взаимосвязи, соподчиненность, обязанности и права служб, структурных подразделений, должностных лиц в системе управления охраной труда. При этом следует иметь в виду, что соотношение основных функций при переходе с одного уровня управления на другой изменяется. Если, например, на уровне дирекции наибольшее значение имеют функции планирования, координации и контроля, то в цехе основное внимание должно обращаться на функции организации и стимулирования.

Основой для разработки такого Положения являются Типовое положение, утверждаемое Министерством по согласованию с соответствующим ЦК профсоюза.

Организационно-методическую работу по управлению охраной труда, подготовку управленческих решений и контроль за их реализацией осуществляет служба охраны труда предприятия, непосредственно подчиненная руководителю (главному инженеру) предприятия. На крупных предприятиях ряда отраслей промышленности предусмотрена должность заместителя директора или заместителя главного инженера по охране труда, в подчинении которого находится отдел (бюро) охраны труда. Часто в эту службу входят инженеры по контролю за объектами Госгортехнадзора, промышленно-санитарная лаборатория и некоторые другие группы.

Оценка соответствия результатов деятельности установленной цели осуществляется с помощью функции учета и анализа. Учет и анализ позволяют установить уровень состояния охраны труда и эффективность функционирования СУОТ. Они должны проводиться на всех уровнях управления (от мастера до директора). Суть этой функции заключается в систематическом учете показателей состояния охраны труда на объекте управления, в анализе данных учета и обобщении причин невыполнения требований законов, стандартов, правил и норм охраны труда, а также причин невыполнения планируемых мероприятий. Анализируются все учетные и отчетные материалы о несчастных случаях, общих и профессиональных заболеваниях; материалы всех видов контроля состояния охраны труда;

данные санитарно-технических паспортов объектов, рабочих мест, участков и цехов; материалы специальных обследований зданий, сооружений, помещений, оборудования и т. п.

В результате осуществления этой функции разрабатываются предложения, включаемые в текущие и перспективные планы, и осуществляется стимулирование деятельности отдельных служб, подразделений и должностных лиц за достигнутые показатели в области охраны труда.

Отклонения от требований охраны труда устанавливаются с помощью функции контроля, которая подробно рассмотрена в следующем параграфе, а устранение причин отклонений является функцией координации (регулирования).

Координация работ по охране труда осуществляется под руководством главного инженера на всех уровнях управления производственным предприятием (объединением). Содержание этой функции состоит в разработке и выполнении приказов, распоряжений и предписаний, проведении оперативных совещаний и т. п. Оперативные совещания обычно проводятся по программе административно-общественного трехступенчатого контроля как на уровне главного инженера, так и на уровне начальников цехов (отделов) и мастеров участков (смен).

Административно-общественный (трехступенчатый) контроль осуществляется на трех уровнях. На первой ступени контроля мастер совместно с общественным инспектором профгруппы ежедневно проверяют состояние охраны труда на производственном участке. На второй ступени начальник цеха совместно с общественным инспектором цеха и с привлечением специалистов один раз в неделю проверяет состояние охраны труда в цехе. На третьей ступени контроля руководитель предприятия и старший общественный инспектор предприятия (председатель комиссии охраны труда профсоюзного комитета) один раз в месяц проводят совместную проверку состояния условий и охраны труда на предприятии в целом. Результаты каждой проверки, замечания и предложения фиксируются в специальных журналах с указанием сроков устранения выявленных недостатков.

§ 4. Контроль за состоянием охраны труда

Содержанием функции контроля является проверка состояния условий труда работающих, выявление отклонений от требований законодательства о труде, стандартов безопасности труда, правил и норм охраны труда, постановлений директивных органов, а также проверка выполнения службами и подразделениями своих обязанностей в области охраны труда.

Основными видами контроля за состоянием охраны труда являются:

оперативный контроль руководителя работ и других должностных лиц;

административно-общественный (трехступенчатый) контроль;

контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия;

ведомственный контроль вышестоящих органов;

контроль, осуществляемый органами государственного надзора и технической инспекцией труда профсоюзов.

Эффективность контроля зависит от соответствующего метрологического обеспечения, включающего методы и средства (приборы) измерений для контроля параметров опасных и вредных производственных факторов, определения показателей безопасности производственного оборудования и технологических процессов.

Таким образом, за состоянием охраны труда на промышленном предприятии осуществляется надзор и контроль трех видов: государственный, ведомственный и общественный.

Высший государственный надзор за точным исполнением законов о труде всеми министерствами, ведомствами, предприятиями, учреждениями и организациями и их должностными лицами возложен на Генерального Прокурора СССР.

К органам государственного надзора за состоянием охраны труда относятся: Госгортехнадзор СССР, Госатомэнергонадзор СССР, Госсаннадзор, Госэнергонадзор, Госстандарт и др., действующие в соответствии с Положениями об этих органах.

Государственный комитет СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор СССР) осуществляет государственный надзор за:

состоянием безопасности ведения работ в угольной, горнорудной, горно-химической, металлургической, нефте- и газодобывающей промышленности, промышленности минеральных удобрений; при ведении геологоразведочных и других горных работ, подконтрольных Комитету; при строительстве и эксплуатации систем газоснабжения в городах, поселках городского типа и сельской местности, а также при ведении работ на объектах (независимо от ведомственной подчиненности), связанных с транспортированием, хранением и использованием природного и сжиженного газов и на всех взрыво- и пожароопасных химических и нефтехимических производствах;

хранением, использованием и учетом промышленных взрывчатых материалов;

изготовлением, устройством и безопасной эксплуатацией подъемных сооружений; котельных установок и сосудов, работающих под давлением; трубопроводов для пара и горячей воды;

обеспечением рационального, комплексного использования и охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых.

Государственный комитет по надзору за безопасным ведением работ в атомной энергетике (Госатомэнергонадзор СССР) осуществляет надзор за технической безопасностью при сооружении и эксплуатации атомных электростанций, атомных теплоэлектроцентралей, атомных станций теплоснабжения, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок, а также при изготовлении оборудования для них.

Государственный энергетический надзор за выполнением правил безопасности в электрическом и тепловом хозяйстве, на электростанциях, а также надзор за выполнением потребителями электроэнергии действующих правил устройства и эксплуатации всех видов электрооборудования ведет Государственная инспекция по энергетическому надзору Министерства энергетики и электрификации СССР (Главгосэнергонадзор), управления (отделы) по энергонадзору министерств (главных управлений) энергетики и электрификации союзных республик, инспекции Энергосбыта районных энергетических управлений.

Государственный надзор за выполнением требований производственной санитарии (Госсаннадзор) является одной из функций Государственного санитарного надзора Министерства здравоохранения СССР и соответствующих министерств союзных республик. Госсаннадзор возглавляет главный санитарный врач СССР — заместитель Министра здравоохранения СССР — и находящаяся в его подчинении санитарно-эпидемиологическая служба. В составе санитарно-эпидемиологических станций и их лабораторий имеются промышленно-санитарные отделения. В них работают санитарные врачи и врачи-гигиенисты, которые осуществляют предупредительный и текущий санитарный надзор на обслуживаемых ими объектах.

Государственный надзор за внедрением и соблюдением стандартов ССБТ на предприятиях осуществляет Госстандарт через свои территориальные органы (лаборатории государственного надзора, центры стандартизации и метрологии) самостоятельно или совместно с технической инспекцией труда центральных комитетов и советов профсоюзов. Территориальные органы Госстандарта развиваются в настоящее время весьма интенсивно и, обладая хорошей метрологической базой, способны проводить качественный и объективный кон-

троль за внедрением и соблюдением системы стандартов безопасности труда.

Профессиональные союзы в нашей стране осуществляют как государственный надзор, так и общественный контроль за соблюдением законодательства о труде, стандартов, правил и норм по охране труда.

Всесоюзный Центральный Совет Профессиональных Союзов (ВЦСПС) обладает правом законодательной инициативы в высших органах государственной власти СССР. В структуре ВЦСПС имеется отдел охраны труда, подчиняющийся непосредственно Президиуму и Секретариату ВЦСПС. Одной из функций этого отдела является проверка выполнения хозяйственными органами законодательства об охране труда, соответствующих стандартов, правил и норм.

Центральные комитеты профсоюзов совместно с соответствующими ведомствами ведут большую работу по совершенствованию охраны труда. В их ведении находятся техническая и правовая инспекции труда, которые осуществляют государственный надзор за безопасностью труда и соблюдением законодательства по охране труда на подведомственных предприятиях. Кроме того, надзор за состоянием охраны труда осуществляют республиканские, краевые, областные, городские и районные советы профсоюза.

Для координации деятельности органов государственного надзора при советах профсоюзов создаются советы инспекций.

Всем органам государственного надзора и их инспекторам соответствующими Положениями предоставлены большие права. Они имеют право не допускать ввода в эксплуатацию объектов, которые не соответствуют требованиям охраны труда; приостанавливать работу на действующих и строящихся подконтрольных предприятиях; давать предписания о прекращении эксплуатации различных объектов, если они представляют опасность для обслуживающего персонала; делать представления о наложении дисциплинарных взысканий и отстранении от выполняемой работы лиц, систематически нарушающих правила, нормы, стандарты и инструкции; налагать штраф на должностных лиц; расследовать обстоятельства и причины аварий, а также несчастных случаев на подконтрольных предприятиях и т. п.

Внутриведомственный контроль выражается в систематической проверке министерствами и ведомствами соблюдения стандартов, норм и правил охраны труда и трудового законодательства на подчиненных им предприятиях.

Общественный контроль за состоянием охраны труда на предприятии ведут профсоюзные комитеты, при ко-

торых создаются комиссии охраны труда. Эти комиссии предназначены для оказания помощи комитету профсоюза в осуществлении контроля за трудовым законодательством и состоянием охраны труда. На предприятиях, где существует цеховая структура, создаются также цеховые комиссии охраны труда. Возглавляет комиссию охраны труда член комитета профсоюза (цехкома) — старший общественный инспектор по охране труда предприятия (цеха). Председателем комиссии и любым общественным инспектором не может быть представитель администрации.

В системе контроля за состоянием охраны труда важное место принадлежит общественным инспекторам по охране труда, которые должны избираться открытым голосованием в каждой профгруппе. Права и обязанности общественного инспектора по охране труда определены Положением, утвержденным Президиумом ВЦСПС 21 января 1944 г. Общественному инспектору предоставлены большие права: он может посещать в любое время дня и ночи цеха, отделы и другие объекты предприятия; требовать от администрации необходимые документы и объяснения; давать через инспекторов труда или после предварительного с ними согласования обязательные предписания администрации и т. п. Общественные инспекторы, как правило, принимают участие в трехступенчатом контроле. Работа общественных инспекторов является одной из эффективных форм привлечения трудящихся к контролю за выполнением требований безопасности труда. От качества их работы во многом зависит состояние охраны труда на предприятии.

§ 5. Стимулирование работы по охране труда

Моральное и материальное поощрение работников за работу по совершенствованию охраны труда имеет большое значение для повышения эффективности производства, снижения уровня травматизма и заболеваемости, улучшения условий труда.

К формам морального стимулирования можно отнести: присвоение почетного звания «Лучший по профессии» (с учетом соблюдения правил безопасности труда), объявление благодарности, занесение в книгу Почета или на доску Почета, награждение Почетной грамотой, вручение Почетного знака, вымпела, переходящего знамени, присвоение коллективам звания «Лучший цех (участок, бригада) по безопасности труда» и т. п.

Материальное поощрение осуществляется путем выплаты премий за выполнение планов работ по охране труда, за работу без травм и аварий, за победу в социалистическом соревно-

вании по обеспечению безопасности труда и др. Источниками премирования являются фонды заработной платы и материального поощрения.

Для осуществления стимулирования в области охраны труда необходимо иметь показатели для оценки уровня работы по обеспечению безопасности труда в производственных подразделениях и на рабочих местах. Сейчас находят применение такие показатели, как коэффициент соответствия нормам (планам), показатели частоты и тяжести травматизма (см. гл. 3), коэффициент безопасности труда и т. п.¹

Для практической оценки состояния охраны труда на предприятии (в цехе) используется базовый коэффициент $K_{баз}$ ², который представляет собой произведение трех коэффициентов:

$$K_{баз} = K_{пб} K_{тб} K_{нд}$$

где $K_{пб}$ — коэффициент производственной безопасности, характеризующий выполнение работающими норм и правил охраны труда; он представляет собой отношение числа работников, строго соблюдающих требования безопасности, к общему числу рабочих в цехе (на участке); $K_{тб}$ — коэффициент технической безопасности, представляющий собой отношение количества машин, механизмов и других видов оборудования, полностью удовлетворяющих требованиям безопасности, к общему числу единиц оборудования, установленных в цехе (на участке); $K_{нд}$ — коэффициент исполнения дисциплины инженерно-технических работников, который определяется отношением количества выполненных мероприятий по охране труда за месяц (или другой период времени) к общему количеству намеченных мероприятий.

Коэффициент производственной безопасности устанавливается, как правило, инженером службы охраны труда путем проверки выполнения работающими инструкций, правил и норм охраны труда. Коэффициент технической безопасности определяется комиссией, осматривающей оборудование, установленное в цехе (на участке), при этом желательно использовать специально заготовленные на каждую машину карты.

По динамике изменения $K_{баз}$ или других коэффициентов можно судить об уровне и направленности работы по охране

¹ См.: Пыжик Г. М., Савицкий В. Е., Гогизашвили Г. Г. Управление безопасностью труда на предприятии (опыт Львовской области). М. 1982.

² См.: Семенов А. Управлять охраной труда. — Охрана труда и социальное страхование. 1983, № 5, с. 2—4.

труда в цехе (на участке). Можно также планировать рост этих коэффициентов и в зависимости от этого осуществлять моральное и материальное стимулирование (поощрение) коллектива и отдельных работников.

К нарушителям правил и норм охраны труда применяются дисциплинарные и общественные меры воздействия.

Коэффициенты $K_{нб}$ и $K_{тб}$ имеют в некоторой степени субъективный характер, однако практика показала целесообразность их использования.

§ 6. Информация в системе управления охраной труда

Без надлежащей информации об условиях труда на объектах, о качестве (степени) решения задач управления охраной труда, о состоянии нормативной базы и т. п. невозможно функционирование системы управления охраной труда. Информация по количеству и качеству показателей должна быть достаточной для того, чтобы можно было правильно оценить состояние охраны труда всей системы и отдельных ее звеньев с целью принятия правильных решений по устранению отклонений от нормативных требований. Кроме того, информация должна быть дифференцирована по соответствующим уровням (по участкам, цехам, отделам, в целом по предприятию) применительно к конкретной структуре управления производством.

Опыт передовых предприятий показывает, что в качестве информационных показателей целесообразно иметь как конкретные (единичные), так и обобщенные (интегральные) показатели, характеризующие состояние управляемой подсистемы. Такими показателями могут, например, быть показатели соответствия нормам (планам), показатели производственной и технической безопасности и др.

Обязательным компонентом системы управления охраной труда являются средства сбора и регистрации передачи, хранения, обработки и выдачи обработанной информации. Такими средствами могут быть: телефон, телевизор, телетайп, ручные, механизированные и автоматизированные системы обработки данных.

Под *системой обработки данных (СОД)* понимается комплекс взаимосвязанных методов и средств преобразования данных (информации), необходимых для организации управления объектом. В *системах ручной обработки данных (СРОД)* все преобразования данных выполняются вручную человеком без применения каких-либо технических средств. В *механизированных системах обработки данных (МСОД)* для выполнения

ряда процедур используют технические средства. В *автоматических системах обработки данных (АСОД)* все этапы преобразования данных выполняются автоматически, без какого-либо участия человека. Наиболее эффективными являются АСОД, включающие в свой состав ЭВМ.

Автоматизированной системой управления промышленным предприятием (АСУП) называется система управления, применяющая современные автоматические средства обработки данных (ЭВМ, устройств регистрации, накопления и передачи информации) и экономико-математические методы для регулярного решения задач управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия.

Автоматизированная система управления охраной труда (АСУ «Охрана труда») является подсистемой АСУП. Такая подсистема позволяет ускорить прохождение информации, повысить ее достоверность, дает возможность систематически и своевременно устанавливать причину производственного травматизма и заболеваемости, а также разрабатывать эффективные мероприятия по их снижению.

§ 7. Обучение работающих безопасности труда

Главной задачей, направленной на обеспечение здоровых и безопасных условий труда на предприятии, является подготовка человека к трудовой деятельности, выявление его пригодности к избранной или рекомендованной профессии. Имеются данные о том, что травматизм среди рабочих, психологические качества которых соответствуют избранной профессии, на 40–50% ниже, чем среди тех, у которых такого соответствия нет¹.

Профорентация заключается в профессиографической и медицинской консультации с выдачей рекомендации при выборе профессии; профотбор — в выборе кандидатов для конкретного вида деятельности. Для проведения отбора на предприятиях организуются кабинеты по профессиональному отбору и ориентации.

Профессиональному отбору, предварительному и периодическому медицинским осмотрам прежде всего должны подвергаться лица, приступающие к работам с вредными условиями труда, повышенными физическими и эмоциональными нагрузками.

Подготовка человека к трудовой деятельности не ограничи-

¹ См.: Панов Г. Е. Охрана труда при разработке нефтяных и газовых месторождений. М., 1982.

вается медицинским освидетельствованием и профессиональным отбором. Следующим этапом такой подготовки является обучение работающих безопасности труда. Такое обучение проводится на всех предприятиях независимо от характера и степени опасности производства при:

- подготовке новых рабочих (вновь принятых рабочих, не имеющих профессии или меняющих профессию);
- проведении различных видов инструктажа;
- повышении квалификации.

Общие положения по организации обучения работающих безопасности труда изложены в ГОСТ 12.0.004—79 «ССБТ. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения».

Обучение безопасности труда новых рабочих проводится при их профессионально-техническом обучении. Степень усвоения знаний по безопасности труда проверяется при сдаче обучающимся экзамена квалификационной комиссии.

На администрацию предприятия возлагается также проведение инструктажа работающих, который по характеру и времени проведения подразделяется на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий.

Вводный инструктаж проводит инженер по охране труда или лицо, на которое возложены его обязанности, со всеми поступающими на работу независимо от их образования и стажа работы, а также с командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику. Программа инструктажа разрабатывается с учетом требований стандартов ССБТ и особенностей производства. Она должна быть утверждена руководителем предприятия и согласована с профсоюзным комитетом. О проведении вводного инструктажа и проверке знаний делается запись в специальном журнале (личной карточке инструктажа) с обязательными подписями инструктирующего и инструктируемого.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит индивидуально непосредственный руководитель работ со всеми рабочими, командированными, учащимися и студентами, впервые приступающими к данному виду работы, а также со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующего предприятия. Основой инструктажа являются инструкции, разработанные для отдельных профессий или видов работ с учетом требований стандартов ССБТ и других необходимых данных. После инструктажа и проверки знаний рабочие в течение 2...5 смен (в специальных случаях и больше) выполняют работу под наблюдением мастера или бригадира, после чего оформляется допуск их к само-

стоятельной работе, делается запись в специальном журнале (личной карточке инструктажа) с обязательной подписью инструктирующего.

К ряду профессий (например, электромонтера) предъявляются повышенные требования с точки зрения обеспечения безопасности труда. Рабочие таких профессий перед первичным инструктажем на рабочем месте проходят специальное обучение по программам, утвержденным министерствами и согласованным с соответствующими ЦК профсоюза и органами государственного надзора. Ряд работников предприятия, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением материалов и сырья, освобождаются от первичного инструктажа на рабочем месте. Список профессий таких работников утверждает руководитель предприятия после согласования с профсоюзными комитетами.

Повторный инструктаж проводят со всеми работниками, проходящими первичный инструктаж, с целью проверки и повышения уровня их знаний по охране труда. Его проводят систематически через определенный промежуток времени, но не реже чем через шесть месяцев.

Необходимость во внеплановом инструктаже возникает при изменении правил по охране труда, при разного рода изменениях в обслуживаемых объектах, при нарушении работниками инструкций по охране труда, после травмы, аварии, взрыва или пожара, перед началом работы после длительного перерыва (30 или 60 календарных дней в зависимости от степени опасности выполняемой работы).

Текущий инструктаж проводят с работниками перед выполнением работ, на которые должен оформляться наряд-допуск. О проведении такого инструктажа должна быть сделана запись в наряде-допуске.

Обучение безопасности труда *при повышении квалификации* проводится как для рабочих, так и для инженерно-технических работников (ИТР). Рабочие могут повышать свои знания по охране труда на курсах повышения квалификации и на специальных курсах по охране труда. Усвоение знаний по безопасности труда проверяется во время сдачи квалификационных экзаменов. Инженерно-технические работники повышают свои знания по безопасности труда, обучаясь на специальных курсах по охране труда, в институтах, на курсах и факультетах повышения квалификации. Программы, по которым производится обучение, утверждаются отраслевым министерством после согласования с соответствующим ЦК профсоюза. После обучения предусматривается проверка знаний по вопросам охраны

труда. Такое обучение ИТР должно проводиться не реже чем через каждые шесть лет.

Для проведения вводного инструктажа и пропаганды охраны труда на предприятиях организуются стационарные и передвижные кабинеты охраны труда. Устройство этого кабинета должно соответствовать Типовому положению о кабинете охраны труда, утвержденному Госкомтрудом СССР и ВЦСПС 8 июня 1978 г. Кабинеты оснащаются необходимыми наглядными пособиями, литературой, техническими средствами обучения, действующими моделями и управляемыми схемами.

От эффективности обучения работников безопасности труда в большой степени зависит профилактика травматизма на предприятии, поэтому на решение этой задачи должно обращать большое внимание.

Неотъемлемой частью этой работы является пропаганда охраны труда. Задачи пропаганды: побуждать и постоянно поддерживать интерес к охране труда; убеждать работающих в необходимости того или иного мероприятия по охране труда; воспитывать сознательное отношение к мероприятиям по охране труда; популяризировать новые средства обеспечения безопасности труда.

Правильно организованная пропаганда должна постоянно напоминать работникам о потенциально опасных и вредных производственных факторах на рабочих местах и о том, как следует вести себя, чтобы предупредить несчастный случай.

Для осуществления пропаганды используются разнообразные формы, методы и средства. Формами осуществления пропаганды являются конференции, совещания, семинары, школы передового опыта, радио- и телепередачи, экскурсии, выставки, кинодни и т. п. Методами пропаганды (приемами передачи информации) являются рассказ или показ; демонстрация натуральных образцов, передовых приемов труда и т. п.

В качестве средств пропаганды используются лекции, беседы, книги, плакаты, магнитофильмы и другие технические средства статического и динамического показа. Одним из самых популярных средств пропаганды является кино. Ежегодно на экраны нашей страны выходит более 50 учебно-инструктивных, научно-популярных и документальных, художественно-игровых и агитационно-пропагандистских фильмов и свыше 40 диафильмов по тематике охраны труда.

Глава 6

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА

§ 1. Экономическое значение мероприятий по улучшению условий и охране труда

Задачи коммунистического строительства в настоящее время требуют усиления экономического анализа всех сторон деятельности нашего общества. Всюду, где возможно, необходимо более эффективно использовать производственный и научно-технический потенциал, материальные и трудовые ресурсы.

Огромные средства, которые наша страна выделяет на улучшение условий труда, разработку и осуществление мероприятий по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, кроме большого социального эффекта имеют и экономические результаты, выражающиеся в увеличении периода профессиональной активности трудящихся; росте производительности труда; сокращении потерь, связанных с травматизмом, профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемостью; уменьшении текучести кадров; сокращении затрат на льготы и компенсации.

Увеличение периода профессиональной активности обусловлено тем, что улучшение условий труда сохраняет здоровье трудящегося человека, продлевает жизнь и соответственно удлиняет период его профессиональной активности. В настоящее время вопрос этот приобрел большую актуальность в связи с недостатком трудовых ресурсов. К началу 1984 г. численность лиц, получающих пенсию, достигла 53,3 млн. человек, что составляет 19,47% всего населения¹. Поэтому большое народнохозяйственное значение имеет использование остаточной трудовой активности пенсионеров по старости и инвалидов.

Неудовлетворительные условия труда приводят к тому, что определенное число работников заканчивает трудовую деятельность ранее наступления пенсионного возраста или меняет место работы. Наиболее низок процент занятости лиц старших возрастных групп в промышленности, строительстве, на автомобильном и железнодорожном транспорте, т. е. там, где ощущается наибольший дефицит рабочей силы.

Условия труда сильно влияют на повышение производительности труда. При благоприятных условиях труда

¹ См.: СССР в цифрах в 1983 году: Крат. стат. сб./ЦСУ СССР. М., 1984.

работоспособность человека повышается, так как отсутствует необходимость в затрате сил на защиту организма от воздействия опасных и вредных производственных факторов. Кроме того, повышается эффективность использования рабочего времени за счет снижения потерь рабочих дней, вызванных временной нетрудоспособностью работников.

По имеющимся данным, рациональный комплекс мероприятий, направленных на улучшение условий труда, может обеспечить прирост производительности труда на 15...20% и более¹. Многочисленные исследования свидетельствуют о большом влиянии освещенности рабочих мест на производительность труда. Например, солнечное освещение увеличивает производительность труда на 10%, создание рационального искусственного освещения — на 6...13%, при этом в некоторых производствах происходит сокращение брака, достигающее 25%. Правильная организация рабочего места увеличивает производительность труда на 21%, продуманное использование музыки — на 12...14%, рациональная окраска помещений — на 25% и т. п.

Производственный шум, превышающий допустимые уровни, снижает производительность труда на 3...15 и даже 20% в зависимости от его уровня, вида выполняемой работы и других факторов. Чем напряженнее труд, тем сильнее отрицательное влияние шума на его производительность.

Производительность труда резко падает при высокой температуре воздуха в помещении, составляя при 26...30°C всего 20...50% от ее уровня при 18°C. Имеются данные о том, что к концу рабочей смены работоспособность у рабочих основных цехов металлургических производств падает на 30% при одновременном возрастании числа травм. При этом, если работоспособность при 18...20°C принять за 100%, то при 30°C она составит всего 60%.

Для повышения работоспособности наряду с улучшением условий труда большое значение имеет установление рациональных, научно обоснованных режимов труда и отдыха.

Увеличение эффективного фонда рабочего времени может быть достигнуто сокращением временной нетрудоспособности работников, вызванной различными заболеваниями и травмами. Анализ данных об использовании фонда рабочего времени на одного рабочего в целом по промышленности

¹ Здесь и далее приводятся данные, взятые из обзорной информации ВЦНИИОТ ВЦСПС «Социально-экономические проблемы охраны труда» (М., 1980).

показывает, что в общем числе потерянных рабочих дней (целодневных потерь) неявки по болезни составляют 60...80%¹.

Улучшение условий труда, внедрение мероприятий по обеспечению безопасности труда приводит к снижению травматизма и профессиональной заболеваемости, к уменьшению числа общих заболеваний и их продолжительности. Уменьшение средней длительности временной нетрудоспособности только на один день сохраняет для народного хозяйства страны (без сельского хозяйства) дополнительно 68,58 млн. рабочих дней, что означает увеличение национального дохода на 678,4 млн. руб. в год и сокращение расходов по бюджету социального страхования на 274,32 млн. руб.².

Потери рабочего времени из-за временной нетрудоспособности на разных предприятиях различны и составляют примерно 2,5% годового фонда рабочего времени на предприятиях с хорошими условиями труда и 5...10% на предприятиях с неудовлетворительными условиями.

В обзорной информации ВЦНИИОТ ВЦСПС приведены данные о том, что по ряду экспертных оценок заболеваемость работающего населения нашей страны (включая профессиональные и производственно-обусловленные заболевания, вызывающие временную нетрудоспособность и не сопровождающиеся ею, их осложнения и отдаленные последствия, в том числе инвалидность) примерно на 25...30% связана с неблагоприятными условиями труда.

К потерям рабочего времени приводят и микротравмы, не вызывающие временную нетрудоспособность. При любой микротравме теряется 1,5...2 ч рабочего времени.

Улучшение условий труда и внедрение мероприятий по обеспечению его безопасности приводит к сокращению профессиональной, производственно-обусловленной заболеваемости и производственного травматизма, увеличивает эффективный фонд рабочего времени, приводя тем самым к существенному экономическому эффекту.

Улучшение условий труда сокращает текучесть кадров. Многочисленные социологические исследования последних лет показывают, что неблагоприятные условия труда играют значительную роль в решении работников поменять место работы. Число увольняющихся по причине неудовлетворенности условиями труда колеблется в зависимости от отрас-

¹ См.: Макушин В. Г. Совершенствование условий труда на промышленных предприятиях. М., 1981.

² См.: Шахгельдянц А. Е. Лечебно-профилактическая помощь рабочим промышленных предприятий. М., 1978.

ли народного хозяйства и профессии, составляя, по данным НИИ труда, в среднем по промышленности примерно 20%, а в строительстве — более 25%.

По расчетам НИИ труда, экономический ущерб, причиняемый текучестью кадров, в связи с ростом производительности труда и повышением уровня квалификации работников становится все более ощутимым. В 1960 г. один случай перемены рабочим промышленности места работы наносил ущерб 576 руб., в 1965 г. — 723 руб., в 1970 г. — 957 руб., в 1972 г. — более 1000 руб., в 1980 г. — 3500 руб.

Снижение текучести в промышленности на 1% равнозначно уменьшению экономического ущерба на 223,7 млн. руб. в год. Соответственно снижение текучести рабочей силы на 1%, связанной с неудовлетворительными условиями труда, снижает ущерб на 45,9 млн. руб.

Еще одним резервом экономии материальных средств, связанных с улучшением условий труда, является сокращение затрат на льготы и компенсации работающим во вредных условиях.

В настоящее время в нашей стране широко применяется система предоставления льгот и компенсаций лицам, занятым на работах с вредными и тяжелыми условиями труда. Сюда входит: сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск от 6 до 36 дней, лечебно-профилактическое питание, повышенные тарифные ставки, пенсии на льготных условиях (снижение на 5 или 10 лет пенсионного возраста, уменьшение требуемого стажа работы для назначения пенсии, увеличение ее размера). Сюда же можно отнести и бесплатную выдачу работающим средств индивидуальной защиты.

На предоставление льгот и компенсаций государство расходует огромные средства, которые значительно превосходят расходы на осуществление мероприятий по улучшению условий труда. Как правило, затраты на льготы и компенсации связаны с недостатками в разработке и внедрении мероприятий по улучшению условий труда.

Главной целью мероприятий по улучшению условий труда и обеспечению его безопасности является достижение социального эффекта, заключающегося в укреплении здоровья трудящегося человека, развитии его личности, повышении работоспособности, интереса к выполняемой работе и, в конечном счете, в превращении труда в первейшую жизненную потребность. В то же время осуществление мероприятий по охране труда на промышленных предприятиях приводит к определенному экономическому эффекту.

Понимание этих обстоятельств обусловило растущее в по-

следнее время внимание к вопросу количественной оценки экономической эффективности мероприятий по охране труда.

За последние годы предложено большое количество методик по определению экономической эффективности различных частных мероприятий по охране труда. Все эти методики имеют общие основы и предназначены для решения двух типов задач: определения экономического ущерба, причиняемого предприятию и обществу в целом производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемостью, производственным травматизмом, текучестью рабочей силы и др.; расчета экономической эффективности мероприятий по улучшению условий труда.

Методики по определению ущерба от травматизма и заболеваемости отличаются друг от друга полнотой учета потерь¹.

Например, согласно методическим рекомендациям ГипроНИИполиграфа материальный ущерб предприятий от производственного травматизма складывается из суммы затрат предприятия, профсоюзов и лечебных учреждений.

Ущерб предприятия (или отрасли народного хозяйства), на котором произошел несчастный случай, может быть оценен через следующие показатели (руб.): потери из-за простоев технологического оборудования при нетрудоспособности персонала; потери дохода предприятия из-за снижения объема выпускаемой продукции; расходы на восстановление и ремонт оборудования, транспортных средств и др.; издержки производства в результате брака; расходы по заработной плате трудящимся, принимавшим участие в спасении и оказании первой помощи пострадавшему и в ликвидации последствий несчастного случая; расходы, связанные с расследованием несчастного случая, с приглашением экспертов, технической инспекции профсоюзов и с привлечением специализированных лабораторий; потери от снижения производительности труда после возвращения пострадавшего на производство; расходы, связанные с подбором и дополнительным обучением рабочего, заменяющего пострадавшего; дополнительные оплаты сверхурочных работ, связанных с ликвидацией аварий и их последствий, а также с заменой пострадавшего; выплаты зарплаты пострадавшему за время, которое он не доработал в день несчастного случая; до-

¹ См.: Методические рекомендации по определению материальных последствий от производственного травматизма и профессиональной заболеваемости /Никитин В. С., Самолдин А. А., Скворцова А. П. и др. — В кн.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., 1977, вып. 106, с. 90—97; Экономическая эффективность мероприятий по охране труда (методические рекомендации по расчетам). М., 1976.

плата разницы при переводе пострадавшего на временную нижеоплачиваемую работу до восстановления здоровья или ухода на пенсию; выплата выходного пособия пострадавшему при переводе его на инвалидность или семье пострадавшего в случае его смерти; регрессионный иск профсоюза по несчастному случаю; единовременные пособия пострадавшему или его семье из фонда предприятия; расходы, связанные с погребением; выплатой единовременного пособия семье погибшего, оплату проезда родных, прибывших на похороны.

Расходы профсоюзной организации и лечебных учреждений характеризуются следующими показателями (руб.): оплата пострадавшему больничного листа; стоимость амбулаторного лечения (в среднем стоимость одного посещения для государства составляет 81 коп.); стоимость лечения в больнице; стоимость санаторно-курортного лечения; выплата пострадавшему пенсии согласно действующему законодательству; оплата лекарств при оказании первой помощи; расходы на единовременное пособие пострадавшему или его семье, на похороны, на бесплатное протезирование и др.; дополнительные расходы (например, при посещении пострадавшего в больнице или на дому и др.).

Одна из первых методик по определению экономической эффективности мероприятий по улучшению условий труда была разработана О. А. Афоной и А. В. Копыловым¹. По этой методике народнохозяйственный экономический эффект от реализации мероприятий по улучшению условий труда предлагалось определять как сумму хозрасчетного и социального эффектов, выраженных в денежной форме. Хозрасчетный эффект вычисляется через показатели повышения производительности труда или показатели улучшения использования производственных фондов. Социальный эффект от внедрения мероприятий по улучшению условий труда определяется как экономия денежных средств на оплату пенсий и пособий, выплат по листкам нетрудоспособности и т. п. в связи с уменьшением потерь рабочего времени по болезни, а также как условная экономия денежных средств на подготовку кадров в народном хозяйстве в связи с повышением трудовой дееспособности работников.

В 1979 г. НИИ труда совместно с другими организациями разработал межотраслевые методические рекомендации «Определение эффективности мероприятий по улучшению условий труда»². Методика построена на принципе сопоставления усло-

¹ См.: Афоина О. А., Копылов А. В. Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий труда. М., 1969.

² См.: Макушин В. Г. Совершенствование условий труда на промышленных предприятиях (социально-экономические проблемы). М., 1981.

вий труда и последствий их влияния на работоспособность и здоровье человека до и после внедрения мероприятий, направленных на улучшение условий труда. Экономический эффект при этом достигается благодаря:

повышению производительности труда за счет увеличения работоспособности и снижения утомления из-за улучшения условий труда;

снижению трудоемкости продукции вследствие уменьшения непроизводительных затрат труда на рабочем месте (лишние движения и усилия);

увеличению эффективного фонда рабочего времени вследствие сокращения целодневных потерь, вызванных временной нетрудоспособностью из-за производственных травм, профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний;

повышению эффективности использования оборудования из-за сокращения внутрисменных и целодневных потерь рабочего времени.

Годовой экономический эффект определяется путем сопоставления полученной экономии с приведенными затратами на осуществление мероприятий.

Наиболее полная и совершенная методика определения социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда разработана в 1985 г. ВЦНИИОТ ВЦСПС (руководитель работ к. э. н. Т. Н. Антоненко), Институтом экономики АН СССР, НИИ труда Госкомтруда СССР и рядом других организаций¹.

С помощью этих методических рекомендаций можно проводить комплексную оценку социальной и экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда.

Дальнейшее рассмотрение материала в этой главе основано на этом документе

§ 2. Показатели эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда

К мероприятиям по улучшению условий и охране труда относятся все виды хозяйственной деятельности, направленные на предупреждение, ликвидацию или снижение отрицательного воздействия вредных и опасных производственных факторов на

¹ Методические рекомендации по комплексной оценке социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда М., ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1985.

работающих. Эти мероприятия могут быть одноцелевыми и многоцелевыми. Одноцелевые мероприятия направлены полностью или главным образом на улучшение условий и охрану труда. Многоцелевые мероприятия одновременно с улучшением условий труда и повышением уровня его безопасности приводят к улучшению результатов производственной деятельности предприятий. К таким мероприятиям относятся, например, автоматизация управления технологическими процессами, механизация ручных работ, внедрение новых более совершенных машин и механизмов и т. п.

Для оценки результатов мероприятий по улучшению условий и охране труда в настоящее время предложены четыре группы показателей: изменения состояния условий труда; социальные; социально-экономические; экономические.

Изменение состояния условий труда на рабочих местах оценивается: повышением уровня безопасности труда, улучшением санитарно-гигиенических показателей, улучшением психофизиологических показателей, улучшением эстетических показателей.

Повышение уровня безопасности труда характеризуется увеличением количества машин, механизмов и производственных помещений, приведенных в соответствие с требованиями стандартов безопасности труда и строительных норм и правил.

Улучшение санитарно-гигиенических показателей характеризуется уменьшением содержания в воздухе вредных веществ, улучшением микроклимата, снижением уровней шума и вибрации, инфразвуковых и ультразвуковых колебаний, ионизирующих и электромагнитных излучений, ультрафиолетовой и инфракрасной радиации; улучшением освещенности.

Улучшение психофизиологических показателей характеризуется снижением повышенных физических и нервно-психических нагрузок, в том числе и монотонности труда.

Улучшение эстетических показателей характеризуется рационализацией компоновки рабочих мест и машин; благоустройством помещений и территории предприятия, цветовой отделкой оборудования и интерьеров и др.

Изменение состояния производственной среды по перечисленным факторам может оцениваться разностью их абсолютных величин до и после внедрения мероприятий, а также сопоставлением относительных показателей, характеризующих степень соответствия тех или иных факторов предельно допустимым концентрациям (ПДК), предельно допустимым уровням (ПДУ) или заданным уровням. Комплексная оценка состояния условий труда производится по приросту рабочих мест, на которых условия труда в комплексе приведены в соответствие с нормативными требованиями.

Социальные результаты осуществления мероприятий по улучшению условий и охране труда определяются как разность натуральных величин до и после внедрения мероприятий по следующим показателям:

увеличение числа работников, рабочие места которых соответствуют по условиям труда нормативным требованиям, или сокращение несоответствующих рабочих мест (как по отдельным факторам, так и в комплексе);

сокращение производственного травматизма;

снижение профессиональной и общей заболеваемости, вызванной неблагоприятными условиями труда;

снижение текучести кадров, связанной с неудовлетворенностью условиями труда.

Для оценки социальных результатов могут применяться и другие показатели, такие, например, как степень удовлетворенности трудом, повышение престижности профессий, но только после того, как будут разработаны методы их достоверной количественной оценки.

Некоторые социальные результаты могут быть выражены через экономию рабочего времени и в денежной форме. Такие показатели имеют двойственную природу, являясь социально-экономическими.

Социально-экономические результаты выражаются в виде экономии или предотвращения потерь живого и овеществленного труда в народном хозяйстве, на предприятиях и в сфере личного потребления.

При оценке социально-экономических результатов необходим народно-хозяйственный подход, что означает возможно более полный охват всех социальных и экономических результатов в разных сферах народного хозяйства, а также учет факторов времени при оценке затрат и результатов мероприятий.

Экономические результаты определяются путем расчета трех основных показателей: чистого экономического эффекта, общей экономической эффективности и сравнительной экономической эффективности.

Показатель чистого экономического эффекта представляет собой разницу между приведенными к годовой соразмерности экономическими результатами реализованных мероприятий и затратами на их осуществление. Он рассчитывается во всех случаях экономического обоснования мероприятий и используется для: обоснования ожидаемого (расчетного) эффекта научных и проектных решений по улучшению условий и охране труда; выбора наиболее эффективного из двух или нескольких вариантов мероприятий, различающихся по своему воздействию на показатели производственной среды, а также по

своим социальным и экономическим результатам; экономической оценки фактически осуществленных мероприятий, в частности в целях установления размеров материального поощрения работников предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций за работу в области улучшения условий и охраны труда.

Показателем общей экономической эффективности является отношение экономических результатов к затратам. Он рассчитывается во всех случаях экономического обоснования мероприятий и используется для установления народнохозяйственных результатов затрат на улучшение условий и охрану труда; выявления динамики эффективности затрат; сравнительного анализа эффективности затрат на различных предприятиях, в отраслях народного хозяйства и регионах; сравнения ожидаемой (расчетной) и фактической эффективности затрат с утвержденными нормативами.

Показатель сравнительной экономической эффективности двух мероприятий определяется в виде разницы приведенных затрат на эти мероприятия с учетом фактора времени. Он рассчитывается в тех случаях, когда сравниваемые варианты обеспечивают достижение одинакового качества производственной среды и тождественны по своим социальным и экономическим результатам. На основе этого показателя должен производиться выбор варианта мероприятий, обеспечивающего достижение требуемого состояния производственной среды с минимальными затратами.

Для экономического обоснования мероприятий по улучшению условий и охране труда необходимо:

произвести выбор исходных данных об изменении состояния производственной среды, достигнутых социальных результатов, технико-экономических показателей предприятия (отрасли) по базовому и внедряемому вариантам;

определить затраты на реализацию мероприятий;

рассчитать социальную и социально-экономическую эффективность мероприятий;

рассчитать полный экономический эффект, т. е. экономические результаты осуществления мероприятий;

вычислить показатели чистого экономического эффекта, общей и сравнительной эффективности.

§ 3. Затраты на мероприятия по улучшению условий и охране труда

Одной из первых задач при экономическом обосновании мероприятий по улучшению условий и охране труда является опре-

деление затрат на реализацию мероприятий, которые включают капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

К капитальным вложениям относятся единовременные затраты, используемые на создание основных фондов для улучшения условий и охраны труда, состав которых соответствует основным направлениям производимых или планируемых мероприятий, а также на совершенствование техники и технологии в целях улучшения условий труда и обеспечения его безопасности.

К эксплуатационным расходам относятся: текущие затраты на содержание и обслуживание основных фондов; дополнительные текущие затраты на содержание и обслуживание основного технологического оборудования, вызванные его совершенствованием в целях улучшения условий труда и предотвращения травматизма; затраты на проведение мероприятий по охране труда за счет цеховых и общезаводских расходов.

Определенные трудности возникают при определении доли капитальных вложений и эксплуатационных расходов, связанных с улучшением и охраной труда, если осуществляемые мероприятия имеют многоцелевую направленность. Доля затрат в этом случае рассчитывается с использованием данных о стоимости соответствующих работ в проектах-аналогах, укрупненных расценках, нормативов затрат.

При сравнении между собой кратковременных мероприятий или долговременных с примерно равными значениями годовых эксплуатационных расходов и капитальных вложений по годам расчетного периода затраты на их осуществление определяются по выражению

$$З = С + E_n K$$

где C — эксплуатационные расходы на мероприятия по улучшению условий и охране труда, руб./год; K — капитальные вложения, предназначенные на улучшение условий и охрану труда, руб.; E_n — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, 1/год. 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. В связи с тем что главной целью мероприятий по улучшению условий и охране труда является сохранение здоровья трудящихся и создание предпосылок для превращения труда в первейшую жизненную потребность чело-

века, нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности для мероприятий по улучшению условий и охране труда устанавливается равным 0,08. Этим стимулируется внедрение крупных мероприятий, направленных на коренное улучшение условий и охраны труда.

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

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

где K_t — капитальные вложения в мероприятие в t -году, руб.; C_t — годовые эксплуатационные расходы в t -м году, руб.; $E_{\text{ин}}$ — 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 (года, пятилетки), в котором будут осуществляться данные мероприятия по всем сравниваемым вариантам); t_0 , T — соответственно год начала и год окончания отчетного (планового) периода.

Затраты предприятий на осуществление организационно-технических и санитарно-оздоровительных мероприятий по охране труда осуществляются в плановом порядке в соответствии с планом номенклатурных мероприятий, включаемых в коллективный договор.

До 1970 г. средства, выделяемые на номенклатурные мероприятия по охране труда, учитывались на предприятии в основном по разделам: техника безопасности, вентиляция, санитарно-бытовые устройства. В 1970 г. была утверждена «Типовая номенклатура мероприятий по охране труда», и затраты стали учитываться по трем разделам: а) на предупреждение несчастных случаев, б) на предупреждение заболеваемости, в) на общее улучшение условий труда. Такое разделение часто вносило путаницу, так как расходы на одно и то же мероприятие можно было отнести к любой из групп.

В настоящее время на каждые пять лет Президиум ВЦСПС утверждает «Номенклатуру мероприятий по охране труда», в которой содержится перечень мероприятий, осуществление которых улучшает состояние охраны труда. Номенклатура предназначена для своевременного планирования, целевого

финансирования и контроля обязательного осуществления мероприятий по охране труда.

Министерства и ведомства с целью учета специфических особенностей производства обычно разрабатывают и согласовывают с соответствующими ЦК профсоюза отраслевую номенклатуру мероприятий по охране труда, а также ежегодно утверждают мероприятия по охране труда, разработанные подведомственными предприятиями на основе отраслевой номенклатуры.

В этот план номенклатурных мероприятий по охране труда не должны включаться мероприятия, вызываемые производственной необходимостью и одновременно улучшающие охрану труда (внедрение нового оборудования, автоматизация и механизация технологических процессов и т. п.).

Финансирование номенклатурных мероприятий по охране труда осуществляется предприятиями и организациями за счет следующих средств:

цеховых и общепроизводственных (эксплуатационных) расходов (накладных расходов в строительных организациях и на стройках, осуществляемых хозяйственным способом), если мероприятия носят некапитальный характер;

сметы расходов бюджетных организаций и учреждений, если мероприятия носят некапитальный характер. Расходы, необходимые для создания здоровых и безопасных условий труда при выполнении хозяйственных научно-исследовательских работ, предусматриваются в плановых калькуляциях (сметах) затрат на эти работы;

амортизационного фонда, предназначенного на капитальный ремонт, если мероприятия проводятся одновременно с капитальным ремонтом основных средств;

банковского кредита, если мероприятие входит в комплекс кредитуемых банком затрат по внедрению новой техники или расширению производства;

государственных капитальных вложений, включая фонд развития производства, если мероприятия являются капитальными.

Определенную часть средств, но не менее 5% от стоимости мероприятий по охране труда, финансируемых за счет эксплуатационных расходов, предприятия, организации ежегодно отчисляют в фонд министерства (ведомства) для финансирования мероприятий по охране труда, проводимых в масштабе отрасли (проведение научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, разработка типовых инструкций, отраслевых стандартов, правил, создание кинофильмов по охране труда и т. п.).

Денежные средства и материальные ресурсы, предназначенные для выполнения конкретных мероприятий по охране труда, не разрешается использовать на другие цели.

Кроме номенклатурных мероприятий, включаемых в коллективный договор, каждое предприятие расходует средства и на такие мероприятия, связанные с охраной труда, как обеспечение рабочих и служащих спецодеждой, спецобувью и другими предохранительными приспособлениями; на эксплуатацию этих средств; на лечебно-профилактическое питание, моющие и обезжиривающие средства; на содержание спецподразделений, кабинетов по охране труда; на улучшение медобслуживания, приобретение медикаментов, инвентаря для здравпунктов; на содержание профилакториев и т. п. Эта группа расходов отражается на себестоимости продукции.

§ 4. Методы оценки социальной и социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда

Для оценки социального эффекта от внедрения мероприятий по улучшению условий и охране труда могут быть использованы следующие социально-экономические показатели.

1. *Сокращение числа рабочих мест, не соответствующих нормативным требованиям санитарно-гигиенических условий труда:*

$$\Delta K_{сг} = \mathcal{E}_{сгм} / \mathcal{C}_{рм}$$

где $\mathcal{E}_{сгм}$ — социальный эффект от улучшения санитарно-гигиенических условий труда по всем показателям, перечисленным в § 2, определяемый как прирост после внедрения мероприятий числа рабочих мест, на которых условия труда в комплексе соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям; $\mathcal{C}_{рм}$ — общее число рабочих мест.

2. *Сокращение численности рабочих, находящихся в условиях, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам:*

$$\Delta \mathcal{C}_{сг} = \mathcal{E}_{сгр} / \mathcal{C}_р$$

где $\mathcal{E}_{сгр}$ — социальный эффект от улучшения санитарно-гигиенических условий труда, рассчитываемый по всем показателям, перечисленным в § 2, и определяемый как прирост числа рабочих, у которых условия труда соответствуют нормативам; $\mathcal{C}_р$ — общая численность рабочих.

3. Увеличение количества машин, механизмов и производственных помещений, приведенных в соответствие с требованиями ССБТ, СНиП и других нормативно-технических документов:

$$\Delta K_{м.п} = \mathcal{E}_{м.п} / \mathcal{C}_{м.п}$$

где $\mathcal{E}_{м.п}$ — социальный эффект от увеличения количества и удельного веса машин, механизмов, производственных помещений, приведенных в соответствие с нормативными требованиями; $\mathcal{C}_{м.п}$ — общее число машин, механизмов, помещений.

4. Сокращение производственного травматизма:

$$\Delta K_q = \mathcal{E}_q / \mathcal{C}_p; \quad \Delta K_T = \mathcal{E}_T / N_T$$

где ΔK_q — снижение частоты травматизма; ΔK_T — снижение тяжести травматизма; \mathcal{E}_q , \mathcal{E}_T — социальный эффект от уменьшения числа случаев и тяжести травматизма, рассчитывается как разность этих показателей до и после внедрения мероприятий; N_T — число травм в отчетном (базовом) году.

5. Сокращение заболеваемости:

$$\Delta K_{с.з} = \mathcal{E}_z / \mathcal{C}; \quad \Delta K_{т.з} = \mathcal{E}_{т.з} / N_{с.з}$$

где $\Delta K_{с.з}$ — уменьшение числа случаев заболевания с временной утратой трудоспособности из-за неблагоприятных условий труда; $\Delta K_{т.з}$ — снижение продолжительности заболеваний; \mathcal{E}_z и $\mathcal{E}_{т.з}$ — социальный эффект от уменьшения числа случаев и длительности болезней; $N_{с.з}$ — число случаев заболеваний в отчетном (базовом) году.

6. Сокращение числа случаев выхода на инвалидность вследствие травмы или заболевания:

$$\Delta \mathcal{C}_и = \mathcal{E}_и / \mathcal{C}_p$$

где $\Delta \mathcal{C}_и$ — число лиц, получивших инвалидность; \mathcal{C}_p — общее число работников; $\mathcal{E}_и$ — социальный эффект, достигнутый за счет сокращения инвалидности (разность относительного числа работников, получивших инвалидность до и после внедрения мероприятий).

7. Сокращение текучести кадров из-за неблагоприятных условий труда:

$$K_{тек} = \mathcal{E}_{тек} / \mathcal{C}_p$$

где $\mathcal{E}_{\text{тек}}$ — социальный эффект, проявляющийся в сокращении числа случаев увольнения по собственному желанию в связи с неблагоприятными условиями труда.

8. Экономия рабочего времени в связи со снижением текучести кадров в расчете на одного работника:

$$\Delta K_{p,t} = \mathcal{E}_{c.z.k} / \mathcal{U}_p,$$

где $\mathcal{E}_{c.z.k}$ — социально-экономический эффект от сокращения потерь рабочего времени в связи с текучестью кадров.

Социальный эффект по этим показателям рассчитывается как разница показателей до и после проведения мероприятий, как это указано в методических рекомендациях*.

§ 5. Методы экономической оценки народнохозяйственных социальных результатов улучшения условий и охраны труда

По методике экономическая оценка народнохозяйственных социальных результатов производится только для сферы материального производства с использованием следующих формул.

1. Прирост объема нормативной чистой продукции, обусловленный сокращением социальных потерь общества в связи с заболеваемостью, травматизмом, текучестью кадров из-за неблагоприятных условий труда:

$$\mathcal{E}_1^m = \sum_{m=1}^n \Delta B_m \cdot \text{НЧП}_m,$$

где ΔB_m — прирост выпуска m -го вида продукции; НЧП_m — норматив чистой продукции m -го вида, руб. /натуральная единица; m — вид продукции, $m = 1, 2, 3, \dots, n$;

$$\Delta B_m = (D_1 - D_2) V_p,$$

где D_1, D_2 — общее количество дней, потерянных в связи с заболеваниями, травматизмом и текучестью кадров из-за неблагоприятных условий труда до и после проведения мероприя-

* Методические рекомендации по комплексной оценке социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда. М., ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1985.

тий, чел.-дни; V_p – средняя выработка на одного рабочего в натуральных единицах.

2. *Снижение себестоимости и рост прибыли за счет экономии на подготовку и переподготовку рабочих кадров в связи с заменой работников, получивших травмы, заболевших и выбывших по причине текучести кадров:*

$$\mathcal{E}_2^m = \mathcal{C}_{пп} Q_{пп} + \mathcal{C}_o Q_o,$$

где $\mathcal{C}_{пп}$ – уменьшение числа работников, нуждающихся в переквалификации по причине заболеваний и травм в связи с условиями труда, чел./год; $Q_{пп}$ – средние по отрасли затраты на переквалификацию работника, руб./чел.; \mathcal{C}_o – уменьшение количества работников, принимаемых взамен выбывших и нуждающихся в обучении, чел./год; Q_o – средние по отрасли затраты на обучение одного вновь принятого рабочего, руб.

3. *Экономия средств бюджета государственного социального страхования в связи с сокращением заболеваемости и травматизма из-за неблагоприятных условий труда, представляющая собой сумму экономии средств на оплату пособий по временной нетрудоспособности и на выплату пенсий инвалидам труда, а также сокращение затрат на санаторно-курортное лечение работников:*

$$\mathcal{E}_3^m = \Delta D Q_{нт} + 12 \sum_{p=1}^3 \Delta \mathcal{C}_p^i Q_p^i + \Delta \mathcal{C}_{ск} N_{ск} Q_{ск},$$

где ΔD – сокращение временной нетрудоспособности по причине заболеваний и травм из-за неблагоприятных условий труда, дни/год; $Q_{нт}$ – размер пособий в данной отрасли (народном хозяйстве), руб./день; $\Delta \mathcal{C}_p^i$ – уменьшение числа работников, получивших инвалидность p -й группы, ввиду сокращения числа травм и заболеваний, чел./год; Q_p^i – средний размер пенсии p -й группы инвалидности руб./мес·чел.; $p = 1, 2, 3$ – номер группы инвалидности; $\Delta \mathcal{C}_{ск}$ – уменьшение количества работников, нуждающихся в санаторно-курортном лечении, чел./год; $N_{ск}$ – средняя продолжительность санаторно-курортного лечения, дни/чел.; $Q_{ск}$ – средняя стоимость одного дня пребывания в санаторно-курортном учреждении, руб./день.

4. *Экономия средств бюджета здравоохранения в связи со снижением необходимости в госпитализации и поликлиническом обслуживании работников по причине уменьшения забо-*

леваний и травм, вызванных неблагоприятными условиями труда:

$$\mathcal{E}_4^m = \Delta\mathcal{C}_r Q_r N_r + \Delta\mathcal{C}_o Q_o,$$

где $\Delta\mathcal{C}_r$ — уменьшение числа работников, госпитализируемых в связи с заболеваниями и травмами из-за неблагоприятных условий труда, чел./год; N_r — средняя продолжительность госпитализации одного человека, дни/чел.; Q_r — норматив затрат на один день прибытия больных в стационаре, руб./койко-день; $\Delta\mathcal{C}_o$ — сокращение числа обращений в поликлинику, число обращений/год; Q_o — средние затраты, приходящиеся на одно обращение в поликлинику, руб./одно обращение.

5. *Прирост нормативной чистой продукции (НЧП)*, обусловленный повышением производительности труда благодаря улучшению его условий:

$$\mathcal{E}_5^m = \sum_{m=1}^n \Delta V_m^p \text{НЧП}_m,$$

где ΔV_m^p — прирост объема m -го вида продукции вследствие повышения производительности труда благодаря улучшению его условий ($m = 1, 2, \dots, n$):

$$\Delta V_m^p = \mathcal{C}_{\text{ср}} V \Delta\Pi,$$

где $\mathcal{C}_{\text{ср}}$ — среднесписочное число годовых работников, чел./год; V — годовая выработка продукции за вычетом брака, натуральные единицы/чел.; $\Delta\Pi$ — прирост производительности труда благодаря улучшению его условий.

Определение прироста производительности труда за счет повышения работоспособности. В связи с тем что производственные факторы (элементы условий труда) воздействуют на работающего человека комплексно, трудно найти количественные зависимости между условиями труда, работоспособностью и производительностью труда. Работами НИИ труда показана целесообразность использовать для этих целей интегральный показатель работоспособности $K_{\text{инт}}$, характеризующий влияние на человека всего комплекса условий труда. Зависимость этого показателя от отдельных элементов условий труда и их комплекса установлена опытным путем. Определены категории тяжести труда, разработаны «Карта условий труда на рабочем месте» и таблицы критериев (см. гл. 2).

Возможности прироста производительности труда за счет повышения работоспособности при улучшении условий труда показаны в табл. 3.

Таблица 3

Категория тяжести труда	Показатель работоспособности $K_{\text{инт}}$, % к исходной величине (до работы)	Категория тяжести труда	Показатель работоспособности $K_{\text{инт}}$, % к исходной величине (до работы)	Увеличение работоспособности при переходе из одной группы условий труда в другую, %	Возможный прирост производительности труда за счет увеличения работоспособности, %
До улучшения условий труда		После улучшения условий труда			
II	65,9	I	89,1	35,2	7,04
III	47,6	II	65,9	38,4	7,68
IV	35,3	III	47,6	34,8	6,96
V	28,0	IV	35,3	26,0	5,21
VI	24,5	V	28,0	14,3	2,85

Для расчета прироста производительности труда прежде всего нужно установить, какие из элементов условий труда изменяются в результате осуществления мероприятий по улучшению условий труда. Затем определяются категории тяжести труда до и после осуществления мероприятий по улучшению условий труда. При определении тяжести труда после осуществления мероприятий в расчет принимаются не только изменившиеся элементы, но также и неблагоприятные элементы, которые не удалось изменить.

Определив категорию тяжести труда до и после осуществления мероприятий, можно по табл. 3 оценить прирост производительности труда по цеху (участку), а затем и по предприятию в целом, зная долю продукции, выпускаемую цехом, в общем объеме продукции предприятия.

В случае, если внедрение того или иного мероприятия не ведет к изменению категории тяжести труда, но в то же время дает увеличение работоспособности, можно использовать метод определения изменения работоспособности по количественной (балльной) оценке элементов условий труда.

В этом случае интегральный показатель работоспособности (в процентах) определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{инт}} = 100 - \left(\frac{I_T - 15,6}{0,64} \right),$$

где I_T — интегральный показатель тяжести труда, балл; 15,6 и 0,64 — коэффициенты регрессии.

Возможный прирост производительности труда в этом случае определяется по выражению

$$\Delta\Pi_T = \left(\frac{K_{\text{инт}2}}{K_{\text{инт}1}} - 1 \right) 100 K,$$

где $\Delta\Pi_T$ — возможный прирост производительности труда, %; $K_{\text{инт}1}$ и $K_{\text{инт}2}$ — показатели работоспособности до и после улучшения условий

труда; K — коэффициент, учитывающий влияние роста работоспособности на производительность труда.

Необходимость введения этого коэффициента связана с тем, что только часть из общего прироста работоспособности может быть использована человеком для повышения производительности труда. Опытным путем установлено, что коэффициент K , колеблясь от 0,12 до 0,4, в среднем составляет 0,2.

Если технологический процесс производства связан с определенным режимом и регламентацией технологического режима, то возможности для повышения индивидуальной производительности труда очень ограничены. В таких случаях прирост производительности труда можно определить следующим образом:

$$\Delta\Pi_T = \frac{A_1 - A_2}{A_1} 100,$$

где A_1 и A_2 — суммарные затраты времени (включая перерывы на отдых) на технологический цикл до и после внедрения мероприятий.

Определение прироста производительности труда за счет снижения трудоемкости продукции (работ). Рост производительности труда за счет снижения трудоемкости после внедрения мероприятий по улучшению условий и охране труда подсчитывается по выражению

$$\Delta\Pi_T = (T_1/T_2 - 1) 100,$$

где T_1 и T_2 — трудоемкость единицы продукции (работ) до и после внедрения мероприятий, норма-ч.

Определение прироста производительности труда, вызванного увеличением эффективного фонда рабочего времени. Травмы и заболевания на производстве приводят к очень большим потерям рабочего времени. Временная нетрудоспособность, вызванная травмами и профессиональными болезнями, полностью зависит от уровня охраны труда на предприятии. Состояние условий труда влияет и на уровень общей заболеваемости на предприятии. Установлена прямая связь между некоторыми видами заболеваний (например, сердечно-сосудистые, простудные) и состоянием условий труда. Такие заболевания принято называть производственно-обусловленными. По статистическим данным, они составляют примерно 25% общих потерь рабочего времени в связи с временной нетрудоспособностью.

Внедрение мероприятий по улучшению условий труда и повышению его безопасности существенно влияет на сокращение потерь рабочего времени. Для расчета экономии рабочего времени в этом случае могут использоваться следующие показатели: плановая численность работающих, номинальный годовой фонд рабочего времени, базовый (исходный) фактический и ожидаемый (плановый) показатель рабочего времени в связи с временной нетрудоспособностью на 100 работающих.

Прирост производительности труда за счет экономии численности работников определяется по выражению (%).

$$\Delta\Pi_T = \frac{\sum_{i=1}^n \Theta_q}{\text{Ч}_{\text{ср}} - \sum_{i=1}^n \Theta_q} \cdot 100,$$

где $\sum_{i=1}^n \Theta_q$ — сумма условной экономии (высвобождения) численности работников, вызванной осуществлением всех мероприятий, чел.; n — количество мероприятий; $\text{Ч}_{\text{ср}}$ — расчетная среднесписочная численность работников по участку, цеху, предприятию (исчисленная на объем производства планируемого периода по соответствующим данным базисного периода), чел.

Подсчет условной экономии численности работников можно проводить и по выражению

$$\Theta_q = \frac{B_1 - B_2}{100 - B_2} \cdot \text{Ч}_1,$$

где B_1 и B_2 — потери рабочего времени до и после внедрения мероприятий; Ч_1 — численность работников до внедрения мероприятий, чел.

При определении потерь рабочего времени условно принимается, что 100% потерь рабочего времени из-за несчастных случаев и профессиональных болезней и 25% потерь рабочего времени по общей заболеваемости связаны с неблагоприятными условиями труда и плохим состоянием охраны труда.

6. Экономия средств бюджета государственного социального страхования на льготные пенсии по возрасту в связи с уменьшением тяжелых и вредных условий труда благодаря проведению мероприятий:

$$\Theta_6^m = \Delta\text{Ч}_{\text{лп}} Q_{\text{лп}} \cdot 12,$$

где $\Delta\text{Ч}_{\text{лп}}$ — уменьшение количества работников, имеющих права на получение пенсии на льготных условиях, чел./год; $Q_{\text{лп}}$ — размер пенсий, руб./мес.чел.; 12 — число месяцев в году.

7. Суммарная оценка социально-экономического эффекта мероприятий по улучшению условий и охране труда в материальном производстве равна сумме частичных эффектов:

$$\Theta_{ij}^m = \sum_{i=j=1}^m \Theta_{ij}$$

где \mathcal{E}_{ij}^m — экономическая оценка i -го показателя j -го вида социального результата улучшения условий труда в материальном производстве.

§ 6. Методы определения хозрасчетного экономического результата мероприятий по улучшению условий и охране труда

Хозрасчетный экономический результат, обусловленный осуществлением мероприятий по улучшению условий труда и повышению его безопасности, определяется следующим образом:

$$P = \mathcal{E}_z + \mathcal{E}_{yn} + \mathcal{E}_{лк} + \mathcal{E}_c,$$

где \mathcal{E}_z — экономия заработной платы от снижения трудоемкости продукции и высвобождения работников, вызванная ростом производительности труда, руб.; \mathcal{E}_{yn} — относительная экономия условно-постоянных расходов за счет увеличения объема производства продукции, руб.; $\mathcal{E}_{лк}$ — сокращение расходов на льготы и компенсации, руб.; \mathcal{E}_c — сокращение потерь и непроизводительных расходов, увеличение чистой продукции и другие результаты, вызванные улучшением социальных показателей (снижением производственного травматизма, общей и профессиональной заболеваемости, текучести кадров), руб.

Общую годовую экономию заработной платы вычисляют по одной из следующих формул, в зависимости от особенностей производства и наличия исходных данных:

$$\mathcal{E}_z = \mathcal{E}_{zт} + \mathcal{E}_{cc} \text{ или } \mathcal{E}_z = \mathcal{E}_{zч} + \mathcal{E}_{cc},$$

где $\mathcal{E}_{zт}$ — годовая экономия заработной платы от снижения трудоемкости продукции, руб.; $\mathcal{E}_{zч}$ — годовая экономия заработной платы от уменьшения численности работников, руб.; \mathcal{E}_{cc} — годовая экономия отчислений на социальное страхование, руб.

Годовую экономию заработной платы от снижения трудоемкости продукции вычисляют по следующим формулам.

При повременной и повременно-премиальной оплате труда

$$\mathcal{E}_{zт} = (Z_{п1} - Z_{п2})(1 + Z_{пдоп}/100),$$

где $Z_{п1}$ и $Z_{п2}$ — годовогой фонд основной заработной платы рабочих-повременщиков до и после внедрения мероприятий, приведенный к одинаковому объему продукции (работ), руб.; $Z_{пдоп}$ — дополнительная заработная плата у рабочих-повременщиков, %.

При сдельной оплате труда

$$\mathcal{E}_{zт} = (P_{с1} - P_{с2})(1 + Z_{сдоп}/100)B_2,$$

где $P_{ст}$, $P_{сз}$ — сдельная расценка за единицу продукции (работ) до и после внедрения мероприятий, руб.; $Z_{с.доп}$ — дополнительная заработная плата у рабочих-сдельщиков, руб.; B_2 — объем производства после улучшения условий труда в натуральных единицах.

Годовую экономию заработной платы от уменьшения численности работников вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_{3,ч} = \mathcal{E}_3 Z_{ср} - \Delta \Phi_{ср} Ч_2,$$

где \mathcal{E}_3 — абсолютное высвобождение численности работников, чел.; $Z_{ср}$ — среднегодовая заработная плата одного работника (основная и дополнительная) до внедрения мероприятий, руб.; $\Delta \Phi_{ср}$ — прирост средней заработной платы одного работника, вызванный внедрением мероприятий, руб.; $Ч_2$ — численность работающих (рабочих) после внедрения мероприятий, чел.

Годовая экономия отчислений на социальное страхование определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{с.с} = \mathcal{E}_{3,ч} e / 100,$$

где e — отчисления на социальное страхование, %.

Годовую относительную экономию условно-постоянных расходов, которые образуются в связи с увеличением объема производства при осуществлении многоцелевых мероприятий, вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_{у.п} = \Delta ВУ,$$

где $\Delta В$ — прирост выпуска продукции, натуральные единицы; $У$ — условно-постоянные расходы на единицу продукции, руб.

Расчет экономии себестоимости продукции $\mathcal{E}_с$ (прироста прибыли) от улучшения социальных показателей при осуществлении мероприятий основан на использовании многих исходных данных, получение которых требует специальных исследований.

Годовую экономию себестоимости продукции от улучшения социальных показателей определяют следующим образом:

$$\mathcal{E}_с = \mathcal{E}_н + \mathcal{E}_{о.з} + \mathcal{E}_{п.з} + \mathcal{E}_т,$$

где $\mathcal{E}_н$ — годовая экономия от сокращения числа несчастных случаев, руб.; $\mathcal{E}_{о.з}$ — годовая экономия от снижения общей заболеваемости, руб.; $\mathcal{E}_{п.з}$ — годовая экономия от снижения профессиональной заболеваемости, руб.; $\mathcal{E}_т$ — годовая экономия от снижения текучести кадров, руб.

Годовая экономия себестоимости продукции, обусловленная снижением производственного травматизма, определяется по формуле

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_n = & D_1 (3_c \varphi + \gamma X_c) (1 - K_{нт2}/K_{нт1}) + D_n (N_{н1} - N_{н2}) + \\ & + D_l (N_{л1} - N_{л2}), \end{aligned}$$

где D_1 — годовые потери рабочего времени до внедрения мероприятий у пострадавших от несчастных случаев, временная нетрудоспособность которых закончилась в том же году возвращением работника на производство, чел.-дн.; 3_c — средняя дневная заработная плата одного работника в отчетном году, руб.; φ — коэффициент, учитывающий прочие потери от указанных несчастных случаев, кроме себестоимости продукции; X_c — сменная выработка одного рабочего в отчетном году, руб.; γ — коэффициент, учитывающий потери предприятия за один день болезни в зависимости от сменной выработки; $K_{нт1}$, $K_{нт2}$ — коэффициенты нетрудоспособности по указанным несчастным случаям (определяемые как количество дней нетрудоспособности в расчете на 1000 работников) до и после внедрения мероприятий; D_n , D_l — потери предприятия от одного несчастного случая с инвалидным и летальным исходом, руб.; $N_{н1}$, $N_{н2}$ — количество несчастных случаев с инвалидным исходом до и после внедрения мероприятий; $N_{л1}$, $N_{л2}$ — количество несчастных случаев с летальным исходом до и после внедрения мероприятий.

Годовую экономию себестоимости продукции (сокращение потерь), обусловленную снижением уровня общей заболеваемости, подсчитывают следующим образом:

$$\mathcal{E}_{оз} = \gamma X_c D_{з1} (1 - K_{пт2}/K_{пт1}) \beta,$$

где $D_{з1}$ — годовые потери рабочего времени до внедрения мероприятий в связи с общей заболеваемостью, чел.-дн.; $K_{пт1}$, $K_{пт2}$ — коэффициенты потерь рабочего времени из-за общей заболеваемости до и после внедрения мероприятий (количество дней нетрудоспособности на 100 работников); β — коэффициент, учитывающий долю потерь рабочего времени из-за общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности, связанной с неблагоприятными условиями труда.

Годовую экономию себестоимости продукции (сокращение потерь), обусловленную сокращением профессиональной заболеваемости, вычисляют по формулам:

экономию при сокращении профессиональных заболеваний с необратимыми процессами (например, пневмокониозами) составляет

$$\mathcal{E}_{п.з} = (N_1 - N_2) K_m,$$

где N_1, N_2 — число случаев профессиональных заболеваний с необратимыми процессами до и после внедрения мероприятий (для сравнения берутся среднегодовые данные за пятилетний период); K_m — материальные последствия от одного случая профессионального заболевания;

экономия от сокращения числа профессиональных заболеваний, при которых основную часть материальных потерь составляют потери по временной нетрудоспособности (например, дерматиты, пылевые бронхиты), определяется по предыдущей формуле, где $\beta = 1$.

Экономия себестоимости продукции (сокращение потерь), обусловленная уменьшением текучести кадров, вычисляется по формуле

$$\mathcal{E}_7 = gX_2n(1 - K_{T2}/K_{T1})\alpha,$$

где X_2 — средняя годовая выработка одного рабочего в отчетном году, руб.; n — число увольнений за год в связи с неудовлетворенностью условиями труда до внедрения мероприятий, чел.; K_{T1}, K_{T2} — коэффициенты текучести кадров до и после внедрения мероприятий; α — коэффициент увольнений по собственному желанию в связи с неудовлетворительными условиями труда; g — коэффициент потерь предприятия в зависимости от годовой выработки работника (по данным НИПИОТстрома $g = 0,037$).

При расчетах экономии себестоимости продукции количество дней нетрудоспособности от несчастных случаев, заболеваний, увольнений должно учитываться для той группы работников, условия труда которых улучшены в результате внедрения мероприятий.

§ 7. Методы расчетов экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда

Годовой экономический эффект от осуществления мероприятий по улучшению условий и охране труда вычисляется по формулам

$$\mathcal{E}_r = P - \mathcal{Z}, \quad \mathcal{E}_r = P - (C + E_n K),$$

где P — полученный экономический результат, руб.; \mathcal{Z} — приведенные к годовой соразмерности текущие и капитальные затраты на мероприятия по улучшению условий и охране труда, руб./год; C — годовые эксплуатационные расходы на меро-

приятия по улучшению условий и охрану труда, руб.; $E_n = 0,08$ — нормативный коэффициент экономической эффективности для капитальных вложений на осуществление мероприятий по улучшению условий и охрану труда; K — капитальные вложения в мероприятия, направленные на улучшение условий и охрану труда.

Сравнение вариантов мероприятий различной направленности в области улучшения условий и охраны труда и выбор лучшего из них следует производить по максимуму годового экономического эффекта.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность затрат в мероприятия по улучшению условий и охране труда определяется как отношение полученного результата к приведенным затратам:

$$\mathcal{E}_0 = P/Z.$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность капитальных вложений в мероприятия по улучшению условий и охране труда при необходимости определяется по выражению

$$\mathcal{E}_x = (P - C)/K.$$

Показатель (коэффициент) эффективности капитальных вложений следует сопоставлять с нормативным ($E_n = 0,08$). Если $\mathcal{E}_x > E_n$, то капитальные вложения можно считать эффективными.

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

$$T = K/(P - C) = 1/\mathcal{E}_x.$$

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

Раздел второй

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

Глава 7

ОБЩИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 1. Основные санитарные требования к размещению предприятия и планировке его территории

Создание здоровых и безопасных условий труда начинается с правильного выбора территории для размещения предприятия и рационального расположения на ней производственных и вспомогательных зданий и сооружений.

При размещении предприятий необходимо соблюдать законы об охране и использовании животного мира, об охране атмосферного воздуха, «Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении», «Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик», «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» и другие нормативные и нормативно-технические документы.

Общие требования к размещению предприятия и планировке его территории содержатся в действующих санитарных нормах проектирования промышленных предприятий (СН 2451—71) и в строительных нормах и правилах «Генеральные планы промышленных предприятий», ч. II, гл. 89 (СНиП II-89—80).

Предприятия, промышленные узлы и связанные с ними отвалы, очистные сооружения, как правило, должны размещаться на землях, непригодных для сельского хозяйства. Нельзя размещать предприятия вблизи источников водоснабжения; на участках, загрязненных органическими и радиоактивными отходами; в местах возможного затопления и т. п. Рельеф местности должен способствовать естественному проветриванию площади.

Предприятия, которые могут загрязнять атмосферный воз-

дух веществами 1-го и 2-го классов, запрещается размещать в районах, где преобладает безветренная погода, часто повторяются туманы, так как это препятствует рассеиванию вредных веществ в атмосфере.

По отношению к жилой застройке нужно располагать предприятие с подветренной стороны относительно ветров господствующего направления и отделять от нее санитарно-защитной зоной. Размеры санитарно-защитной зоны определяются мощностью производства и характером вредных выделений. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН 245—71) предусматривают пять классов производств с соответствующими размерами санитарно-защитных зон: I класс — 1000 м, II класс — 500 м, III класс — 300 м, IV класс — 100 м, V класс — 50 м.

К I, II и III классам относятся в основном предприятия химической и металлургической промышленности, некоторые предприятия по добыче руд и нерудных ископаемых, по производству строительных материалов и ряд предприятий других отраслей народного хозяйства.

К IV классу наряду с предприятиями химической и металлургической промышленности относятся предприятия по производству машин и приборов электротехнической промышленности при наличии небольших литейных и других горячих цехов; предприятия металлообрабатывающей промышленности с чугуном (в количестве до 10 000 т/год) и цветным (в количестве до 100 т/год) литьем; ряд предприятий по добыче нефти и горных пород, производству строительных материалов и изделий, обработке древесины; многие предприятия текстильной, легкой, пищевой промышленности и др.

К V классу кроме некоторых производств химической и металлургической промышленности относятся предприятия металлообрабатывающей промышленности с термической обработкой без литейных; предприятия по производству приборов при отсутствии литейных и без применения ртути; типографии; мебельные фабрики; предприятия текстильной и легкой промышленности (трикотажные, шелко-ткацкие, ковровые, швейные и т. п.); многие предприятия пищевой промышленности и некоторые другие.

Санитарно-защитную зону нужно озеленять, в ней можно размещать здания подсобного и обслуживающего назначения, занимающие не более 50% площади.

При размещении производственных, вспомогательных зданий и других сооружений на территории предприятия помимо технологических и технико-экономических показателей необходимо учитывать и санитарно-гигиенические требования.

Эти требования обусловлены необходимостью создания для персонала предприятия наиболее благоприятных условий труда. Размещать производственные корпуса на территории предприятия нужно так, чтобы были обеспечены наилучшие условия для естественного освещения и проветривания. С этой целью не следует плотно застраивать территорию предприятия. Здания и сооружения должны занимать 20...60% площади, между зданиями нужно предусматривать определенные расстояния (разрывы), размеры которых должны быть не менее одной высоты наиболее высокого здания (высотные сооружения без световых проемов типа труб, колонн при этом не учитываются).

Цехи и сооружения, загрязняющие атмосферу, следует располагать по отношению к другим цехам с подветренной стороны.

Если на площадке предприятия возможен выброс вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности, то вспомогательные здания не следует располагать в зоне так называемой аэродинамической тени, создаваемой зданиями и сооружениями. В такой зоне создаются особые условия циркуляции атмосферы, препятствующие рассеиванию вредных веществ. Размеры такой зоны определяются по методике, изложенной в «Указаниях по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (СН 369—74).

Замкнутые и полужамкнутые дворы не способствуют проветриванию и поэтому их устраивают только в случае особой технологической необходимости.

Открытые склады пылящих материалов располагают на расстоянии не менее 50 м от производственных и вспомогательных зданий и не менее 25 м от бытовых помещений.

Территория предприятия должна быть выровнена, иметь канализацию, искусственное освещение, надлежащие покрытия транспортных путей и достаточно широкие проходы и проезды. Основные пути движения работающих, как правило, не должны пересекаться с путями железной дороги или другого механизированного транспорта. При необходимости они должны быть оснащены эстакадами, галереями или туннелями. Во всех случаях места пересечений должны быть хорошо освещены в темное время суток и соответствующим образом обозначены.

Большое санитарно-гигиеническое значение имеет озеленение территории предприятия, а также создание вблизи цехов зон отдыха. Озелененные участки должны составлять не менее 10...15% общей площади предприятия.

Для сбора и хранения отходов производства нужно отво-

дать специальные площадки с ограждениями и удобными подъездными путями. Должны быть также предусмотрены специальные участки для размещения сооружений по очистке производственных, бытовых и атмосферных сточных вод.

§ 2. Основные санитарные требования к производственным зданиям и помещениям

Санитарные требования к производственным зданиям и помещениям зависят от их назначения.

Основные требования к зданиям производственного назначения изложены в СН 245—71 и СНиП II-90—81.

При планировке производственных помещений нужно учитывать санитарную характеристику производственных процессов, соблюдать нормы полезной площади для работающих, а также нормативы площадей для размещения оборудования и необходимую ширину проходов, обеспечивающих безопасную работу и удобное обслуживание оборудования.

Объем производственного помещения на одного работающего должен составлять не менее 15 м³, площадь — не менее 4,5 м².

Устройство рабочих помещений в подвальных этажах, как правило, запрещается. Для исключения пересечения технологических потоков наиболее целесообразно располагать помещения с учетом последовательности производственных операций.

Высота цехов выбирается в зависимости от характера технологического процесса такой, чтобы было обеспечено удаление избыточной теплоты, влаги и газов, но не менее 3,0 м. Помещения, в которых предполагается устройство естественной организованной вентиляции (аэрации), для обеспечения необходимого теплого напора должны иметь высоту не менее 4...6 м от расположения теплоизлучающей поверхности.

Производственные процессы, сопровождающиеся шумом, вибрацией, а также выделением пыли, вредных газов, необходимо изолировать, размещая их в кабинах или специальных помещениях.

Конструкция стен, потолков, полов и т. п. в производственных помещениях должна предусматривать создание для работающих наиболее благоприятных условий труда. С этой же точки зрения санитарные нормы, например, ограничивают площадь остекления промышленных зданий требованием создания необходимой естественной освещенности, учитывая при этом, что слишком большая площадь остекления имеет свои недостатки, связанные с избытком солнечного освещения в южных районах страны и возможностью значительного охла-

ждения зимой в северных районах рабочих мест, расположенных вблизи окон. В случае, если оконные проемы заполнены стеклоблоками или стеклопрофилитом, должны быть предусмотрены устройства для естественного проветривания. В зданиях с верхним светом, при наличии больших площадей остекления, нужно предусматривать специальные механизированные устройства для открывания окон и фрамуг.

В последние годы все большее распространение получают производственные здания очень большой площади, имеющие определенные экономические и технологические преимущества. Однако при этом значительно затрудняется устройство аэрации и механической вентиляции. Внутренние части таких зданий обычно имеют недостаточную естественную освещенность, усложняется изоляция участков с вредными выделениями. Поэтому в таких зданиях рекомендуется располагать производства с незначительными выделениями вредных веществ (например, инструментальные, механосборочные, деревообрабатывающие и т. п.). В таких зданиях цехи, где имеются теплоизбытки или выделяются вредные вещества, должны располагаться у наружных стен, а в многоэтажных корпусах — на верхнем этаже.

Большое значение имеет рациональная цветовая отделка производственных помещений, которую следует производить в соответствии с «Указаниями по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий» (СН 181 — 70).

§ 3. Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий

В составе каждого предприятия имеются вспомогательные помещения и устройства, которые подразделяются на пять групп: санитарно-бытовые помещения и устройства, помещения общественного питания, помещения медицинского профиля, помещения и устройства культурного обслуживания, помещения управления и общественных организаций.

Эти помещения предназначены для удовлетворения социально-бытовых потребностей трудящихся во время работы.

Вспомогательные помещения различного назначения обычно размещают вместе, в одном здании и в местах с наименьшим воздействием шума, вибрации и других вредных факторов.

В настоящее время вспомогательные помещения обычно располагают или в отдельном корпусе (здании), или в пристройке к производственному корпусу. Отапливаемые про-

изводственные здания должны соединяться с бытовыми зданиями теплыми переходами. Расстояние от рабочих мест, расположенных на открытом воздухе или в неотапливаемом помещении, до бытового корпуса не должно превышать 300...500 м (в зависимости от климата).

Санитарно-гигиенические требования к составу, размещению, размерам и оборудованию вспомогательных помещений изложены в действующих строительных нормах и правилах (СНиП II-92-76).

Важным видом вспомогательных помещений являются санитарно-бытовые помещения и устройства, к которым относятся: гардеробные, курительные комнаты, уборные, умывальни, душевые, ножные ванны, помещения для личной гигиены женщин, кормления грудных детей, пунктов питания, здравпунктов, а также некоторые специальные помещения и устройства — для сушки, обеспыливания и обезвреживания, стирки и чистки спецодежды и спецобуви, ингалятории, фотарии, помещения для обогрева рабочих и др.

В основу выбора состава и количества общих и специальных бытовых помещений и устройств положена санитарная характеристика производственного процесса. Все производственные процессы в зависимости от характера и степени воздействия на работающих разделены на четыре группы, каждая из которых имеет еще ряд подгрупп.

К первой группе (имеющей три подгруппы) относятся производственные процессы, протекающие при нормальных метеорологических условиях и при отсутствии вредных газов и пылевывделений.

Ко второй группе (имеющей шесть подгрупп) относятся производственные процессы, протекающие при неблагоприятных метеорологических условиях, либо связанные с выделением пыли или напряженной физической работой.

К третьей группе (имеющей четыре подгруппы) относятся процессы с наличием резко выраженных вредных факторов.

К четвертой группе относятся процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции, а именно: связанные с переработкой пищевых продуктов, производством стерильных материалов, требующие особой чистоты.

Количество тех или иных санитарно-бытовых устройств определяется по таблицам СНиП II-92-76 в зависимости от группы и подгруппы производственного процесса исходя из расчетного количества человек на одно устройство (душевую сетку, кран в умывальне и т. п.).

К устройству и размещению бытовых помещений предъявляется ряд санитарных требований. Регламентируется этаж-

ность зданий, высота этажей, уровень пола над землей, отделка санитарно-бытовых помещений, конструкция шкафов в гардеробных, необходимость тамбуров, устройство душевых и т. п. Например, душевые, преддушевые и помещения для сушки спецодежды не должны примыкать к наружным стенам здания.

Глава 8

ЗАЩИТА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

§ 1. Действие вредных веществ на организм человека

При определенных видах профессиональной деятельности на работающих могут воздействовать вредные вещества. *Вредными* являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007—76*).

Вредные вещества могут проникать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, а также кожные покровы и слизистые оболочки.

Отравления в производственных условиях могут быть острыми и хроническими. Острые отравления возникают быстро при наличии относительно высоких концентраций вредных газов и паров. Эти отравления встречаются сейчас очень редко, в основном в аварийных ситуациях. Хронические отравления развиваются медленно в результате накопления в организме токсичных веществ (материальная кумуляция) или суммирования функциональных изменений, вызванных действием таких веществ (функциональная кумуляция).

В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и производственную пыль.

Действие вредных химических веществ на организм человека обусловлено их физико-химическими свойствами. Согласно ГОСТ 12.0.003—74* группа химических опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на следующие подгруппы: общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

Большинство промышленных вредных веществ обладает

общетоксическим действием. К их числу можно отнести ароматические углеводороды и их амидо- и нитропроизводные (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, анилин и др.). Большой токсичностью обладают ртутьорганические соединения, тетраэтилсвинец, фосфорорганические вещества, хлорированные углеводороды (тетрахлорид углерода, дихлорэтан и др.).

Раздражающим действием обладают кислоты, щелочи, а также хлор-, фтор-, серо- и азотсодержащие соединения (фосген, аммиак, оксиды серы и азота, сероводород и др.). Все эти вещества объединяет то, что при контакте с биологическими тканями они вызывают воспалительную реакцию, причем в первую очередь страдают органы дыхания, кожа и слизистые оболочки глаз.

К *сенсibiliзирующим* относятся вещества, которые после относительно непродолжительного действия на организм вызывают в нем повышенную чувствительность к этому веществу. При последующем даже кратковременном контакте с этим веществом у человека возникают бурные реакции, чаще всего приводящие к кожным изменениям, астматическим явлениям, заболеваниям крови. Такими веществами являются некоторые соединения ртути, платина, альдегиды (формальдегид) и др.

Канцерогенные (бластомогенные) вещества, попадая в организм человека, вызывают развитие злокачественных опухолей.

В настоящее время имеются данные о канцероопасности для человека сравнительно небольшой группы химических соединений, встречающихся в производственных условиях. К их числу прежде всего относят полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые могут входить в состав сырой нефти, но в основном образуются при термической (выше 350 °С) переработке горючих ископаемых (каменного угля, древесины, нефти, сланцев) или при неполном их сгорании.

Наиболее выраженной канцерогенной активностью обладают 7,12-диметилбенз(а)антрацен; 3,4-бенз(а)пирен; 1,2-бенз(а)антрацен. Среди продуктов термической переработки горючих ископаемых наиболее канцерогенными являются вещества сухой перегонки каменного угля. Канцерогенные свойства присущи и продуктам нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (мазутам, гудрону, крекинг-остатку, нефтяному коксу, битумам, маслам, саже и др.). Канцерогенными свойствами обладают ароматические амины, в основном являющиеся продуктами анилинокрасочной промышленности, а также пыль асбеста.

Яды, обладающие *мутагенной* активностью, влияют на генетический аппарат зародышевых и соматических клеток орга-

низма. Мутации в соматических клетках приводят к их гибели или к функциональным изменениям. Это может вызвать снижение общей сопротивляемости организма, раннее старение, а в некоторых случаях тяжелые заболевания. Воздействие мутагенных веществ может сказаться на потомстве (не всегда первого, а, возможно, второго и третьего поколений). Мутационной активностью обладают, например, этиленамин, уретан, органические перекиси, иприт, оксид этилена, формальдегид, гидроксиламин.

К веществам, влияющим на *репродуктивную функцию* (функцию воспроизведения потомства), относят бензол и его производные, сероуглерод, хлоропрен, свинец, сурьму, марганец, ядохимикаты, никотин, этиленамин, соединения ртути и др.

Существуют и другие разновидности классификаций вредных веществ, например, по преимущественному действию на определенные органы или системы организма человека, по основному вредному воздействию (удушающие, раздражающие, нервные (нейротропные), кровяные яды, печеночные и т. д.), по взаимодействию с ферментными системами, по величине среднесмертельной дозы и др.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса (ГОСТ 12.1.007-76*):

1 — вещества чрезвычайно опасные (3,4-бенз(а)пирен, ртуть, свинец, озон, фосген и др.); 2 — вещества высокоопасные (оксиды азота, бензол, йод, марганец, медь, сероводород, едкие щелочи, хлор и др.); 3 — вещества умеренно опасные (ацетон, ксилол, сернистый ангидрид, метиловый спирт и др.); 4 — вещества малоопасные (аммиак, бензин, скипидар, этиловый спирт, оксид углерода и др.).

Следует иметь в виду, что и вещества малоопасные при длительном воздействии могут при больших концентрациях вызывать тяжелые отравления.

Класс опасности вещества устанавливают по таблице, приведенной в ГОСТ 12.1.007-76*, в зависимости от предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны ($\text{мг}/\text{м}^3$), средней смертельной дозы при введении в желудок ($\text{мг}/\text{кг}$), средней смертельной концентрации в воздухе ($\text{мг}/\text{м}^3$), коэффициента возможного ингаляционного отравления (КВИО), зоны острого действия, зоны хронического действия.

При оценке класса опасности определяющим является тот показатель, который выявляет наибольшую степень опасности в конкретных условиях.

Производственная пыль является очень распро-

страненным опасным и вредным производственным фактором. С пылью сталкиваются работающие в горнодобывающей промышленности, машиностроении, металлургии, промышленности строительных материалов, текстильной промышленности, сельском хозяйстве и т. п.

Пыль может оказывать на организм человека фиброгенное раздражающее и токсическое действие. Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокна, слюды и др.) оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожи.

Пыли токсичных веществ (свинца, хрома, бериллия и др.), попадая через легкие в организм человека, оказывают характерное для них токсическое действие в зависимости от их физических, химических и физико-химических свойств.

Фиброгенным называется такое действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа.

Поражающее действие пыли во многом определяется ее дисперсностью (размером частиц пыли). Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером частиц до 5 мкм и более всего частицы размером 1...2 мкм, а также аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3...0,4 мкм, наиболее глубоко проникающие и задерживающиеся в легких.

Степень опасности пыли зависит также от формы частиц, их твердости, волокнистости, электрoзаряженности, удельной поверхности и т. п.

Вредность производственной пыли обусловлена ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких, в первую очередь пневмокониозы. Наиболее распространенной и тяжелой формой пневмокониоза является силикоз (пылевой фиброз легких), развивающийся в результате вдыхания пыли, содержащей свободный диоксид кремния. Силикатозы возникают при воздействии пыли силикатов, где диоксид кремния находится в связанном состоянии. К этим заболеваниям относятся: асбестоз, талькоз, цементоз, каолиноз и др. Существуют и другие виды пневмокониозов (металлокониоз, хлопковый, зерновой пневмокониоз и т. п.). Производственная пыль, оказывая раздражающее действие, может вызвать профессиональные пылевые бронхиты, пневмонии, астматические риниты, бронхиальную астму, снизить защитные свойства организма. Под влиянием пыли развиваются конъюнктивиты, поражения кожи. Аэрозоли металлов, пыль ядохимикатов могут привести к хроническим и острым отравлениям, характерным для данного токсического вещества. Действие пыли

усугубляет тяжелый физический труд, неблагоприятные метеорологические условия, некоторые газы.

Решающее влияние на степень поражения организма человека вредными химическими веществами (и пылью) имеет концентрация их в воздухе рабочей зоны и продолжительность воздействия.

Следует учитывать, что в производственных условиях работающие обычно подвергаются одновременному воздействию нескольких вредных веществ. При этом возможно потенцирование (непропорциональное усиление вредного действия), суммирование, «антагонизм» (уменьшение вредного эффекта) и «независимое» действие ядов.

На токсическое действие вредных веществ оказывают также влияние другие вредные и опасные производственные факторы. Например, повышенная температура и влажность воздуха, так же как и сильное мышечное напряжение, в большинстве случаев повышают чувствительность организма к токсическому действию вредного вещества.

Определенное значение имеют индивидуальные особенности человека. Известно, например, что при работе в одних и тех же условиях некоторые люди заболевают пневмококоном сравнительно быстро, а другие работают в 2...3 раза дольше без каких-либо изменений в состоянии здоровья.

§ 2. Гигиеническое нормирование вредных веществ

Попадающие в организм химические вещества и пыль приводят к нарушению здоровья лишь в том случае, если их количество в воздухе превышает определенную для каждого вещества величину. Поэтому для профилактики профессиональных заболеваний большое значение имеет установление предельно допустимых концентраций вредных веществ.

Под *предельно допустимой концентрацией* (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны понимают концентрацию, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности (но не более 41 ч в неделю) во время всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в ГОСТ 12.1.005-76*, там же указаны их классы опасности.

Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м от

уровня пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Приведенные в стандарте ПДК распространяются на воздух рабочей зоны всех рабочих мест независимо от их местоположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т. д.).

Первые ПДК для 40 токсичных веществ были утверждены в нашей стране еще в 1939 г. В ныне действующем нормативном документе их уже около 800 — это самый большой в мире перечень веществ, для которых установлены ПДК. Следует отметить, что по мере накопления данных ПДК многих веществ неоднократно пересматривалась и снижалась. Например, ПДК бензола в несколько этапов была снижена с 200 до 5 мг/м³, анилина — с 10 до 0,1 мг/м³, сероуглерода — с 10 до 1 мг/м³.

§ 3. Защита от вредных веществ в промышленности

Благодаря систематическому проведению в нашей стране комплекса организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий число случаев профотравлений и профзаболеваний из года в год уменьшается. Решающим направлением в профилактике профзаболеваний является полное исключение контакта работающих с вредными веществами с помощью комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Большое значение имеет разработка новых технологических процессов, исключающих использование вредных веществ, замена вредных веществ менее вредными и т. д. В этом направлении идет постоянная работа. Например, свинцовые белила заменены цинковыми; наиболее опасный растворитель — бензол заменен во многих процессах другими, менее вредными растворителями — фторорганическими соединениями группы метана и этана; метиловый спирт в производстве жирных кислот заменен бутиловым; используемый для смазки и охлаждения в машиностроении сульфозрезол заменен менее вредными смазочно-охлаждающими жидкостями на основе водных эмульсий; вместо органических растворителей для обезжиривания деталей и оборудования сейчас широко используются водные моющие растворы и т. д.

Снижению поступления в воздух рабочих зон вредных веществ способствует хорошая герметизация оборудования; ведение процессов в вакууме; применение замкнутых технологических циклов, непрерывных технологических процессов; замена устаревшего оборудования более прогрессивным (например, центрифуг с верхней выгрузкой — саморазгружающими центри-

фугами); своевременный и качественный ремонт технологического оборудования.

Уменьшению пылевыделения способствует замена сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми; выпуск конечных продуктов в непьюлящих формах, что может снизить пылеобразование в 5...10 раз, как это имело место в производстве тринитротолуола; применение при упаковке и затаривании сыпучих материалов специальных герметичных вентилируемых укрытий с вмонтированными рукавами с перчатками.

Хороший эффект достигается при размещении производственного оборудования в специальных кабинах с устройством соответствующей вентиляции и выносом приборов управления и контроля в коридоры. Определенное значение имеет и внутренняя отделка производственных помещений, так как установлена заметная роль в загрязнении воздуха помещений процессов десорбции химических веществ, адсорбированных строительными и отделочными материалами. Обеспечение чистоты воздуха, подаваемого приточной вентиляцией в производственные помещения, достигается озеленением территории предприятия, рациональным размещением дренажных устройств (воздушек), хорошей очисткой выбросов, герметизацией выносимого на открытые площадки оборудования и т. п.

Важное место в комплексе профилактических мероприятий занимают периодические и предварительные медицинские осмотры, профилактическое питание и соблюдение правил личной гигиены.

При недостаточной эффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ), которые подразделяются на изолирующие костюмы; средства защиты органов дыхания; специальную одежду; специальную обувь; средства защиты рук, головы, лица, глаза, органа слуха; предохранительные приспособления; защитные дерматологические средства (ГОСТ 12.4.011—75).

Для защиты от вредных веществ основное значение имеют средства индивидуальной защиты органов дыхания, спецодежда, спецобувь, средства защиты рук. Находят применение изолирующие костюмы, средства защиты головы и лица, а также защитные пасты и мази — дерматологические средства.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗ ОД) предназначены для защиты от воздействия вредных газов, паров, дыма, тумана и пыли, содержащихся в воздухе рабочей зоны, а также для обеспечения кисло-

родом при недостатке его в окружающей атмосфере. СИЗ ОД подразделяются на противогазы, респираторы, пневмошлемы, пневмомаски. По принципу действия СИЗ ОД бывают *фильтрующие* и *изолирующие* (рис. 4). Фильтрующие СИЗ ОД нельзя использовать в случае наличия в воздухе неизвестных веществ, при большом содержании вредных веществ (более 0,5% по объему), а также при уменьшенном содержании кислорода (менее 18% при норме 21%). В этих случаях нужно применять изолирующие СИЗ ОД.

Наибольшее применение в промышленности находят противоаэрозольные фильтрующие респираторы, которые делятся на два типа: патронные, у которых лицевая часть и фильтрующий элемент выделены в отдельные самостоятельные узлы, и фильтр-маски, у которых фильтрующий элемент одновременно служит и лицевой маской (рис. 5, а, б). По способу вентиляции подмасочного пространства противоаэрозольные респираторы бывают бесклапанные и клапанные. По условиям эксплуатации различают респираторы одноразового и многократного использования.

Хорошими защитными и эксплуатационными свойствами обладает фильтрующий противоаэрозольный бесклапанный респиратор ШБ-1 «Лепесток», который имеет три модификации: «Лепесток-200», «Лепесток-40», «Лепесток-5», имеющие цвет наружного круга соответственно белый, оранжевый и голубой.

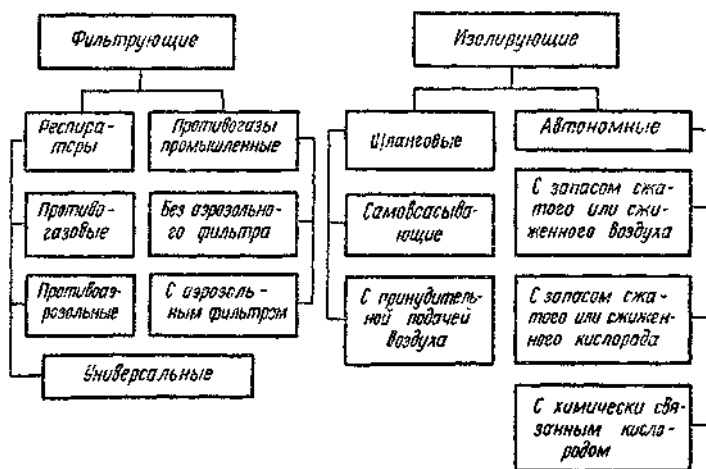


Рис. 4. Схема средств индивидуальной защиты органов дыхания

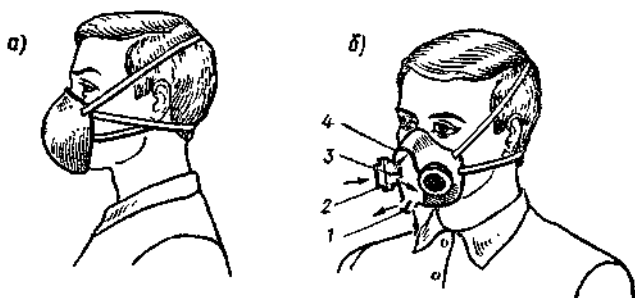


Рис. 5. Типы фильтрующих СИЗ ОД:

а – фильтрующая полумаска, *б* – патронный респиратор: 1 – полумаска, 2 – клапан вдоха, 3 – фильтрующий патрон; 4 – клапан выдоха

Эффективность использования этого широко распространенного респиратора зависит от правильного выбора его модификации. Цифры 200, 40 и 5 означают, что респираторы соответствующей модификации предназначены для защиты от мелко- и среднedisперсных аэрозолей при их концентрациях в воздухе, соответственно превышающих ПДК в 200, 40 и 5 раз. Для защиты от грубодисперсной пыли (размер частиц более 1 мкм) применение любого из респираторов (независимо от обозначенного в названии числа) возможно при запыленности, превышающей ПДК не более чем в 200 раз.

Для защиты человека от воздействий вредных веществ основными видами индивидуальных средств являются спецодежда и спецобувь. Существует большое разнообразие видов спецодежды и спецобуви, выбор которых зависит от конкретных производственных условий.

К спецодежде относятся: куртки, брюки, комбинезоны, полукombинезоны, плащи, фартуки, рукавицы, жилеты, перчатки, нарукавники, бахилы, головные уборы различного вида, наплечники, наспинники, наколенники и т. д. Эти виды спецодежды могут применяться как порознь, так и в сочетании. Защитные и эксплуатационные свойства спецодежды определяются покроем (конструкцией) и свойствами применяемых материалов.

За последние годы для изготовления спецодежды разработано много новых материалов, обладающих повышенной стойкостью к агрессивным средам. Это ткани из синтетических и смешанных волокон, нефтекислотоустойчивые искусственные

кожи и др. Созданы новые защитные пропитки, увеличивающие срок носки спецодежды при одновременном улучшении защитных свойств.

Специальная обувь обеспечивает защиту работающих от механических травм, химических и тепловых ожогов, низких и высоких температур, пыли, влаги и загрязняющих веществ. Она подразделяется на сапоги, ботфорты, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, калоши, боты, бахилы.

На производстве также широко применяются средства защиты рук от воздействия вредных производственных факторов, вызывающих травмирование кожного покрова и кожные заболевания. К ним относятся перчатки, рукавицы, напальчники, мази и пасты.

В настоящее время введена единая классификация спецодежды, спецобуви и средств защиты рук (ГОСТ 12.4.103—80), которая делит эти средства на 14 групп и 36 подгрупп в зависимости от защитных свойств, для которых установлены единые обозначения. Например, буква М обозначает, что индивидуальные средства предназначены для защиты от механических повреждений и т. д.

Для защиты глаз от частиц пыли, брызг кислот, щелочей, спиртов и других химических веществ применяются такие средства индивидуальной защиты, как очки. Очки бывают открытого и закрытого типов. Типы и условные обозначения очков регламентируются ГОСТ 12.4.003—74, а технические требования и испытания — ГОСТ 12.4.013—75.

К средствам защиты лица относятся ручные, наголовные и универсальные щитки, защищающие лицо и прилегающие участки тела человека (ГОСТ 12.4.023—76). На рис. 6 показан один из щитков.

Стандарты ССБТ на классификацию номенклатуры показателей качества СИЗ способствуют их использованию строго по назначению и с наибольшей эффективностью.

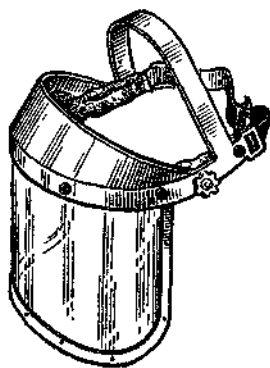


Рис. 6. Щиток НБТ

§ 4. Влияние неблагоприятных метеорологических условий на организм человека

Трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, которые определяются сочетанием температуры воздуха, скорости его движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучением от нагретых поверхностей. Если труд протекает в помещении, то эти показатели в совокупности (за исключением барометрического давления) принято называть *микроклиматом производственного помещения*.

По определению, приведенному в ГОСТ 12.1.005-76, микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей.

Если работа выполняется на открытых площадках, то метеорологические условия определяются климатическим поясом и сезоном года. Однако и в этом случае в рабочей зоне создается определенный микроклимат.

Все жизненные процессы в организме человека сопровождаются образованием теплоты, количество которой меняется от 4...6 кДж/мин (в состоянии покоя) до 33...42 кДж/мин (при очень тяжелой работе).

Параметры микроклимата могут изменяться в очень широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является сохранение постоянства температуры тела.

При благоприятных сочетаниях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием высокой производительности труда и предупреждения заболеваний.

При отклонении метеорологических параметров от оптимальных в организме человека для поддержания постоянства температуры тела начинают происходить различные процессы, направленные на регулирование теплопродукции и теплоотдачи. Эта способность организма человека сохранять постоянство температуры тела, несмотря на значительные изменения метеорологических условий внешней среды и собственной теплопродукции, получила название *терморегуляции*.

При температуре воздуха в пределах от 15 до 25°C теплопродукция организма находится на приблизительно постоянном уровне (зона безразличия). По мере понижения температуры воздуха теплопродукция повышается в первую очередь за

счет мышечной активности (проявлением которой является, например, дрожь) и усиления обмена веществ. По мере повышения температуры воздуха усиливаются процессы теплоотдачи. Отдача теплоты организмом человека во внешнюю среду происходит тремя основными способами (путями): конвекцией, излучением и испарением. Преобладание того или иного процесса теплоотдачи зависит от температуры окружающего воздуха и ряда других условий. При температуре около 20°C, когда человек не испытывает никаких неприятных ощущений, связанных с микроклиматом, теплоотдача конвекцией составляет 25...30%, излучением — 45%, испарением — 20...25%. При изменении температуры, влажности, скорости движения воздуха, характера выполняемой работы эти соотношения существенно меняются. При температуре воздуха 30°C отдача теплоты испарением становится равной суммарной отдаче теплоты излучением и конвекцией. При температуре воздуха более 36°C отдача теплоты происходит уже полностью за счет испарения.

При испарении 1 г воды организм теряет около 2,5 кДж теплоты. Испарение происходит, главным образом, с поверхности кожи и в значительно меньшей степени через дыхательные пути (10...20%). При нормальных условиях с потом организм теряет в сутки около 0,6 л жидкости. При тяжелой физической работе при температуре воздуха более 30°C количество теряемой организмом жидкости может достичь 10...12 л. При интенсивном потоотделении, если пот не успевает испариться, наблюдается выделение его в виде капель. При этом влага на коже не только не способствует отдаче теплоты, а, наоборот, препятствует этому. Такое потоотделение ведет только к потере воды и солей, но не выполняет основную функцию — усиление отдачи теплоты.

Значительное отклонение микроклимата рабочей зоны от оптимального может быть причиной ряда физиологических нарушений в организме работающих, привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональным заболеваниям.

Перегрев. При температуре воздуха более 30°C и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву организма, особенно, если потеря пота в смену приближается к 5 л. Наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение цветного восприятия (окраска всего в красный или зеленый цвет), тошнота, рвота, повышается температура тела. Дыхание и пульс учащаются, артериальное давление вначале возрастает, затем падает. В тяжелых случаях наступает тепловой, а при работе на открытом

воздухе — солнечный удар. Возможна судорожная болезнь, являющаяся следствием нарушения водно-солевого баланса и характеризующаяся слабостью, головной болью, резкими судорогами, преимущественно в конечностях. В настоящее время в производственных условиях такие тяжелые формы перегревов практически не встречаются. При длительном воздействии теплового излучения может развиваться профессиональная катаракта.

Но даже если не возникают такие болезненные состояния, перегрев организма сильно сказывается на состоянии нервной системы и работоспособности человека. Исследованиями, например, установлено, что к концу 5-часового пребывания в зоне с температурой воздуха около 31 °С и влажностью 80...90%; работоспособность снижается на 62%. Значительно снижается мышечная сила рук (на 30...50%), уменьшается выносливость к статическому усилию, примерно в 2 раза ухудшается способность к тонкой координации движений. Производительность труда снижается пропорционально ухудшению метеорологических условий.

Охлаждение. Длительное и сильное воздействие низких температур может вызвать различные неблагоприятные изменения в организме человека. Местное и общее охлаждение организма является причиной многих заболеваний: миозитов, невритов, радикулитов и др., а также простудных заболеваний. Любая степень охлаждения характеризуется снижением частоты сердечных сокращений и развитием процессов торможения в коре головного мозга, что ведет к уменьшению работоспособности. В особо тяжелых случаях воздействие низких температур может привести к обморожениям и даже смерти.

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность воздуха. Абсолютная влажность (A) — это масса водяных паров, содержащихся в данный момент в определенном объеме воздуха, максимальная (M) — максимально возможное содержание водяных паров в воздухе при данной температуре (состояние насыщения). Относительная влажность (B) определяется отношением абсолютной влажности A к максимальной M и выражается в процентах:

$$B = \frac{A}{M} 100\%.$$

Физиологически оптимальной является относительная влажность в пределах 40...60%. Повышенная влажность воздуха (более 75...85%) в сочетании с низкими температурами оказы-

вает значительное охлаждающее действие, а в сочетании с высокими — способствует перегреванию организма. Относительная влажность менее 25% также неблагоприятна для человека, так как приводит к высыханию слизистых оболочек и снижению защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Подвижность воздуха. Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости примерно 0,1 м/с. Легкое движение воздуха при обычных температурах способствует хорошему самочувствию, сдувая обволакивающий человека насыщенный водяными парами и перегретый слой воздуха. В то же время большая скорость движения воздуха, особенно в условиях низких температур, вызывает увеличение теплопотерь конвекцией и испарением и ведет к сильному охлаждению организма. Особенно неблагоприятно действует сильное движение воздуха при работах на открытом воздухе в зимних условиях.

Человек ощущает воздействие параметров микроклимата комплексно. На этом основано введение так называемых эффективной и эффективно-эквивалентной температур. *Эффективная* температура характеризует ощущения человека при одновременном воздействии температуры и движения воздуха. *Эффективно-эквивалентная* температура учитывает еще влажность воздуха. Номограмма для нахождения эффективно-эквивалентной температуры и зоны комфорта была построена опытным путем (рис. 7).

Тепловое излучение свойственно любым телам, температура которых выше абсолютного нуля.

Тепловое воздействие облучения на организм человека зависит от длины волны и интенсивности потока излучения, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, вида одежды человека. Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи видимого спектра и короткие инфракрасные лучи с длиной волны 0,78...1,4 мкм, которые плохо задерживаются кожей и глубоко проникают в биологические ткани, вызывая повышение их температуры, например длительное облучение такими лучами глаз ведет к помутнению хрусталика (профессиональной катаракте). Инфракрасное излучение вызывает также в организме человека различные биохимические и функциональные изменения.

В производственных условиях встречается тепловое излучение в диапазоне длин волн от 100 нм до 500 мкм. В горячих цехах это в основном инфракрасная радиация с длиной волны до 10 мкм. Интенсивность облучения рабочих горячих цехов меняется в широких пределах: от нескольких десятых долей до 5,0...7,0 кВт/м². При интенсивности облучения более 5,0 кВт/м²

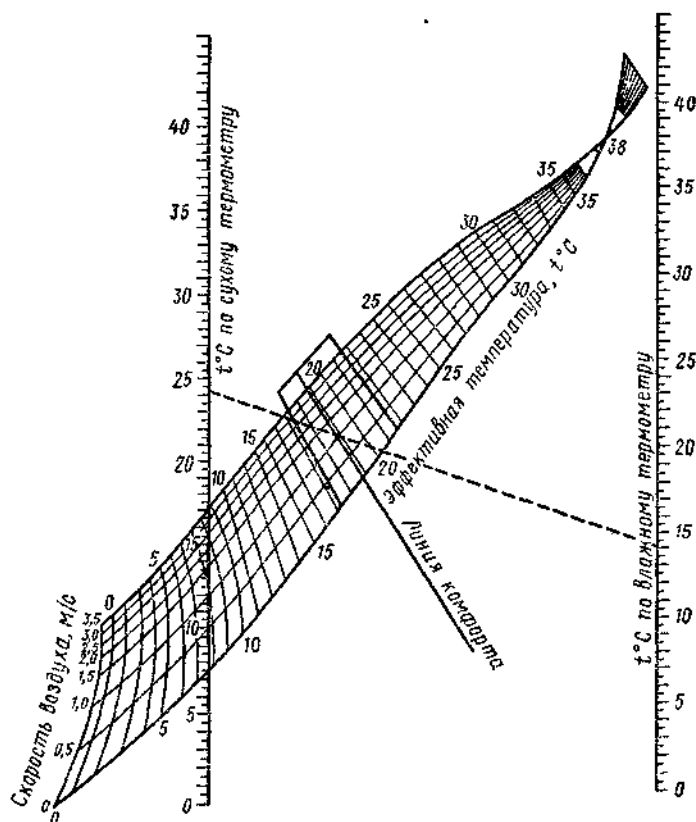


Рис. 7. Номограмма для определения эффективной температуры и зоны комфорта

в течение 2...5 мин человек ощущает очень сильное тепловое воздействие. Интенсивность же теплового облучения на расстоянии 1 м от источника теплоты на горновых площадках доменных печей и у мартеновских печей при открытых заслонках достигает 11,6 кВт/м².

Допустимый для человека уровень интенсивности теплового облучения на рабочих местах составляет 0,35 кВт/м² (ГОСТ 12.4.123—83 «ССБТ. Средства защиты от инфракрасного излучения. Классификация. Общие технические требования»).

§ 5. Гигиеническое нормирование производственного микроклимата

Нормативные документы по нормированию микроклимата начали создаваться в нашей стране с первых лет Советской власти. Так, например, в «Общих обязательных постановлениях об устройстве и содержании промышленных зданий» (1920 г.) для рабочих помещений регламентировалась температура воздуха 12...18°C и относительная влажность 50...70%.

По мере укрепления экономики создавались предпосылки для дальнейшей нормализации микроклимата. Существенным шагом вперед явились санитарные нормы (СН 245—63 и СН 245—71), в которых уже нормировались как допустимые, так и оптимальные параметры микроклимата. В настоящее время основным нормативным документом является ГОСТ 12.1.005—76 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

В основу принципа нормирования метеорологических условий производственной среды положена дифференцированная оценка оптимальных и допустимых метеорологических условий в рабочей зоне в зависимости от тепловой характеристики производственного помещения, категории работ по тяжести и времени года.

Под *оптимальными* микроклиматическими условиями понимают такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для хорошей работоспособности.

Допустимыми микроклиматическими условиями называют такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряженную работу механизма терморегуляции, не выходящую за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

По тепловой характеристике все производственные помещения делятся на помещения с незначительными избытками явной теплоты (не более 23 Дж/(м³·с) и значительными избытками явной теплоты, превышающими 23 Дж/(м³·с). По-

мещения, цехи и участки со значительными избытками явной теплоты относят к категории «горячих цехов».

Характеристика категорий работ по тяжести, принятая в ГОСТ 12.1.005-76, приведена в табл. 4.

Таблица 4

Категория работ	Характеристика работ	Энергозатраты, Вт
Легкая (категория I)	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей	< 172
Средней тяжести (категория IIа)	Работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей	172...232
Средней тяжести (категория IIб)	Работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей	232...293
Тяжелая (категория III)	Работы, связанные с систематическим напряжением, в частности с постоянным передвижением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей	> 293

Оптимальные параметры микроклимата приведены в табл. 5.

Таблица 5

Сезон	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходный (среднесуточная температура воздуха ниже +10 °С)	Легкая (I)	20...23	60...40	0,2
	Средней тяжести (IIа)	18...20	60...40	0,2
	Средней тяжести (IIб)	17...19	60...40	0,3
	Тяжелая (III)	16...18	60...40	0,3
Теплый (среднесуточная температура воздуха +10 °С и выше)	Легкая (I)	22...25	60...40	0,2
	Средней тяжести (IIа)	21...23	60...40	0,3
	Средней тяжести (IIб)	20...22	60...40	0,4
	Тяжелая (III)	18...21	60...40	0,5

Кроме оптимальных в ГОСТ 12.1.005—76 приведены допустимые значения параметров микроклимата, а также различные дополнения и уточнения.

§ 6. Способы нормализации микроклимата производственных помещений

Создание оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях является сложной задачей, решение которой идет в следующих направлениях.

Рациональные объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий. Горячие цехи размещают по возможности в одноэтажных одно- и двухпролетных зданиях. Внутренние дворы располагают так, чтобы обеспечивалось их хорошее проветривание. По периметру здания не рекомендуется размещать пристройки, мешающие поступлению свежего воздуха. Само здание располагают так, чтобы продольная ось аэрационного фонаря составляла с направлением господствующего летнего ветра угол в $90...60^\circ$. Для защиты от поступления в производственные помещения холодного воздуха входы оборудуют шлюзами, дверные проемы — воздушными завесами. Используют двойное остекление окон, утепляют ограждения, полы и т. п.

Рациональное размещение оборудования. Основные источники теплоты желательно располагать непосредственно под аэрационным фонарем, у наружных стен здания и в один ряд на таком расстоянии друг от друга, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались на рабочих местах. Нельзя размещать остывающие материалы на путях притока свежего воздуха. Для охлаждения горячих изделий следует предусматривать отдельные помещения. Наилучшим решением является размещение теплоизлучающего оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках.

Механизация и автоматизация производственных процессов. В этом направлении сейчас делается многое. Внедряются механическая загрузка печей в металлургии, трубопроводный транспорт для жидкого металла, установки непрерывной разливки стали и т. п.

Дистанционное управление и наблюдение позволяет во многих случаях вывести человека из неблагоприятных условий. Примером может служить дистанционное управление грузоподъемными кранами в горячих цехах.

Внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования. Например, замена горячего способа обработки металла холодным, пламенного нагрева — индукционным,

кольцевых печей в производстве кирпича — туннельными и т. п.

Рациональная тепловая изоляция оборудования. Сейчас существует много различных видов теплоизоляционных материалов. К неорганическим материалам относятся: диатомит, асбест, асбоцемент, совелит, слюда, вермикулит, минеральные вата и войлок, стекловата и стеклоткань, пеностекло, ячеистый бетон, пенобетон, керамзит, пемза и др. Органическими изоляционными материалами являются пробковые, торфопенопласты и древесноволокнистые плиты, древесные опилки, пенопласт и др.

Эффективность тепловой изоляции во многом зависит от правильного ее выбора. При температуре теплоизлучающей поверхности 500...600 °С применяют асбест, совелитовый порошок, минеральную вату; при температуре 800...900 °С — асбозурит, диатомитовый кирпич; при температуре более 1000 °С — вермикулит, специальные керамические плитки и т. п.

Защита работающих различными видами экранов. Применяют экраны для экранирования источников теплового излучения и для экранирования рабочих мест. Защитные экраны бывают однослойные, многослойные, прозрачные, непрозрачные, с воздушной или водяной прослойкой. По принципу действия оградительные устройства бывают теплоотражательные, теплоотводящие, теплопоглощающие и комбинированные (ГОСТ 12.4.123—83). Хорошей защитой от теплового излучения являются водяные завесы¹.

Рациональная вентиляция и отопление. Они являются наиболее распространенными способами нормализации микроклимата в производственных помещениях. (Вентиляция подробнее рассмотрена в § 7 настоящей главы.) Для создания допустимого микроклимата на отдельных рабочих местах широко применяются воздушные души. Воздушный душ представляет собой поток воздуха, направляемый непосредственно на работающего. Температура и скорость движения воздуха при воздушном душировании регламентируются (СН 245—71) в зависимости от категории работы по тяжести, интенсивности теплового облучения работающего и периода года.

Обеспечить нормальные тепловые условия в холодное время года в современных крупнообъемных и облегченных промышленных зданиях очень трудно и экономически нецелесообразно. Наиболее перспективным в этом отношении является применение лучистого обогрева постоянных рабочих мест и от-

¹ См.: Бринза В. Н., Зиньковский М. М. Охрана труда в черной металлургии. М., 1982, с. 89—92.

дельных участков. Для этого используют специальные газовые инфракрасные или электрические «темные» (до 500°С) излучатели.

Рационализация режимов труда и отдыха. Это достигается сокращением продолжительности рабочей смены, введением дополнительных перерывов, созданием условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями. В ряде случаев такие комнаты оборудуют панелями радиационного охлаждения или обогрева. Если организовать отдельные помещения трудно, то создают в горячих цехах зоны отдыха — «оазисы», где средствами вентиляции обеспечивается нормальная температура и подвижность воздуха.

Для работающих на открытом воздухе в зимних условиях оборудуют комнаты обогрева, где температуру поддерживают несколько выше комфортной.

Использование средств индивидуальной защиты: спецодежды, спецобуви, средств защиты рук и головных уборов.

Для защиты от воздействия высокой и низкой температур, облучения, пламени, отлетающих искр, окалины и брызг расплавленного металла в зависимости от условий труда применяется термозащитная спецодежда разных видов. При небольшой интенсивности теплооблучения используются хлопчатобу-

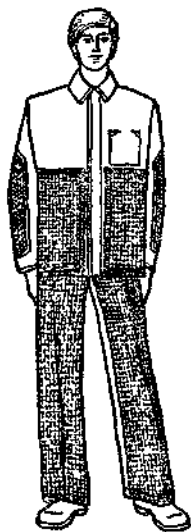


Рис. 8. Костюм мужской для работы в горячих цехах

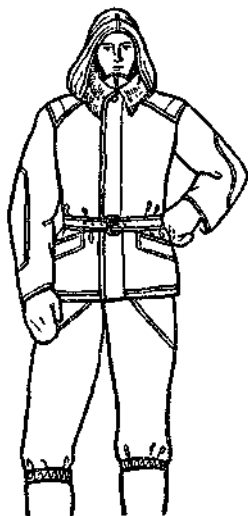


Рис. 9. Костюм мужской для работы в особых метеорологических условиях

мажные ткани с огнестойкой пропиткой, в более жестких условиях (при большом теплооблучении) применяют сукно, асбестовые или металлизированные ткани. Часто применяют спецодежду из комбинированных тканей или делают защитные нашивки из искростойкой ткани на местах, которые могут подвергаться воздействию искр и брызг расплавленных веществ (рис. 8). Для кратковременной работы в условиях очень высоких температур (до 300...500 °С) разработаны специальные теплозащитные пневмокомбинезоны и скафандры с подачей воздуха для дыхания с помощью шланга от источника питания.

Спецодежда для защиты от низкой температуры, ветра и атмосферных осадков в зависимости от условий труда изготавливается из хлопчатобумажных и смешанных тканей с водоотталкивающими и другими пропитками, из искусственного меха и синтетических утеплителей. Комплект спецодежды должен обязательно дополняться эффективными средствами для защиты от холода ног, рук и головы. Особенно большое значение имеет качество спецодежды для работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера. Кроме традиционных комплектов утепленной спецодежды (рис. 9) разработаны электрообогревающие комплекты «Пингвин», «Енот» и др.

§ 7. Вентиляция производственных помещений

Под *вентиляцией* понимают систему мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологических условий и чистоты воздушной среды, соответствующих гигиеническим и техническим требованиям.

Рационально спроектированные и правильно эксплуатируемые вентиляционные системы способствуют улучшению самочувствия работающих и повышению производительности труда. По имеющимся данным, кондиционирование воздуха может повысить производительность труда на 4...10%.

Системы вентиляции классифицируют по способу перемещения воздуха, направлению потока воздуха, зоне действия, времени работы.

В зависимости от способа перемещения воздуха различают вентиляцию *естественную* и *механическую*. Естественную вентиляцию подразделяют на организованную и неорганизованную. Организованная естественная вентиляция может быть канальной и бесканальной (аэрация).

Аэрация — это организованная управляемая естественная вентиляция, осуществляемая за счет разности гравитационного давления наружного и внутреннего воздуха и действия ветра.

В этом случае необходимый воздухообмен в здании может быть обеспечен только при устройстве открывающихся отверстий достаточной площади. Аэрацию предусматривают, если с ее помощью могут быть обеспечены нормируемые условия воздушной среды и если она допустима по технологическим условиям. Особенно целесообразно устройство аэрации в горячих цехах.

При неорганизованной естественной вентиляции воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери и т. п. Если перемещение воздуха производят с помощью вентиляторов с электроприводом, вентиляцию называют механической.

Существуют и смешанные системы вентиляции.

В зависимости от направления потока воздуха вентиляция бывает *приточной* и *вытяжной*. Вентиляцию в производственных зданиях обычно выполняют приточно-вытяжной.

По зоне действия различают вентиляцию *общеобменную*, *местную* и *смешанную* (комбинированную). При общеобменной вентиляции происходит обмен воздуха во всем помещении. Она применяется тогда, когда выделения вредных факторов незначительны и равномерно распределены по всему объему помещения. Местная вентиляция может быть вытяжной и приточной. Вытяжная предназначена для удаления воздуха непосредственно от мест образования или выхода вредных выделений, приточная — для подачи чистого воздуха на определенные рабочие места или участки.

Интенсивность вентиляции характеризуется *кратностью воздухообмена*, которая подсчитывается по формуле

$$K = L/V,$$

где L — объем воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения, м³/ч; V — объем вентилируемого помещения, м³.

Местная приточная вентиляция создает в ограниченном пространстве помещения (не изолированном или изолированном жесткими стенками) участок воздушной среды, отличающийся по микроклиматическим условиям от всего остального помещения. Местную приточную вентиляцию осуществляют в виде воздушных душей или воздушных оазисов.

Воздушный душ — это подача на человека струи воздуха заданных параметров (температура, влажность, скорость). Для устройства воздушного оазиса часть рабочей площадки отделяют вертикальными (чаще всего стеклянными) щитами, между которыми оставляют необходимые проходы. Выгороженную часть, имеющую открытый верх, «затопляют» приточным воздухом необходимых параметров. Воздушное душирование надлежит обязательно предусматривать на по-

стоянных рабочих местах при воздействии на работающих лучистой теплоты с интенсивностью $0,35 \text{ кВт/м}^2$ и более (СН 245—71).

Приточную вентиляцию используют также для создания подпора воздуха в тамбур-шлюзах, предотвращающих перетекание воздуха из одного помещения в другое.

Воздушная завеса создается струей воздуха, поступающей из узкой длинной щели под некоторым углом навстречу потоку холодного воздуха. Канал со щелью располагают сбоку или снизу от дверного проема. В холодные периоды года воздушные завесы предотвращают поступление в цех больших масс холодного наружного воздуха.

Местная вытяжная вентиляция осуществляется с помощью местных отсосов, а также патрубков, решеток, панелей и т. п. В тех случаях, когда источник производственных вредностей можно заключить внутри пространства, огражденного жесткими стенками, местные отсосы устраивают в виде вытяжных шкафов, кожухов, витринных отсосов (рис. 10, а—в). Если по условиям технологии или обслуживания источник вредности нельзя заключить в кожух, то над таким источником или около него устраивается вытяжной зонтик. При этом поток удаляемых вредных веществ не должен проходить через зону дыхания работающего.

Когда загрузку и выгрузку обрабатываемых изделий производят с помощью подъемно-транспортных устройств, исключая возможность сооружения укрытий, устраивают бортовые отсосы (рис. 11). Примером могут служить бортовые отсосы гальванических и травильных ванн. Бортовой отсос выполняют в виде щелевидного отверстия, расположенного с одной или с обеих длинных сторон ванны или с двух смежных сторон (угловой отсос). Кроме обычных бортовых от-

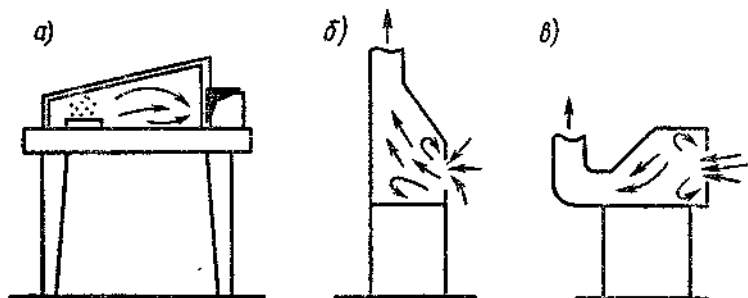


Рис. 10. Местные вытяжные устройства закрытого типа:

а — витринный отсос; б — вытяжной шкаф с верхним отсосом; в — вытяжной шкаф с нижним отсосом

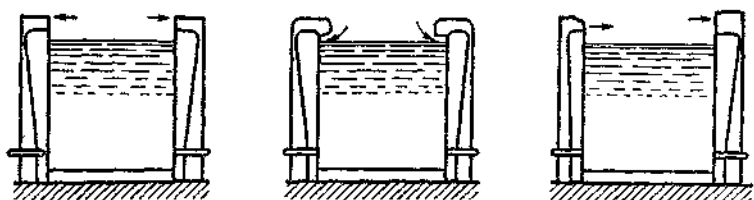


Рис. 11. Бортовые отсосы

сосов применяют передувки. Из узкой щели, расположенной у одной длинной стороны ванны, подают струю воздуха, а с противоположной стороны через более широкую щель производят отсос. Передувками могут быть также оборудованы вытяжные зонты, шкафы и т. п.

Процесс создания и автоматического поддержания в производственном помещении определенных параметров воздушной среды называют *кондиционированием*. При кондиционировании независимо от наружных метеорологических условий и режима работы технологического оборудования в помещении поддерживаются необходимые температура, относительная влажность, чистота и скорость движения воздуха. Различают *комфортное* и *технологическое кондиционирование* воздуха. Целью комфортного кондиционирования является создание в помещениях воздушной среды, наиболее благоприятной для работы и отдыха людей, что способствует повышению производительности труда и снижению заболеваемости. Технологическое кондиционирование воздуха обеспечивает создание параметров воздушной среды, удовлетворяющих требованиям технологического процесса. При этом для помещений, где работают люди, учитываются и санитарно-гигиенические требования.

При решении вопроса о целесообразности кондиционирования воздуха необходимо учитывать вопросы экономики.

В состав систем кондиционирования воздуха входит оборудование для обработки воздуха, его перемещения и распределения, источники тепло- и холодоснабжения, средства автоматического регулирования. Основным узлом является кондиционер. Отечественной промышленностью выпускаются неавтономные (без холодильной машины) и автономные кондиционеры (со встроенной холодильной машиной).

Воздух из помещений, где установлены кондиционеры, как правило, удаляется специальной вытяжной системой. В целях экономии теплоты (зимой) и холода (летом) часть этого воздуха не выбрасывается наружу, а снова поступает в кондиционер

для обработки. Такая система вентиляции называется *рециркуляцией воздуха*.

Аварийная вентиляция предназначена для быстрого удаления из помещений значительных объемов воздуха с большим содержанием вредных и взрывоопасных веществ, поступающих в помещение при нарушении технологического режима и авариях. Аварийная вентиляция, как правило, проектируется вытяжной. Она должна обеспечивать (как минимум) восьмикратный воздухообмен в помещениях, где отсутствуют постоянно действующие механические вытяжные системы. В случае наличия последних суммарный воздухообмен должен быть не менее восьмикратного.

Вентиляция считается эффективной, если она обеспечивает соответствие состояния воздуха рабочей зоны требованиям действующих нормативных документов (СН 245-71 и ГОСТ 12.1.005-76).

Общие положения, касающиеся устройства вентиляции в производственных помещениях, изложены также в СНиП П-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Количество воздуха, необходимого для вентиляции производственного помещения, следует определять расчетом, и только в редких случаях допускается его устанавливать по кратности воздухообмена. В соответствии с характером технологического процесса воздухообмен нужно рассчитывать по избыткам явной теплоты (тепловыделения), по избыткам явной теплоты, влаги и скрытой теплоты (тепло- и влаговыделения), по количеству выделяющихся вредностей (выделения вредных паров, газов, пыли). При одновременном выделении теплоты, влаги, вредных веществ следует рассчитывать воздухообмен для каждого из этих факторов и принимать наибольшее из полученных значений. Расчетные соотношения приведены в СНиП П-33-75.

Объем L подаваемого в помещение свежего воздуха, необходимого для удаления избыточной теплоты (без учета количества теплоты, уносимой из помещения с воздухом, удаляемым через местные отсосы), определяется следующим соотношением:

$$L = \frac{3600 Q_{изб}}{c_p \rho (T_y - T_n)},$$

где $Q_{изб}$ — избыточная теплота, Дж/с; c_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг · К); ρ — плотность воздуха при 293 К, кг/м³; T_y — температура удаляемого воздуха,

K ; T_n — температура воздуха, подаваемого в помещение, K .

При определении объема подаваемого в помещение воздуха, необходимого для разбавления до допустимых концентраций выделяющихся вредных паров или газов (без учета действия местных отсосов), используется соотношение

$$L = \frac{z}{z_y - z_n},$$

где z — количество вредных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч; z_y — содержание вредных веществ в воздухе, удаляемом из помещения, мг/м³; z_n — содержание вредных веществ в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³.

Если подаваемый в помещение воздух не содержит вредных веществ, то z_n принимается равным нулю. Содержание вредного вещества в удаляемом из рабочей зоны воздухе z_y не должно превышать ПДК этого вещества в воздухе рабочей зоны, т. е. $z_y \leq \text{ПДК}$.

Санитарными нормами (СН 245 — 71) регламентируется также минимальное количество воздуха, подаваемое в производственное помещение в расчете на одного работающего. Это количество зависит от объема помещения, приходящегося на одного человека. Если этот объем меньше 20 м³, то следует предусматривать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м³/ч на каждого работающего. Если объем помещения на одного человека превышает 20 м³, то нужно подавать воздуха не менее 20 м³/ч на каждого работающего.

В помещениях, где имеются окна или окна и фонари и на одного работающего приходится более 40 м³, при отсутствии вредных и неприятно пахнущих веществ допускается предусматривать периодически действующую естественную вентиляцию (проветривание). В помещениях без естественного проветривания объем подаваемого наружного воздуха должен составлять не менее 60 м³/ч на одного работающего, но не меньше однократного воздухообмена. При использовании в таких помещениях рециркуляции воздуха нормами очень жестко оговариваются объемы подачи наружного воздуха на одного работающего при разных условиях.

Рециркуляцию нельзя устраивать в помещениях, в воздухе которых могут содержаться болезнетворные бактерии, вирусы и грибки или имеют место резко выраженные неприятные запахи. Она недопустима также, если в воздух вентилируемого помещения выделяются вредные вещества 1-го, 2-го, 3-го классов опасности (за исключением некоторых специальных случаев).

В холодный и переходный периоды года воздух, подаваемый в помещение системами механической вентиляции, должен подогреваться. Температуру и скорость подаваемого воздуха следует рассчитывать в соответствии с «Указаниями по расчету приточных воздуходелительных устройств» (серия АЗ-358) для того, чтобы метеорологические условия в рабочей зоне соответствовали нормам. При естественной вентиляции холодный воздух не должен непосредственно действовать на работающих. У ворот, открывающихся чаще пяти раз в смену (или не менее чем на 40 мин), необходимо предусматривать воздушные или воздушно-тепловые завесы, причем на время открывания ворот и дверей температура воздуха на постоянных рабочих местах в зависимости от тяжести выполняемой работы не должна опускаться ниже 8...14°C.

Правильный выбор систем вентиляции имеет большое санитарно-гигиеническое и экономическое значение, при этом можно руководствоваться несколькими общими положениями:

необходимо максимально использовать местные вытяжные системы для предотвращения распространения вредностей по всему объему помещения;

механическую вентиляцию следует применять только в тех случаях, когда требуемые параметры воздушной среды не могут быть обеспечены естественной вентиляцией;

при проектировании механической вентиляции необходимо предусматривать установку резервных вентиляторов с электродвигателями, включаемыми автоматически, или сооружать не менее двух приточных и двух вытяжных установок, обеспечивающих при включении одной из них объем соответственно вытяжки или притока не менее 50 % требуемого воздухообмена;

приточную вентиляцию целесообразно совмещать с воздушным отоплением, при этом необходимо учитывать возможность выхода из строя вентиляционной системы и необходимость в любом случае поддержания температуры в помещении не ниже +5°C;

температуру воздуха, выходящего из воздухораспределителей, расположенных в пределах рабочей зоны, следует принимать не более 45°C и не менее 5°C.

Большое внимание при проектировании и эксплуатации вентиляционных установок должно быть уделено борьбе с шумом. Работа вентиляционных установок любых систем характеризуется значительным шумом, который ни в коем случае не должен увеличивать уровень шума в помещениях выше допустимого для этих помещений нормами ГОСТ 12.1.003-83.

Даже хорошо спроектированная вентиляционная система не

будет эффективно работать при отсутствии необходимого ухода и контроля. Контроль санитарно-гигиенической эффективности вентиляции заключается в периодическом обследовании санитарного состояния воздушной среды в производственных помещениях. Целесообразно при отсутствии в помещении вредных веществ проводить такой контроль не реже двух раз в год (зимой и летом). При наличии вредных выделений проверку санитарного состояния воздуха можно проводить от 1 раза в квартал до 1...2 раз в смену.

Вентиляция помещений взрывопожароопасных производств обладает целым рядом особенностей и регламентируется строительными нормами и правилами и специальными указаниями.

Большое внимание сейчас уделяется предотвращению загрязнения окружающей среды вредными веществами, содержащимися в выбрасываемом из производственных помещений вентиляционном воздухе. Сохранение чистоты воздуха в пределах территории предприятия является основным условием его использования для проветривания производственных помещений. Удаляемый местными отсосами воздух должен обязательно очищаться перед выбросом в атмосферу. Если по техническим причинам очистка невозможна, должен производиться расчет рассеивания в атмосфере вредных веществ в соответствии с СН 369—74. В основу расчета положено требование, чтобы наибольшая концентрация каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы не превышала максимальной разовой предельно допустимой концентрации данного вещества в атмосферном воздухе, установленной СН 245—71. Методика расчета позволяет найти предельно допустимый выброс (ПДВ) и его минимальную высоту. Допустимое содержание пыли в выбрасываемом воздухе установлено СНиП II-33—75.

Глава 9

ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ

§ 1. Ионизирующие излучения, их действие на организм человека и гигиеническое нормирование

Ионизирующим излучением называется любое излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды (образование заряженных атомов или молекул — ионов). Ионизирующими свойствами обладают космические лучи, природными источни-

ками ионизирующих излучений на Земле являются естественно распределенные на ней радиоактивные вещества. Искусственными источниками ионизирующих излучений являются ядерные реакторы, ускорители заряженных частиц, рентгеновские установки, искусственные радиоактивные изотопы.

Источники ионизирующих излучений широко применяются в различных областях народного хозяйства, например: для дефектоскопии металлов, контроля качества сварных соединений, автоматического контроля технологических операций, определения уровня агрессивных сред в замкнутых объемах, борьбы со статическим электричеством и др. Они используются также в сельском хозяйстве, геологической разведке, медицине, атомной энергетике и т. п.

Контакт с ионизирующими излучениями представляет серьезную опасность для человека. Однако при соблюдении определенных технических и организационных требований применение радиоактивных веществ безопасно.

Ионизирующее излучение бывает электромагнитным (фотонным) и корпускулярным. К электромагнитному излучению относится гамма-излучение и рентгеновское излучение. Корпускулярное излучение представляет собой поток частиц с массой покоя отличной от нуля (альфа- и бета- частиц, протонов, нейтронов и др.).

Для количественной оценки ионизирующего действия рентгеновского и гамма-излучения в сухом атмосферном воздухе используется понятие *экспозиционной дозы*. Экспозиционная доза X представляет собой отношение полного заряда ионов одного знака, возникающих в малом объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме:

$$X = dQ/dm,$$

где Q — полный заряд ионов одного знака; m — масса воздуха.

За единицу экспозиционной дозы принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Применяется также внесистемная единица — рентген (Р); $1Р = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Биологическое действие ионизирующих излучений на живой организм в первую очередь зависит от поглощенной энергии излучения.

Поглощенная доза излучения D — это физическая величина, равная отношению средней энергии, переданной излучением веществу в некотором элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме:

$$D = dE/dm,$$

где E — энергия; m — масса вещества.

Единицей поглощенной дозы является грей (Гр); 1 Гр = = 1 Дж/кг. Применяется также прежняя единица рад. 1 рад = = 0,01 Гр.

Многочисленные исследования показали, что действие ионизирующих излучений на организм зависит не только от поглощенной дозы и ее фракционирования во времени, но и от пространственного распределения поглощенной энергии, которое характеризуется линейной передачей энергии (ЛПЭ) заряженных частиц в среде.

Для сравнения биологического действия различных видов излучения при решении задач радиационной защиты используют коэффициент качества, определенным образом связанный с ЛПЭ.

Коэффициент качества излучения Q — это безразмерная величина, характеризующая зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах от полной ЛПЭ излучения.

Значения коэффициента качества для некоторых видов излучения при длительном облучении всего тела приведены в табл. 6.

Таблица 6

Вид излучения	Коэффициент качества Q
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Электроны и позитроны, бета-излучение	1
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1...10 МэВ	10
Альфа-излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

Для оценки радиационной опасности хронического действия излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы* облучения H , которая определяется как произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества излучения в данной точке ткани:

$$H = DQ.$$

В качестве единицы измерения эквивалентной дозы принят зиверт (Зв); 1 Зв = 1 Дж/кг. Применяется также единица бэр (биологический эквивалент рада); 1 бэр = 0,01 Зв. Зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр и коэффициент качества излучения равен единице.

Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, отнесенные к единице времени, носят название мощности соответствующих доз.

В результате воздействия ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить сложные физические, химические и биохимические процессы. По современным воззрениям основной механизм действия ионизирующих излучений связан с процессами ионизации атомов и молекул живой материи, в частности молекул воды, содержащихся в органах и тканях. При этом нарушается нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ в организме. В зависимости от поглощенной дозы излучения и от индивидуальных особенностей организма вызванные изменения могут быть обратимыми и необратимыми. При небольшой дозе пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Длительное воздействие доз, превышающих предельно допустимую, может вызвать необратимое поражение отдельных органов или всего организма и проявиться в хронической форме лучевой болезни. Отдаленными последствиями лучевого поражения могут быть лучевые катаракты, злокачественные опухоли и т. п.

Любой вид ионизирующих излучений вызывает биологические изменения в организме как при внешнем (источник находится вне организма), так и при внутреннем облучении (радиоактивные вещества попадают внутрь организма, например, через рот или органы дыхания).

При однократном облучении всего тела человека возможны следующие биологические нарушения в зависимости от суммарной поглощенной дозы излучения:

- До 0,25 Гр — видимых нарушений нет
- 0,25...0,50 Гр — возможны изменения в крови
- 0,5...1,0 Гр — изменения в крови, нормальное состояние трудоспособности нарушается
- 1,0...2,0 Гр — нарушение нормального состояния, возможна потеря трудоспособности
- 2,0...4,0 Гр — потеря трудоспособности, возможен смертельный исход
- 4,0...5,0 Гр — смертельные случаи составляют 50% от общего числа пострадавших
- 6,0 Гр и более — смертельные случаи достигают 100% общего числа пострадавших

При облучении в дозах, превышающих в 100—1000 раз смертельную дозу, человек может погибнуть во время облучения («смерть под лучом»).

Важным фактором при воздействии ионизирующего излучения на организм является время облучения. С увеличением мощности дозы поражающее действие излучения возрастает. Фракционирование дозы облучения во времени снижает его поражающее действие.

Чувствительность различных тканей и органов человека к действию облучения неодинакова. Поэтому введено такое понятие, как критический орган. Критический орган — орган, ткань, часть тела или все тело, облучение которого в данных условиях причиняет наибольший ущерб здоровью. В зависимости от радиочувствительности они объединены в три группы:

I группа — все тело, гонады, красный костный мозг;

II группа — мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением относящихся к I и III группам;

III группа — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

В нашей стране на основе глубоких экспериментальных исследований создано научно обоснованное санитарное законодательство, разработаны ПДК во внешней среде практически для всех наиболее часто применяемых радиоактивных изотопов, безопасные уровни облучения человека и многие другие вопросы гигиенического нормирования. Конкретные значения физических параметров, принятых в качестве нормативных величин, приведены в Нормах радиационной безопасности (НРБ — 76), которые предусматривают следующие основные принципы радиационной безопасности: не превышение установленного основного дозового предела; исключение всякого необоснованного облучения; снижение дозы излучения до возможно низкого уровня.

В СССР, согласно НРБ — 76, по допустимым основным дозовым пределам установлены следующие категории облучаемых лиц:

A — персонал, т. е. лица, непосредственно работающие с источниками ионизирующих излучений;

B — ограниченная часть населения, т. е. лица, непосредственно не занятые на работе с источниками ионизирующих излучений, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могущие подвергаться воздействию ионизирующих излучений, применяемых в учреждениях и (или) удаляемых во внешнюю среду с отходами;

B — все население.

Установлены три класса нормативов: основные дозовые пределы; допустимые уровни; рабочие контрольные уровни.

В качестве основных дозовых пределов в зависимости от группы критических органов для категории А устанавливается предельно допустимая доза за год (ПДД), а для категории Б — предел дозы за год (ПД) (табл. 7).

Таблица 7

Группа критических органов	Предельно допустимая доза для категории А за год, Зв	Предел дозы для категории Б за год, Зв
I	0,05	0,005
II	0,15	0,015
III	0,30	0,03

Примечание. Для категории А (за исключением женщин до 40 лет) распределение дозы внешнего облучения в течение года не регламентируется.

Предельно допустимой дозой (ПДД) считается такой годовой уровень облучения персонала, который не вызывает при равномерном накоплении дозы в течение 50 лет обнаруживаемых современными методами неблагоприятных изменений в состоянии здоровья самого облучаемого и его потомства.

Кроме ПДД «Нормы радиационной безопасности» устанавливают целый комплекс других допустимых уровней, использование которых необходимо при проведении радиационного контроля и разработке мероприятий по радиационной защите.

§ 2. Защита от воздействия ионизирующих излучений

В нашей стране защита работающих от воздействия ионизирующих излучений обеспечена системой общегосударственных мероприятий. Органы санитарного надзора осуществляют систематический контроль за соблюдением требования радиационной безопасности на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации предприятий и лабораторий.

Разработаны Основные санитарные правила (ОСП — 72/80) работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, где содержатся требования и нормы радиационной безопасности применительно к конкретным видам работ, проводимым при воздействии ионизирующих излучений. Они регламентируют размещение учреждений, участков и установок, предназначенных для работы с источниками ионизирующих излучений; организацию работ; порядок получения, учета, хранения и перевозки источников излучения; правила работы с закрытыми источниками излучения и с радиоактивными

веществами в открытом виде; устройство вентиляции, пылегазоочистки, отопления, водоснабжения и канализации; требования к сбору, удалению, обезвреживанию радиоактивных отходов, а также дезактивации помещений и оборудования, меры индивидуальной защиты и личной гигиены; вопросы радиационного контроля.

Общие технические требования к средствам коллективной защиты от ионизирующих излучений установлены также ГОСТ 12.4 120—83.

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с закрытыми источниками излучения, основные усилия должны быть направлены на предупреждение переоблучения персонала путем увеличения расстояния между оператором и источником (защита расстоянием); сокращения продолжительности работы в поле излучения (защита временем); экранирования источника излучения (защита экранами).

Закрытыми называются источники ионизирующих излучений, устройство которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду. Например, на атомных электростанциях процессы управления работой реактора автоматизированы и осуществляются дистанционно. Активную зону реактора, системы отвода теплоты от реактора, помещения хранения и извлечения отработанных стержней и другие участки ограждают системой защитных оболочек, ослабляющих уровень излучения до безопасного. В лабораторных условиях также широко применяется дистанционное управление работой оборудования, дающее возможность выполнять операции с радиоактивными веществами на расстоянии (копирующие и координатные манипуляторы, смотровые системы) и контроль за технологическим процессом. Чаще всего используются копирующие манипуляторы с комплектом инструментов, необходимых для работы (захваты, зажимы и т. п.). Эти манипуляторы представляют собой механические устройства, имеющие ряд блоков, позволяющих копировать движения рук оператора.

Защита от внутреннего облучения требует исключения непосредственного контакта с радиоактивными веществами в открытом виде и предотвращения попадания их в воздух рабочей зоны.

Под внутренним облучением понимают воздействие на организм ионизирующих излучений радиоактивных веществ, находящихся внутри организма.

В зависимости от удельной активности (радиационной опасности) радиоактивные вещества в открытом виде делятся на 4 группы — А, Б, В, Г (в убывающей последовательности).

Радиационная опасность радиоактивного вещества характеризуется минимально значимой активностью — наибольшей активностью на рабочем месте, не требующей регистрации или получения разрешения органов Государственного надзора.

Активность того или иного радиоактивного вещества определяется числом спонтанных ядерных превращений в этом веществе за малый промежуток времени, деленным на этот промежуток. Единицей активности является одно ядерное превращение в секунду. Называется эта единица — беккерель (Бк). Используется также старая единица — кюри (Ки). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Под удельной активностью понимают активность, отнесенную к единице массы или объема, например Ки/г, Ки/л и т. п.

Все работы с открытыми источниками подразделяются на три класса. Установленные ОСП — 72/80 классы работ в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и фактической его активности на рабочем месте представлены в табл. 8.

Таблица 8

Группа радиационной опасности	Минимально значимая активность (МЗА), мкКи	Активность на рабочем месте, мкКи		
		Класс работ		
		I	II	III
А	0,1	$> 10^4$	$10 \dots 10^4$	$0,1 \dots 10$
Б	1,0	$> 10^5$	$100 \dots 10^2$	$1 \dots 100$
В	10,0	$> 10^6$	$10^3 \dots 10^6$	$10 \dots 10^3$
Г	100,0	$> 10^7$	$10^4 \dots 10^7$	$10^2 \dots 10^4$

Класс работы определяет требования к устройству и размещению помещений, в которых проводятся работы с открытыми источниками ионизирующих излучений. На дверях таких помещений должен быть помещен знак радиационной опасности и указан класс работы.



Рис. 12. Знак радиационной опасности

Знак радиационной опасности представляет собой треугольник, форма и размеры которого должны соответствовать требованиям ГОСТ 17925—72 (рис. 12).

Работы III класса могут проводиться в обычных лабораториях, оборудованных вытяжными шкафами.

Наиболее сложные требования предъявляются к размещению и оборудованию помещений, где проводят-

ся работы I класса. Эти помещения должны находиться в отдельном здании или изолированной части зданий с отдельным входом через санпропускник и разделяться на три зоны. В первой зоне размещают камеры, боксы, оборудование, коммуникации, являющиеся основными источниками радиоактивного загрязнения. Во второй зоне размещают объекты и помещения, требующие периодического обслуживания (например, помещения для временного хранения отходов). Предназначенные для постоянного пребывания людей помещения располагают в третьей зоне (операторные, пульта управления и др.).

Для предотвращения переноса радиоактивных загрязнений из второй зоны в помещения третьей зоны между зонами устраивают санитарный шлюз.

При работе с радиоактивными веществами большое значение имеют средства индивидуальной защиты (СИЗ), правила личной гигиены и организация дозиметрического контроля. Применяемые средства индивидуальной защиты зависят от вида и класса работ. При работах I класса и отдельных работах II класса комплект средств индивидуальной защиты должен состоять из спецодежды (комбинезона или костюма), спецбелья, носков, спецобуви, перчаток, бумажных полотенец и носовых платков разового пользования, а также средств защиты органов дыхания. При работах II класса и отдельных работах III класса работающие обеспечиваются халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания¹.

Кроме основной спецодежды и спецобуви лица, производящие уборку помещений, а также работающие с радиоактивными растворами и порошками, снабжаются дополнительными СИЗ, а именно: фартуками, нарукавниками или полухалатами из поливинилхлорида или полиэтилена, дополнительной спецобувью (резиновой или пластикатовой) или резиновыми сапогами.

Если в воздух возможно поступление радиоактивных аэрозолей, то необходимо применять специальные фильтрующие или изолирующие средства защиты органов дыхания.

При ликвидации аварий, ремонтных работах и в других необходимых случаях применяются СИЗ кратковременного пользования — изолирующие шланговые костюмы (пневмокостюмы) или с автономными источниками воздушного питания.

Дополнительными средствами индивидуальной защиты являются очки, щитки, ручные захваты. При использовании

¹ См.: Черкасов Е. Ф., Кириллов В. Ф. Радиационная гигиена/Под ред. Ф. Г. Кроткова. М., 1974.

всех этих средств должны выполняться специальные правила их хранения, использования и дезактивации.

В правилах ОСП — 72/80 оговорен строгий порядок радиационного контроля, в том числе и индивидуального. Индивидуальный дозиметрический контроль обязателен для лиц, условия труда которых таковы, что доза облучения может превышать 0,3 годовой ПДД.

Результаты всех видов радиационного контроля должны регистрироваться и храниться в течение 30 лет. При индивидуальном контроле ведут учет годовой дозы облучения, а также суммарной дозы за весь период профессиональной работы.

В настоящее время разработано большое количество разнообразных приборов дозиметрического контроля, в основу которых положены следующие методы: ионизационный метод, основанный на способности излучений ионизировать воздух; сцинтилляционный метод, основанный на способности некоторых кристаллов, газов и растворов испускать вспышки видимого света при поглощении энергии ионизирующих излучений; фотографический метод, который основан на способности фотографической эмульсии чернеть при воздействии ионизирующего излучения.

§ 3. Электромагнитные излучения, их воздействие на организм человека и принципы гигиенического нормирования и защиты

Применение в промышленности систем, связанных с генерированием, передачей и использованием энергии электромагнитных колебаний (например, для индукционной и диэлектрической термообработки различных материалов, в радиовещании и телевидении), сопровождается возникновением в окружающей среде электромагнитных полей. При превышении допустимых уровней воздействия электромагнитного поля на человека может возникнуть профессиональное заболевание.

Источниками электромагнитных полей являются, например, индукционная катушка (в установках индукционного нагрева), рабочий конденсатор (в установках диэлектрического нагрева), отдельные элементы генераторов — катушки контуров и связи, конденсаторы, подводящие линии и т. п., трансформаторы, антенны и др. Источниками электромагнитных полей промышленной частоты являются высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП), открытые распределительные устройства, устройства защиты и автоматики и др. Источниками постоянных магнитных полей являются электромагниты, соленоиды, литые или металлокерамические магниты и др.

Электромагнитное поле (ЭМП) обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость распространения. В зависимости от частоты колебаний (длины волн) электромагнитные излучения разделяют на ряд диапазонов, приведенных в табл. 9. Частота колебаний выражается в герцах (Гц); 1 Гц — одно полное колебание в одну секунду. Производные единицы: килогерц (1 кГц = 10^3 Гц); мегагерц (1 МГц = 10^6 Гц); гигагерц (1 ГГц = 10^9 Гц).

Таблица 9

Название диапазона частот	Диапазон частот	Диапазон длин волн	Название диапазона длин волн
Низкие частоты НЧ	0,003...0,3 Гц	10^7 ... 10^6 км	Инфранизкие
	0,3...3,0 Гц	10^6 ... 10^4 км	Низкие
	3...300 Гц	10^4 ... 10^2 км	Промышленные
Высокие частоты ВЧ	300 Гц...30 кГц	10^2 ...10 км	Звуковые
	30...300 кГц	10...1 км	Длинные
	300 кГц...3 МГц	1 км...100 м	Средние
Ультравысокие частоты — УВЧ	3...30 МГц	100...10 м	Короткие
	30...300 МГц	10...1 м	Ультракороткие
Сверхвысокие частоты — СВЧ	300 МГц...3 ГГц	100...10 м	Дециметровые
	3...30 ГГц	10...1 см	Сантиметровые
	30...300 ГГц	10...1 мм	Миллиметровые

Основной характеристикой постоянного магнитного (магнитостатического) поля (ПМП) является напряженность магнитного поля (МП), определяемая по силе, действующей в поле на проводник с током, единицей напряженности является ампер на метр (А/м).

Основной характеристикой постоянного электрического (электростатического) поля (ЭСП) является его напряженность, определяемая по силе, действующей в поле на электрический заряд, выражается в вольтах на метр (В/м).

Переменное электромагнитное поле представляет собой совокупность магнитного и электрического полей и распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (зону индукции), промежуточную (зону интерференции) и дальнюю (волновую или зону излучения). Ближняя зона имеет радиус, равный $\frac{1}{6}$ длины волны, от излучателя. Дальняя зона начинается с расстояния от излучателя, равного примерно 6 длинам волн. Между ними располагается промежуточная зона. Для оценки

ЭМП в этих зонах используются разные принципы. В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована. Поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается раздельно напряженностью электрической и магнитной составляющих поля. В этой зоне обычно находятся рабочие места по обслуживанию источников ВЧ и УВЧ-колебаний.

В дальней (волновой) зоне, в которой практически находятся рабочие места по обслуживанию СВЧ-аппаратуры, электромагнитная волна уже сформировалась. Здесь ЭМП оценивается не по напряженности, а по энергии (мощности), переносимой волной в направлении своего распространения. Эта энергия оценивается плотностью потока энергии (ППЭ), т. е. количеством энергии, проходящей в единицу времени на единицу поверхности ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

Персонал, обслуживающий электроэнергетические установки промышленной частоты (в том числе 50 Гц), также подвергается воздействию электромагнитных полей. Полагают, что в этих условиях допустимо рассматривать воздействие электрического и магнитного полей раздельно и основное неблагоприятное воздействие оказывает электрическое поле.

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

Длительное воздействие электрического поля (ЭП) низкой частоты вызывает функциональные нарушения центральной нервной и сердечно-сосудистой систем человека, а также некоторые изменения в составе крови, особенно выраженные при высокой напряженности ЭП.

Биологическое действие электромагнитных полей (ЭМП) более высоких частот связывают в основном с их тепловым и аритмическим эффектом. Тепловое действие может привести к повышенной температуре тела и местному избирательному нагреву тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую. Биологическая активность ЭМП увеличивается с возрастанием частоты колебаний и является наибольшей в области СВЧ. Облучение ЭМП большой интенсивности может привести к разрушительным изменениям в тканях и органах. Тяжелые поражения возникают только в азарийных случаях и встречаются крайне редко. Длительное хроническое воздействие ЭМП небольшой интенсивности (не вызывающих теплового эффекта) приводит к различным нервным и сердечно-сосудистым расстройствам (головной бо-

ли, утомляемости, нарушению сна, боли в области сердца и т. п.). Возможны нарушения со стороны эндокринной системы и изменение состава крови. На ранних стадиях нарушения в состоянии здоровья носят обратимый характер.

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования электромагнитных излучений положены разные принципы. Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля. Гигиенические нормы для персонала, который систематически находится в этой зоне, установлены ГОСТ 12.1.002-75 «ССБТ. Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности». Нормируется время пребывания человека в электрическом поле (ЭП) в зависимости от напряженности (табл. 10).

Таблица 10

Напряженность ЭП, кВ/м	Время пребывания человека в ЭП в течение одних суток, мин
Менее 5	Без ограничений
От 5 до 10	Не более 180
Св. 10 » 15	» 90
» 15 » 20	» 10
» 20 » 25	» 5

Эти нормы обеспечивают безопасность при условии, что в остальное время суток человек не подвергается воздействию ЭП напряженностью больше 5 кВ/м, а также исключена возможность воздействия на организм человека электрических разрядов.

В диапазоне частот 60 кГц... 300 МГц нормируются напряженности электрической и магнитной составляющих ЭМП. Они установлены ГОСТ 12.1.006-76* «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности» для персонала, связанного профессионально с воздействием ЭМП.

Напряженность ЭМП на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала не должна превышать следующих предельно-допустимых значений:

По электрической составляющей, В/м:
 50 — для частот от 60 кГц до 3 МГц
 20 — —»— от 3 МГц до 30 МГц
 10 — —»— от 30 » до 50 МГц
 5 — —»— от 50 » до 300 МГц
 По магнитной составляющей, А/м:
 5 — для частот от 60 кГц до 1,5 МГц
 0,3 — —»— от 30 МГц до 50 МГц

В диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц нормируется плотность потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля. Предельно допустимая ППЭ зависит от допустимого значения энергетической нагрузки на организм человека и времени пребывания в зоне облучения, но во всех случаях она не должна превышать 10 Вт/м^2 , а при наличии рентгеновского излучения или высокой температуры воздуха в рабочих помещениях (выше 28°C) — 1 Вт/м^2 (ГОСТ 12.1.006—76*).

Для постоянного магнитного поля предельно допустимым уровнем на рабочем месте является напряженность, которая не должна превышать 8 кА/м .

При превышении допустимых напряженности и плотности потока энергии ЭМП необходимо применять следующие средства и способы защиты персонала:

уменьшение напряженности и плотности потока энергии ЭМП путем использования согласованных нагрузок и поглотителей мощности;

экранирование рабочего места;

удаление рабочего места от источника ЭМП;

рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитную энергию;

установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;

применение предупреждающей сигнализации (световой, звуковой);

применение средств индивидуальной защиты.

Выбор того или иного способа защиты зависит от рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, напряженности и плотности потока энергии ЭМП и необходимой степени защиты.

Одним из наиболее эффективных и часто применяемых методов защиты от низкочастотных и радиоизлучений является экранирование. Для экранов используются, главным образом, материалы с большой электрической проводимостью (медь, латунь, алюминий и его сплавы, сталь). Основной характеристикой экрана является эффективность экранирования, т. е. степень ослабления ЭМП. Эффективность экранирования возрастает с увеличением частоты колебаний электромагнитных излучений и почти не изменяется от того, изготовлен экран из сплошных металлических листов или металлических сеток. Экраны должны быть заземлены.

В помещениях, где установлены источники ВЧ-, УВЧ- излучений, распределение напряженности ЭМП может быть сложным за счет вторичного излучения, которое может возникнуть также и в соседних помещениях. Проводниками энергии

радиочастот в этом случае могут явиться провода осветительной и телефонной сети. Для предотвращения распространения энергии радиочастот по осветительной, силовой, телефонной сети и в местах выхода проводов из экрана ВЧ-установки применяются электрические фильтры различной конструкции.

В качестве средств индивидуальной защиты применяется спецодежда, изготовленная из металлизированной ткани в виде комбинезонов, халатов, передников, курток с капюшонами и смонтированными в них защитными очками. Очки необходимо обязательно использовать при кратковременных работах, где излучение имеет интенсивность более 10 Вт/см^2 . Например, очки типа ОРЗ-5, стекла которых покрыты слоем полупроводникового оксида олова, ослабляют мощность в диапазоне волн $0,8 \dots 150 \text{ см}$ не менее чем в 1000 раз. Используются также сетчатые очки, имеющие форму полумаски, с числом ячеек $186 \dots 560$ на 1 см^2 при диаметре проволоки $0,07 \dots 0,14 \text{ мм}$.

При использовании спецодежды из металлизированной ткани необходимо строго соблюдать требования электробезопасности.

§ 4. Лазерное излучение, его действие на организм человека и гигиеническое нормирование

Все более широкое использование в различных областях народного хозяйства, науке и медицине находят оптические квантовые генераторы (ОКГ), или лазеры. *Лазером* называется генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного излучения.

Область применения лазеров в промышленности расширяется с каждым годом. Это прежде всего обработка материалов — резка, пайка, точечная сварка, сверление отверстий в металлах, сверхтвердых материалах, кристаллах. Применяются лазеры при дефектоскопии материалов, в строительстве, радиоэлектронной промышленности и др.

Принцип действия лазера основан на свойстве атома (сложной квантовой системы) излучать фотоны при переходе из возбужденного состояния в основное (с меньшей энергией). При нормальных условиях число атомов, находящихся в веществе в возбужденном состоянии, меньше числа атомов, находящихся на основном уровне энергии. В лазерах с помощью специальных приемов и путем подачи на рабочее тело (жидкость, кристалл, газ) энергии накачки (свет, ВЧ-электромагнитное поле и др.) добиваются того, что число атомов, находящихся в возбужденном состоянии, становится значительно больше

числа атомов, находящихся на основном уровне энергии. Лавинообразный переход атомов за очень короткое время из возбужденного состояния в основное приводит к возникновению лазерного излучения.

Основной особенностью лазерного излучения является его острая направленность (малая расходимость пучка излучения), что позволяет на сравнительно малой площади получать большие значения плотности энергии.

По характеру генерации излучения лазеры подразделяются на импульсные (длительность излучения 0,25 с) и лазеры непрерывного действия (длительность излучения 0,25 с и более).

Лазеры генерируют электромагнитное излучение с длиной волны от 0,2 до 1000 мкм. Этот диапазон с точки зрения биологического действия подразделяют на четыре области: ультрафиолетовую (от 0,2 до 0,4 мкм); видимую (свыше 0,4 до 0,75 мкм); ближнюю инфракрасную (свыше 0,75 до 1,4 мкм); дальнюю инфракрасную (свыше 1,4 мкм).

Энергетические параметры лазеров зависят от их вида. Генераторы непрерывного излучения характеризуются выходной мощностью, выражаемой в ваттах (Вт). Импульсные лазеры характеризуются энергией, выражаемой в джоулях (Дж). Нормируемыми величинами лазерного излучения является отношение мощности к площади поверхности ($\text{Вт}/\text{см}^2$) или плотность энергии на единицу поверхности ($\text{Дж}/\text{см}^2$).

Воздействие лазерного излучения на организм человека носит сложный характер и обусловлено как непосредственным действием лазерного излучения на облучаемые ткани, так и вторичными явлениями, выражающимися в различных изменениях, возникающих в организме в результате облучения. Различают термическое и нетермическое действия лазерных излучений. Поражающее действие зависит от мощности (или плотности энергии), длины волны излучения, длительности импульса, частоты повторения импульсов, времени воздействия, биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. Наиболее биологически активно ультрафиолетовое излучение, которое вызывает фотохимические реакции в биологических средах.

Термическое действие излучений лазеров непрерывного действия имеет много общего с обычным нагревом. На коже возникает ожог, а при энергии свыше 100 Дж сразу образуется кратерообразный участок некроза из-за разрушения и испарения биоткани. Характерной особенностью лазерного ожога является резкая ограниченность пораженной области.

Воздействие импульсного излучения более сложно. При длительности импульса менее 10^{-3} с в облучаемых тканях энер-

гия излучения очень быстро преобразуется в теплоту, что приводит к мгновенному плазмен- и парообразованию, вызывающему механическое разрушение тканей.

Нетермическое действие лазерного излучения обусловлено процессами, возникающими в результате избирательного поглощения тканями электромагнитной энергии, а также электрическими и фотоэлектрическими эффектами. Лица, длительно работающие с лазерами, иногда жалуются на повышенную общую утомляемость, головные боли, повышенную возбудимость, нарушение сна и т. п.

Особенно чувствительны к воздействию лазерного излучения глаза человека. Повреждение глаз возникает от попадания как прямого, так и отраженного луча лазера, даже если отражающая поверхность не является зеркальной. Характер поражения зависит от длины волны. В ультрафиолетовой области прежде всего возникает разрушение белка роговой оболочки и ожог слизистой оболочки. При больших плотностях энергии это ведет к полной необратимой слепоте. В видимой области излучение воздействует главным образом на светочувствительные клетки сетчатки, вызывая или временную слепоту, или ожог с последующей потерей зрения в данной области зрительного пространства. В ближней и средней инфракрасных областях при больших плотностях энергии также возможна необратимая слепота из-за помутнения хрусталика.

Кроме лазерного излучения (прямого, рассеянного и отраженного) на работающих в зависимости от конструкции лазера и условий его эксплуатации могут воздействовать и другие опасные и вредные производственные факторы, связанные с работой лазера, такие, как световое излучение от импульсных ламп «накачки» и зоны взаимодействия лазерного излучения с материалами мишени; ультрафиолетовое излучение от ламп накачки или кварцевых газоразрядных трубок; шум и вибрация, возникающие при работе лазера; ионизирующие излучения; высокое напряжение в электрической цепи питания ламп накачки, поджога или газового разряда; электромагнитные поля ВЧ- и СВЧ-диапазонов от генераторов накачки; инфракрасное излучение и тепловыделения от оборудования и нагретых поверхностей; запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны продуктами взаимодействия лазерного луча с мишенью и радиоллиза воздуха; агрессивные и токсические вещества, используемые в конструкции лазера.

Основными нормативными документами, регламентирующими условия безопасной работы с лазерами, являются «Санитарные нормы и правила устройства в эксплуатации лазеров», утвержденные Министерством здравоохранения СССР

в 1981 г.; ГОСТ 12.1.040–83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения».

Нормы устанавливают ПДУ лазерного излучения, за который принимается энергетическая экспозиция облучаемых тканей. *Энергетической экспозицией* называется отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка. Единицей измерения является Дж/см².

Нормируется энергетическая экспозиция отдельно для роговицы, сетчатки глаза и кожи. В различных диапазонах длин волн нормы устанавливают ПДУ лазерного излучения в зависимости от длительности импульса, частоты повторения импульсов и длительности воздействия, углового размера луча, или диаметра пятна засветки на сетчатке, фоновой освещенности лица работающего и др.

В табл. 11 приведены ПДУ энергетической экспозиции $H_{уф}$ создаваемой импульсным и непрерывным лазерным излучением с длиной волны λ от 0,2 до 0,4 мкм (ультрафиолетовая область спектра) на роговице глаза или коже.

Таблица 11

λ , мкм	$H_{уф}$, Дж/см ²	λ , мкм	$H_{уф}$, Дж/см ²
От 0,200 до 0,210	$1 \cdot 10^{-8}$	Свыше 0,290 до 0,300	$1 \cdot 10^{-5}$
Свыше 0,210 » 0,215	$1 \cdot 10^{-7}$	» 0,300 » 0,370	$1 \cdot 10^{-4}$
» 0,215 » 0,290	$1 \cdot 10^{-6}$	» 0,370	$2 \cdot 10^{-3}$

Отдельные нормы установлены для вторичных эффектов.

При одновременном воздействии лазерного излучения с различными параметрами на один и тот же участок тела возможно суммирование биологических эффектов. В нормах указаны органы, по которым суммируются биологические эффекты.

§ 5. Обеспечение лазерной безопасности

Под *лазерной безопасностью* понимается совокупность технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда персонала при использовании лазеров.

Принятие тех или иных мер лазерной безопасности зависит прежде всего от класса лазера (табл. 12).

Класс опасности лазера устанавливается предприятием-изготовителем.

Класс лазера	Опасность выходного излучения лазера
I	Не представляет опасности для глаз и кожи
II	Представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально отраженным излучением
III	Представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и (или) при облучении кожи прямым или зеркально отраженным излучением
IV	Представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

Все лазеры должны быть маркированы знаком лазерной опасности (рис. 13).

Размещение лазеров разрешается только в специально оборудованных помещениях. На дверях помещений, где имеются лазеры II, III, IV классов, должны быть нанесены знаки лазерной опасности. Лазеры IV класса должны размещаться в отдельных помещениях. Большое значение имеет внутренняя отделка помещений. Стены и потолки должны иметь матовую поверхность. Все предметы, за исключением специальной аппаратуры, не должны иметь зеркальных поверхностей.

Размещать оборудование нужно достаточно свободно. Для лазеров II, III и IV классов с лицевой стороны пультов и панелей управления необходимо оставлять свободное пространство шириной 1,5 м при однорядном расположении лазеров и шириной не менее 2,0 м — при двухрядном. С задних и боковых сторон лазеров при наличии открывающихся дверей, съемных панелей и других устройств, к которым необходим доступ, нужно оставлять расстояние не менее 1 м.

Управление лазерами IV класса должно быть дистанционным, а дверь помещения, где они установлены, иметь блокировку.

При использовании лазера II и III классов необходимо всячески предотвращать возможность попадания излучения на рабочие места. Должны быть предусмотрены либо огражде-



Рис. 13. Знак лазерной опасности

ние лазерно-опасной зоны, либо экранирование пучка излучения. Для экранов и ограждений нужно выбирать огнестойкие материалы, имеющие наименьший коэффициент отражения на длине волны генерации лазера. Эти материалы не должны выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

Периодический дозиметрический контроль (не реже одного раза в год) должен производиться при эксплуатации лазеров II, III, IV классов, а также дополнительно в следующих случаях: при приемке в эксплуатацию новых лазеров II...IV классов; при внесении изменений в конструкцию действующих лазеров; при изменении конструкции средств защиты; при организации новых рабочих мест.

Методы и аппаратура дозиметрического контроля лазерного излучения изложены в ГОСТ 12.1.031—81 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения». Стандарт устанавливает методы дозиметрического контроля непрерывного, импульсного и импульсно-модулированного лазерного излучения в диапазоне волн 0,25...0,4; 0,4...1,4 и 1,4...20 мкм как для излучения с неизвестными параметрами в заданной точке контроля, так и для излучения с известными спектральными, временными, частотными и пространственными параметрами в заданной точке контроля.

В тех случаях, когда лазерная безопасность коллективными средствами защиты не обеспечивается, должны применяться индивидуальные средства защиты — очки и маски (последние — при работе с лазерами IV класса). В зависимости от длины волны лазерного излучения в противолазерных очках используются сражжевые, сине-зеленые или бесцветные стекла.

§ 6. Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовым излучением (УФИ) называется электромагнитное излучение в оптической области, примыкающее со стороны коротких волн к видимому свету и имеющее длины волн в диапазоне 200...400 нм.

Естественным источником УФИ является Солнце. Искусственными источниками УФИ являются газоразрядные источники света, электрические дуги, лазеры и др. Энергетической характеристикой УФИ является плотность потока мощности, выражаемая в Вт/м².

Воздействие УФИ на человека количественно оценивается зрительным действием, т. е. покраснением кожи, в дальнейшем (как правило, спустя 48 ч) приводящим к пигментации кожи

(загару). Для биологических целей мощность УФИ оценивается эритемным потоком. Единицей измерения потока является эр. Один эр — эритемный поток, соответствующий потоку излучения с длиной волны 297 нм и мощностью 1 Вт. Эритемная освещенность (эритемная облученность) выражается в эр/м², а эритемная доза (эритемная экспозиция) — в (эр·ч)/м².

Ультрафиолетовое излучение необходимо для нормальной жизнедеятельности человека. При длительном отсутствии УФИ в организме развиваются неблагоприятные явления, получившие название «светового голодания» или «ультрафиолетовой недостаточности». В то же время длительное воздействие больших доз УФИ может привести к серьезным поражениям глаз и кожи. Острые поражения глаз обычно проявляются в виде кератитов (воспаления роговицы) и помутнения хрусталика. Фотокератит имеет скрытый период от 30 мин до 24 ч. Длительное воздействие больших доз УФИ может привести к развитию рака кожи.

Для профилактики неблагоприятных последствий, вызванных дефицитом УФИ, используют как солнечное излучение (инсоляция помещений, устройство соляриев), так и применение искусственных источников УФИ. Искусственное облучение проводится в соответствии с действующими «Рекомендациями по профилактике ультрафиолетовой недостаточности».

В зависимости от степени УФ-дефицита и контингента населения рекомендуются дозы в пределах 0,125...0,75 эритемной дозы (10...60 (мэр·ч)/м²).

Документом, регламентирующим допустимую интенсивность УФИ на промышленных предприятиях, являются «Указания по проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения на промышленных предприятиях», в соответствии с которыми максимальная облученность не должна превышать 7,5 (мэр·ч)/м², а максимальная суточная доза — 60 (мэр·ч)/м² для УФИ с длиной волны больше 280 нм.

Для персонала, связанного с люминесцентным контролем качества изделий, допустимые уровни и дозы облучения указаны в «Гигиенических требованиях к конструированию и эксплуатации установок с искусственными источниками ультрафиолетового излучения для люминесцентного контроля качества промышленных изделий».

Для защиты от избытка УФИ применяют противосолнечные экраны, которые могут быть химическими (химические вещества и покровные кремы, содержащие ингредиенты, поглощающие УФИ) и физическими (различные преграды, отражающие, поглощающие или рассеивающие лучи). Хорошим сред-

ством защиты является специальная одежда, изготовленная из тканей, наименее пропускающих УФИ (например, из поплина). Для защиты глаз в производственных условиях используют очки с защитными стеклами. Полную защиту от УФИ всех волн обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее окись свинца) толщиной 2 мм.

При устройстве помещений необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФИ другая, чем для видимого света. Хорошо отражают УФИ полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана, краски на масляной основе — плохо.

Глава 10

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

§ 1. Основные понятия и гигиенические требования к производственному освещению

Ощущение света при воздействии на глаза человека вызывают электромагнитные волны так называемого оптического диапазона. Область оптических электромагнитных излучений расположена между областью рентгеновских излучений и областью радионизлучений. Видимая часть оптических излучений лежит в диапазоне длин волн от 380 до 760 нм; с одной стороны к ней примыкает область ультрафиолетовых, а с другой — инфракрасных излучений.

В видимой области излучения каждой длине волны соответствует определенный цвет от фиолетового (380...450 нм) до красного (620...760 нм). На практике чаще всего приходится иметь дело со светом сложного спектрального состава, состоящим из волн различной длины.

Основными понятиями, характеризующими свет, являются световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Световым потоком называют поток лучистой энергии, оцениваемый глазом по световому ощущению. Единицей светового потока является люмен (лм) — световой поток, излучаемый точечным источником света силой в одну канделу, помещенным в вершину телесного угла в одинстерадиан.

Распределение светового потока реального источника излучения в окружающем пространстве обычно неравномерно. Поэтому один световой поток еще не может являться исчерпывающей характеристикой источника излучения. Необходимо еще знать характеристику распределения светового потока в пространстве.

Пространственную плотность светового потока принято называть *силой света*. Единицей силы света является кандела (кд) — сила света точечного источника, испускающего световой поток в один люмен, равномерно распределенный внутри телесного угла в один стерадиан. Кандела является основной светотехнической единицей, устанавливаемой по специальному эталону.

Освещенность E характеризует поверхностную плотность светового потока и определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к ее площади: $E = \Phi/S$, где Φ — световой поток; S — площадь.

Следует иметь в виду, что освещенность не зависит от свойств освещаемой поверхности: ее формы, цвета и т. п. Одинаковый световой поток создает равную освещенность на темных и светлых поверхностях при условии равенства площадей. Единицей освещенности является люкс (лк). Один люкс равен освещенности поверхности площадью в 1 м^2 , по которой равномерно распределен световой поток, равный 1 лм. Освещенность в 1 лк не позволяет выполнять большинство видов работ. Оценить понятие освещенность можно, зная, что освещенность поверхности Земли в лунную ночь составляет примерно 0,2 лк, а в солнечный день доходит до 100 000 лк.

Так как уровень ощущения света человеческим глазом зависит от плотности светового потока (освещенности) на сетчатке глаза, то основное значение для зрения имеет не освещенность какой-то поверхности, а световой поток, отраженный от этой поверхности и попадающий на зрачок. В связи с этим введено понятие *яркости*. Человек различает окружающие предметы только благодаря тому, что они имеют разную яркость.

Яркостью L называется величина, равная отношению силы света, излучаемого элементом поверхности в данном направлении, к площади проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha},$$

где I — сила света, излучаемая поверхностью в заданном направлении, кд; S — площадь поверхности, м^2 ; α — угол к нормали светящейся поверхности.

Некоторое представление о яркости можно получить, если представить себе, что лист белой бумаги, освещенный настольной лампой мощностью 60 Вт, имеет яркость 30...40 кд/ м^2 .

Падающий на тело световой поток частично отражается им, частично поглощается, частично пропускается сквозь среду те-

ла. Для характеристики этих свойств введены соответствующие коэффициенты. Коэффициент отражения ρ представляет собой отношение отраженного телом светового потока Φ_p к падающему Φ :

$$\rho = \Phi_p / \Phi.$$

Свет является естественным условием нашего существования. Он влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме. Хорошее освещение действует тонизирующе, создает хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности.

В зависимости от спектрального состава свет может оказывать возбуждающее действие и усиливать чувство тепла (оранжево-красный), или, наоборот, — успокаивающее (желто-зеленый), или усиливать тормозные процессы (сине-фиолетовый).

Многочисленными исследованиями установлено большое влияние освещенности рабочих поверхностей на производительность труда. Например, по данным НИИ труда, увеличение освещенности в сборочных цехах с 200 до 800 лк и с 250 до 600 лк привело к увеличению производительности труда соответственно на 7,8 и 5,7%. В механическом цехе увеличение освещенности с 100 до 200 лк вызвало рост производительности труда на 4,3% и снизило брак на 1,2%. Особенно велико влияние освещенности на производительность труда для технологических процессов с большим объемом зрительных работ. В таких условиях увеличение освещенности в 10 раз (от 100...150 до 1000...1500 лк) приводит к росту производительности труда на 5...6% для работ средней сложности и на 15,5% — для работ высшей сложности.

Увеличение освещенности способствует улучшению работоспособности даже в тех случаях, когда процесс труда практически не зависит от зрительного восприятия. При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. По имеющимся данным, до 5% травм можно объяснить недостаточным или нерациональным освещением, а в 20% оно способствовало возникновению травмы. Наконец, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям, например, таким, как рабочая миопия (близорукость), спазм аккомодации.

У лиц, которые по характеру работы или в силу географических условий частично или полностью лишены естественного света, может возникнуть световое голодание.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, могут быть сведены к следующим:

1. спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному;

уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы;

должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении во избежание частой переадаптации и утомления зрения. В то же время, по имеющимся данным, при длительной работе в равномерно освещенном пространстве может нарушиться восприятие формы объектов, реализующееся, в конечном счете, в зрительных галлюцинациях.

Освещение не должно создавать блескости как самих источников света, так и других предметов в пределах рабочей зоны.

§ 2. Виды производственного освещения и его нормирование

Освещение в производственных зданиях и на открытых площадках может осуществляться естественным и искусственным светом. При недостаточности естественного освещения используется совмещенное освещение. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

Естественное освещение производственных помещений может осуществляться через окна в боковых стенах (боковое), через верхние световые проемы, фонари (верхнее) или обоими способами одновременно (комбинированное освещение). Верхнее и комбинированное естественное освещение имеет то преимущество, что обеспечивает более равномерное освещение помещений. Боковое же освещение создает значительную неравномерность в освещении участков, расположенных вблизи окон и вдали от них. Кроме того, в этом случае возможно ухудшение освещения из-за затенения окон громоздким оборудованием.

Непостоянство естественного света, который может резко меняться даже в течение короткого промежутка времени, вызывает необходимость нормировать естественное освещение с помощью коэффициента естественной освещенности. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) представляет собой

отношение освещенности естественным светом какой-нибудь точки внутри помещения к значению наружной освещенности горизонтальной поверхности, освещаемой диффузным светом полностью открытого небосвода (не прямым солнечным светом) и выражается в процентах: $e = (E_{вн}/E_{нар}) 100\%$, где $E_{вн}$ — освещенность какой-либо точки внутри помещения; $E_{нар}$ — освещенность точки вне помещения.

Нормированное значение КЕО (e_n) зависит от характера зрительной работы, вида освещения (естественное или совмещенное), устойчивости снежного покрова и пояса светового климата, где расположено здание на территории СССР. Для зданий, расположенных в I, II, IV и V поясах светового климата, e_n определяется по выражению

$$e_n^{I, II, IV, V} = e_n^{III} m C,$$

где e_n^{III} — значение КЕО для III пояса светового климата, определяемое с учетом характера зрительной работы по нормам, приведенным в главе «Естественное и искусственное освещение» (СНиП II-4-79); m — коэффициент светового климата, характеризующий особенности светового климата в месте расположения здания и определяемый по табл. 4 в СНиП II-4-79; C — коэффициент солнечности климата, учитывающий дополнительный световой поток, проникающий через световые проемы в помещение за счет прямого и отраженного солнечного света в течение года и определяемый по табл. 5 в СНиП II-4-79.

Нормами установлено восемь разрядов зрительных работ — от работ наивысшей точности (I разряд) до работ, связанных с общим наблюдением за ходом производственного процесса (VIII разряд). В основу выбора КЕО для первых семи разрядов положен *размер объекта различения*, под которым понимается рассматриваемый предмет или его часть, а также требующий различения дефект (например, нить ткани, точка, линия, риска, пятно и т. п.).

Указанные в нормах значения e_n для верхнего и комбинированного освещения выше, чем для бокового. Это объясняется тем, что при верхнем и комбинированном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен или перегородок. При боковом же одностороннем освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удален-

ной от окон, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

При двустороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке по середине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов (окон и фонарей) в соответствии с нормированным значением КЕО.

Расчет площади световых проемов производится с помощью следующих соотношений (СНиП II-4-79):
при боковом освещении

$$100S_o/S_n = (e_n K_3 \eta_o K_{31}) / (\tau_o r_1);$$

при верхнем освещении

$$100S_\phi/S_n = (e_n K_3 \eta_\phi) / (\tau_o r_2 K_\phi),$$

где S_o — площадь световых проемов окон при боковом освещении; S_n — площадь пола помещения; e_n — нормированное значение КЕО; K_3 — коэффициент запаса (1,2...2); η_o — световая характеристика окон; K_{31} — коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; τ_o — общий коэффициент светопропускания, учитывающий коэффициент светопропускания стекол и потери света в несущих конструкциях, в солнцезащитных устройствах, в защитной сетке, устанавливаемой над фонарями; r_1 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя (земля, трава и др.), прилегающего к зданию; S_ϕ — площадь световых проемов фонарей при верхнем освещении; η_ϕ — световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия; r_2 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения; K_ϕ — коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Все необходимые для расчета данные содержатся в Приложении 5 СНиП II-4-79.

Практика показывает, что уровень естественной освещенности в процессе эксплуатации зданий значительно снижается в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, а также загрязнением стен и потолков. Поэтому необходимо регулярно очищать стекла (не реже 2...4 раз в год) и производить побелку стен и потолков (не реже одного раза в год).

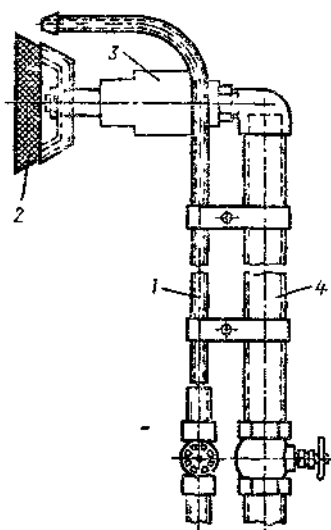


Рис 14 Механизированный инструмент с пневмоприводом для очистки стекол

1 — трубка для подачи моющей жидкости, 2 — щетка, 3 — шлифовальная машина, 4 — трубка для подачи сжатого воздуха

Очистка стекол в ряде случаев представляет большие трудности. Однако в настоящее время разработаны несколько видов механизированного инструмента для очистки стекол с пневмо-, гидро- и электроприводом. На рис. 14 показан один из таких инструментов. Новым видом механизированного инструмента, которому принадлежит будущее, является инструмент, основу которого составляют магнитосвязанные щетки, располагаемые на обеих поверхностях стекла¹.

В некоторых случаях (при выполнении зрительных работ I и II разрядов в северных районах, в зданиях большой ширины и т. п.) применяется совмещенное освещение, при котором к недостаточному по нормам естественному освещению добавляется искусственное.

Искусственное освещение предназначено для освещения рабочих поверхностей в темное время суток или при

недостаточности естественного освещения. Создается оно искусственными источниками света (лампами накаливания или газоразрядными лампами) и подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. Искусственное освещение проектируется двух систем: общее и комбинированное. В последнем случае к общему освещению добавляется местное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работы в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать большую освещенность на рабочих местах.

¹ См.: Эриванцев И. Н. Механизация очистки остекления производственных помещений. М., 1981.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света. *Местное* освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним площадях. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается.

Рациональное искусственное освещение должно обеспечивать нормальные условия для работы при допустимом с народнохозяйственной точки зрения расходе средств, материалов и электроэнергии.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется строительными нормами и правилами (СНиП II-4-79). Эти нормы носят межотраслевой характер. На их основе, как правило, разрабатываются нормы для отдельных отраслей промышленности. Нормы исходят из того, что основным источником света являются газоразрядные лампы, однако в специальных случаях допускается использование ламп накаливания.

В соответствии с СНиП II-4-79 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. К I разряду относятся зрительные работы наивысшей точности (минимальный размер объекта различения менее 0,15 мм); к IV — работы очень малой точности (минимальный размер объекта различения более 5 мм). К VII разряду отнесены работы со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах; к VIII — работы, связанные с общим наблюдением за ходом производственного процесса с постоянным или периодическим присутствием людей.

Для первых пяти разрядов, имеющих по четыре подразряда (а, б, в, г), нормируемые значения освещенности зависят не только от минимального размера объекта различения, но и от контраста объекта различения с фоном и характеристики фона. Наибольшая нормируемая освещенность составляет 5000 лк (разряд Ia), наименьшая — 30 лк (разряд VIIIв — общее периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при периодическом пребывании людей в помещении), при таком освещении нельзя наблюдать за показаниями каких-либо приборов и вести записи.

При условиях, затрудняющих или облегчающих зрительную работу, повышающих опасность травматизма или требующих

улучшения санитарных условий, уровни нормируемой освещенности должны быть повышены или понижены.

Для первых четырех разрядов рекомендуется использовать, как правило, комбинированную систему освещения, так как достижение необходимой освещенности при общей системе освещения требует очень больших затрат электрической энергии и нецелесообразно.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять 10% нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения. В то же время освещенность от светильников общего освещения не должна выходить за пределы 500...150 лк для газоразрядных ламп и 100...50 лк для ламп накаливания.

Для общего освещения в системе комбинированного нормы рекомендуют применять газоразрядные лампы независимо от типа источника света местного освещения. Неравномерность освещенности, создаваемая светильниками общего освещения в зоне расположения рабочих мест, должна быть как можно меньше. В нормах указано, что отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать для работ I...III разрядов при люминесцентных лампах 1,5; при других — 2; для работ IV...VII разрядов — соответственно 1,8...3. Освещенность проходов может быть меньше освещенности в рабочей зоне, но не менее 75 лк при газоразрядных лампах и 30 лк при лампах накаливания.

Освещение помещений полностью автоматизированных производств должно обеспечивать общее наблюдение за работой оборудования, но необходимо предусматривать дополнительно включаемые светильники общего и местного освещения для обеспечения требуемой освещенности при ремонтно-наладочных работах.

Хорошее освещение не должно вызывать ослепленности, поэтому нормы регламентируют показатель ослепленности для светильников общего освещения, который в зависимости от разряда зрительных работ не должен превышать 20...60%, а при периодическом пребывании людей в помещении — 60...80%. В ряде случаев показатель ослепленности не регламентируется.

Показатель ослепленности P служит для оценки слепящего действия осветительной установки и подсчитывается по выражению

$$P = (W - 1)100\%$$

где W — коэффициент ослепленности.

Качество освещения при использовании газоразрядных ламп характеризуется также *коэффициентом пульсации освещенности*, который в зависимости от системы освещения и разряда зрительных работ не должен превышать 10...20%. Коэффициент пульсации освещенности K_p характеризует амплитуду колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током:

$$K_p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} 100\%,$$

где E_{\max} и E_{\min} — соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания; $E_{\text{ср}}$ — среднее значение освещенности за тот же период.

Кроме освещенности рабочих поверхностей, расположенных в помещениях и соответствующих восьми разрядам зрительных работ, нормы регламентируют освещенность рабочих поверхностей, расположенных вне зданий. Предусмотрено 5 разрядов зрительных работ (IX...XIII) с требуемой освещенностью от 50 до 2 лк.

Например, к IX разряду относятся точные работы при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаз менее 0,005 (50 лк); к X — работы средней точности при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаз от 0,005 до 0,02 (30 лк); к XIII разряду отнесены работы, требующие различения крупных предметов, находящихся в непосредственной близости от рабочего (5 лк).

При опасности травматизма при выполнении зрительных работ XI...XIII разрядов освещенность нужно принимать на один разряд выше.

Кроме рабочего освещения нормами предусмотрено устройство аварийного, эвакуационного и охранного освещения.

Аварийное освещение (в помещениях и на местах производства наружных работ) нужно предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, нарушению работы электростанций, насосных установок водоснабжения, узлов связи и других подобных объектов. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение предназначено для безопасной эвакуации людей и должно предусматриваться:

в местах, опасных для прохода людей;

в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при их числе, превышающем 50 человек;

по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 человек;

в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травмирования из-за продолжения работы производственного оборудования;

в помещениях общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещении могут одновременно находиться более 100 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность 0,5 лк (в помещениях) и 0,2 лк (на открытых территориях).

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время; оно должно обеспечивать освещенность 0,5 лк на уровне земли.

§ 3. Источники искусственного света

В качестве источников искусственного света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы. В лампах накаливания источником света является раскаленная проволока из тугоплавкого металла (вольфрама). Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с преобладанием желто-красных лучей по сравнению с естественным светом. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные (НВ), газонаполненные (НГ), бесспиральные (НБ), бесспиральные с криптоно-ксеноновым наполнением (НБК). Имеются также зеркальные лампы (З), являющиеся лампами-светильниками. Выпускаются лампы накаливания с нодным циклом большой мощности (от 250 до 2200 Вт); они имеют повышенный срок службы (до 2000 ч).

Увеличение срока службы ламп накаливания связано с тем, что пары иода при температуре колбы в пределах 250...1200 °С образуют с осевшим на колбе вольфрамом иодистый вольфрам, который испаряется и, попадая в область нити накала, разлагается на иод и вольфрам, последний оседает на теле (нити) накала, если температура в этой области превышает 1400 °С. Пары иода возвращаются к колбе лампы, образуется

снова иодистый вольфрам, и начинается новый цикл переноса вольфрама с колбы лампы на тело накала.

Разрабатываются новые лампы накаливания, например неодимовые, имеющие подкрашенную колбу, и антистоксовы, у которых колба покрыта люминофором.

Общим недостатком ламп накаливания является небольшой срок службы (около 1000 ч) и малый коэффициент полезного действия.

В настоящее время все большее применение в промышленности находят газоразрядные лампы, которые бывают низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые люминесцентными, представляют собой стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем твердого кристаллического вещества — люминофора. Колба лампы наполнена дозированным количеством ртути (30...80 мг) и инертным газом. (обычно аргоном) при давлении около 400 Па (3 мм рт. ст.) По обоим концам трубки укреплены электроды. При включении лампы электрический ток, протекающий между электродами, вызывает в парах ртути электрический разряд, сопровождающийся излучением (электр люминесценция). Это излучение, воздействуя на люминофор, преобразуется в световое излучение (фотолюминесценция). В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью. В настоящее время промышленность выпускает несколько типов люминесцентных ламп, отличающихся по цветности: лампы дневного света (ЛД), лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДС), лампы наиболее близкие к естественному свету (ЛЕ), лампы белого цвета (ЛБ), лампы тепло-белого цвета (ЛТБ), лампы холодно-белого цвета (ЛХБ) и др.

К газоразрядным лампам высокого (0,03...0,08 МПа) и сверхвысокого (> 0,8 МПа) давления относятся дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ), рефлекторные дуговые ртутные лампы с отражающим слоем (ДРЛР) и др. В спектре излучения этих ламп преобладают зеленые и голубые тона. Наиболее экономичными являются ртутные лампы высокого давления с добавкой иодидов металла (ДРИ), их часто называют металлогалогенными. Светоотдача этих ламп достигает 80 лм/Вт, в то время как у ламп ДРЛ — 40...60 лм/Вт.

Трубчатые ксеноновые газоразрядные лампы высокого давления ДКСТ, имеющие мощность от 2 до 100 кВт, применяются в основном для наружного освещения в связи с опасностью ультрафиолетового облучения работающих в помещении. Разработаны специальные ксеноновые лампы ДКСТЛ в колбе из

легированного кварца, предназначенные для применения в производственных помещениях, расположенных на Севере нашей страны, где они служат одновременно и для ультрафиолетового облучения работающих.

Натриевые газоразрядные лампы высокого давления ДНаТ имеют другую цветность и используются только для наружного освещения и в декоративных целях.

Основным преимуществом газоразрядных ламп является их экономичность. Световая отдача этих ламп колеблется в пределах 30...80 лм/Вт, что в 3...4 раза превышает световую отдачу ламп накаливания. Срок их службы доходит до 10 000 ч. Люминесцентные лампы обладают также многими гигиеническими преимуществами. С их помощью легче создать равномерное освещение, спектр их излучения ближе к естественному свету (особенно у ламп ЛЕ и ЛДЦ). Преимущества люминесцентных ламп особенно сказываются при уровнях освещенности выше 100...150 лк.

Лампы ДРЛ экономичнее люминесцентных (световая отдача 40...60 лм/Вт), позволяют создавать большие уровни освещенности и применимы в высоких цехах при наличии в воздухе дыма, пыли и копоти. Однако по спектральному составу излучения они сильно отличаются от ламп накаливания и люминесцентных. Их нельзя применять там, где недопустимо искажение цветовосприятия. Наибольшее преимущество они имеют при высоте помещения более 12...14 м, при высоте менее 6 м применять их нецелесообразно.

К недостаткам газоразрядных ламп можно отнести пульсацию светового потока, слепящее действие, сложность схемы включения, шум дросселей, зависимость от температуры внешней среды. Люминесцентные лампы не могут использоваться при низких температурах. Все газоразрядные лампы чувствительны к снижению напряжения питающей сети. При снижении номинального напряжения на 10% и более лампы горят неустойчиво и при дальнейшем понижении напряжения могут погаснуть. Следует также иметь в виду нижнюю границу зрительного комфорта. Если для лампы накаливания эта граница 30...50 лк, то, например, для лампы ЛД составляет 400...500 лк. Это можно объяснить привычкой человека к большой освещенности при дневном свете и малой — при искусственном. Люминесцентные лампы, спектрально приближаясь к естественному свету, должны приближаться к нему и по уровню освещенности. Слабое люминесцентное освещение воспринимается как дневное в сумерках или перед грозой. Этот «сумеречный» эффект является одной из причин повышения норм освещенности при газоразрядных лампах.

Особенно неприятным свойством газоразрядных ламп, питаемых переменным током, является пульсация светового потока. Она может привести к возникновению стробоскопического эффекта, выражающегося в искажении восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете. Вращающийся объект в этом случае может, например, казаться неподвижным или движущимся в обратном направлении.

Для борьбы с пульсацией светового потока применяют специальные схемы включения газоразрядных ламп.

Как уже отмечалось выше, для общего освещения производственных помещений, как правило, следует применять газоразрядные лампы. Рекомендуемые для различных характеристик зрительных работ газоразрядные лампы приведены в СНиП II-4-79.

Источники света располагают в осветительной арматуре. Источник света вместе с осветительной арматурой принято называть *светильником* или *осветительным прибором*. Осветительные приборы дальнего действия называют *прожекторами*. Осветительная арматура предназначена для перераспределения направления светового потока в сторону рабочей поверхности, для защиты глаз от блескости источника света, для предохранения лампы от механических повреждений и загрязнения, а также для крепления лампы и подведения к ней электрического тока.

Светильники различаются по целому ряду светотехнических и конструктивных характеристик.

С точки зрения перераспределения светового потока различают светильники прямого света (в нижнюю полусферу излучается не менее 80% всего светового потока), преимущественно прямого света (в нижнюю полусферу излучается от 60 до 80% светового потока), рассеянного света (в каждую полусферу излучается от 40 до 60% светового потока), преимущественно отраженного света (в верхнюю полусферу излучается от 60 до 80% светового потока), отраженного света (в верхнюю полусферу излучается более 80% светового потока).

Перераспределение светового потока, осуществляемое светильником, ведет к определенной потере светового потока. Поэтому одной из важных характеристик светильника является коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы.

Большое значение для ограничения ослепленности, создаваемой светильниками, имеет защитный угол α (рис. 15), создаваемый отражателем, а в светильниках с люминесцентными

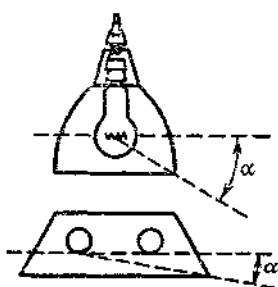


Рис. 15. Защитный угол осветительной арматуры

лампам — пленками экранирующей решетки. Защитный угол должен быть не больше 30° .

Светильники различаются также по степени защиты от пыли (пыленезащищенные и пылезащищенные) и воды (водонезащищенные, каплезащищенные, дождезащищенные, брызгозащищенные, струезащищенные, герметичные).

Для освещения взрывоопасных помещений выпускаются светильники во взрывонепроницаемом исполнении и в исполнении повышенной надеж-

ности против взрыва.

Для люминесцентных ламп применяются преимущественно многоламповые светильники, что дает возможность использовать специальные схемы включения для уменьшения пульсации светового потока. До недавнего времени такие светильники имелись только для ламп накаливания. Сейчас разработаны светильники для освещения запыленных, взрыво- и пожароопасных помещений лампами ДРЛ.

В настоящее время разработан новый способ освещения промышленных и общественных зданий с помощью осветительных устройств большой протяженности — щелевых световодов, которые представляют собой полые цилиндрические трубы, внутренняя поверхность которых, за исключением светопропускающей щели, покрыта зеркально отражающим слоем. Через щель световой поток равномерно освещает окружающее пространство. Источником света служит мощная лампа накаливания или газоразрядная лампа, которая помещается в один или оба конца трубы. Использование щелевых световодов позволяет обеспечить хорошее качество освещения, а также резко сократить число источников света.

§ 4. Методы расчета искусственного освещения

Для расчета осветительной установки при равномерном размещении светильников общего освещения и горизонтальной рабочей поверхности основным является так называемый *метод коэффициента использования светового потока* или *метод коэффициента использования осветительной установки*. При этом методе учитывается как световой поток источников света, так и световой поток, отраженный от стен, потолка и других поверхностей помещения.

Расчет ведется по выражению

$$\Phi_1 = \frac{E_n S z K_z}{N \eta},$$

где Φ_1 — световой поток одного светильника, лм; E_n — нормированная освещенность, лк; S — площадь помещения, м²; $z = 1,15$ — коэффициент, учитывающий отношение средней освещенности к минимальной, при освещении линиями люминесцентных светильников $z = 1,1$; K_z — коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от загрязненности воздуха в помещении по табл. 3 в СНиП II-4-79; N — число светильников; η — коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока определяется по светотехническим таблицам. Он зависит от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициентов отражения потолка, пола и стен, высоты подвеса светильника над расчетной поверхностью и конфигурации помещения, которая определяется индексом (показателем) помещения:

$$i = \frac{ab}{h_p(a+b)},$$

где a и b — ширина и длина помещения, м; h_p — высота подвеса светильника над расчетной поверхностью, м.

Подсчитав индекс помещения, выбрав тип светильников и оценив коэффициенты отражения потолка, стен и пола, по таблицам, приводимым в светотехнических справочниках и книгах¹, можно найти значение коэффициента использования светового потока. Минимальная требуемая освещенность устанавливается по СНиП II-4-79 или отраслевым нормам. Число светильников подбирается с учетом наиболее выгодного их расположения. После этого можно подсчитать необходимый световой поток одного светильника (при лампах накаливания) или одного ряда светильников (при люминесцентных лампах). По требуемому световому потоку подбирается ближайшая стандартная лампа, определяется ее мощность, а затем мощность всей осветительной установки. Если в светильнике не одна лампа, а две или три, то это надо учитывать при подборе ламп.

Для расчета локализованного и местного освещения горизонтальных и наклонных поверхностей и освещения в тех случаях, когда отраженным светом можно пренебречь, применяется *точечный метод*, где используется формула

$$E = I \cos^3 \alpha / K_s h_p^2,$$

где E — освещенность, лк; I — сила света в направлении от ис-

¹ См.: Кнорринг Г. М. Осветительные установки. Л., 1981.

точника на данную точку рабочей поверхности, кд; α — угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока на источник; h_p — высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м; K_z — коэффициент запаса.

Наиболее простым методом расчета искусственного освещения является приближенный метод расчета освещенности по удельной мощности. Этот метод основан на определении по светотехническим справочникам удельной мощности осветительной установки в зависимости от заданных параметров установки и числа светильников. Требуемая мощность лампы подсчитывается по выражению

$$P_{л} = P_{уд} S / N,$$

где $P_{л}$ — мощность одной лампы, Вт; $P_{уд}$ — удельная мощность, Вт/м²; S — площадь помещения, м²; N — число светильников.

Глава 11

ЗАЩИТА ОТ ШУМА, УЛЬТРАЗВУКА, ИНФРАЗВУКА И ВИБРАЦИИ

§ 1. Шум, его влияние на организм человека и гигиеническое нормирование

Шумом называют всякий неблагоприятно действующий на человека звук. Обычно шум является сочетанием звуков различной частоты и интенсивности. С физической точки зрения звук представляет собой механические колебания упругой среды. Звуковая волна характеризуется звуковым давлением p , Па, колебательной скоростью v , м/с, интенсивностью I , Вт/м², и частотой — числом колебаний в секунду f , Гц.

Звуковые колебания какой-либо среды (например, воздуха) возникают при нарушении ее стационарного состояния под воздействием возмущающей силы. Частицы среды начинают колебаться относительно положения равновесия, причем скорость этих колебаний (колебательная скорость) значительно меньше скорости распространения звуковых волн (скорости звука), которая зависит от упругих свойств, температуры и плотности среды.

Во время звуковых колебаний в воздухе образуются области пониженного и повышенного давления, которые определяют звуковое давление.

Звуковым давлением называется разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде.

При распространении звуковой волны в пространстве про-

исходит перенос энергии. Количество переносимой энергии определяется интенсивностью звука. Средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны, называется *интенсивностью звука* в данной точке.

Характеристикой источника шума служит *звуковая мощность* P , которая определяется общим количеством звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени.

Слуховой орган человека воспринимает в виде слышимого звука колебания упругой среды, имеющие частоту примерно от 20 до 20 000 Гц, но наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10 000 Гц.

Восприятие человеком звука зависит не только от его частоты, но и от интенсивности и звукового давления. Наименьшая интенсивность I_0 и звуковое давление P_0 , которые воспринимает человек, называются *порогом слышимости*. Пороговые значения I_0 и P_0 зависят от частоты звука. При частоте 1000 Гц звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². При звуковом давлении $2 \cdot 10^2$ Па и интенсивности звука 10 Вт/м² возникают болевые ощущения (болевой порог). Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости. Разница между болевым порогом и порогом слышимости очень велика. Чтобы не оперировать большими числами, ученый А. Г. Белл предложил использовать логарифмическую шкалу. Логарифмическая величина, характеризующая интенсивность шума или звука, получила название уровня интенсивности L шума или звука, которая измеряется в безразмерных единицах белых (Б): $L = \lg(I/I_0)$, где I — интенсивность звука в данной точке; I_0 — интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости.

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то для уровня звукового давления можно записать:

$$L = \lg(P^2/P_0^2) = 2 \lg(P/P_0).$$

Ухо человека реагирует на величину в 10 раз меньшую, чем бел, поэтому распространение получила единица децибел (дБ), равная 0,1 Б, тогда

$$L = 20 \lg(P/P_0).$$

Уровнями интенсивности шума обычно оперируют при выполнении акустических расчетов, а уровнями звукового давле-

ния — при измерении шума и оценке его воздействия на человека, так как наш орган слуха чувствителен не к интенсивности звука, а к среднеквадратичному давлению.

Получить представление об уровнях звукового давления различных источников шума можно по табл. 13.

Таблица 13

Источник шума	Звуковое давление, Па	Уровень звукового давления, дБ
Шепот на расстоянии 0,3 м	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Речь средней громкости на расстоянии 1 м	$2 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-1}$	60...74
Металлорежущие, ткацкие и деревообрабатывающие станки (на рабочем месте)	$2 \cdot 10^{-1} \dots 2$	80...100
Пневмопрессы, пневмоклепка на расстоянии 1 м	$2 \cdot 10$	120
Реактивные двигатели на расстоянии 2...3 м от выхлопа	Свыше $2 \cdot 10^2$	Свыше 140

Неблагоприятное действие шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума, а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени.

Каждый источник шума может быть представлен составляющими его тонами в виде зависимости уровней звукового давления от частоты (частотным спектром шума, или просто спектром). Спектры шумов могут быть линейчатыми (дискретными), сплошными и смешанными. Большинство источников шума на предприятиях имеют смешанный или сплошной спектр.

При измерении и анализе шумов, а также при проведении акустических расчетов весь диапазон частот разбивают на полосы частот определенной ширины. Полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты f_2 к нижней f_1 равно двум, называется октавой. Если $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2} = 1,26$, то ширина полосы равна $1/3$ октавы. Для гигиенических целей шумы исследуют обычно в октавных, а для технических — в $1/3$ -октавных полосах частот.

Характеристикой каждой полосы частот является среднегеометрическая частота $f_{ср}$, которая для октавы вычисляется по выражению $f_{ср} = \sqrt{f_1 f_2}$, а для $1/3$ октавы — по выражению $f_{ср} = \sqrt[6]{2 f_1}$.

Широкополосные шумы имеют непрерывный спектр шири-

ной более одной октавы, а в спектре тональных шумов слышатся отдельные тона.

По временным характеристикам шумы делятся на постоянные и непостоянные. Постоянным считается такой шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА. Непостоянные шумы, уровень звука которых изменяется за 8-часовой рабочий день более чем на 5 дБА, в свою очередь делятся на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные (состоящие из сигналов длительностью менее 1 с).

Субъективное восприятие шума человеком значительно отличается от описанных физических характеристик звука, так как слуховой орган неодинаково чувствителен к звукам различных частот. Звуки малой частоты человек воспринимает как менее громкие по сравнению со звуками большой частоты той же интенсивности. Поэтому для оценки субъективного ощущения громкости шума введено понятие уровня громкости, который отсчитывается от условного нулевого порога. Единицей уровня громкости является фон. Он соответствует разности уровней интенсивности в 1 Б эталонного звука при частоте 1000 Гц. Таким образом, на частоте 1000 Гц уровни громкости (в фонах) совпадают с уровнями звукового давления (в децибелах). Уровень громкости является физиологической характеристикой звуковых колебаний. С помощью специальных физиологических исследований были построены кривые равной громкости, по которым можно определить уровень громкости любого звука с заданным уровнем звукового давления (рис. 16).

Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в опеределенных условиях может влиять на все органы и системы организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой орган человека. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания — тугоухости, основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

При очень большом звуковом давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Наиболее неблагоприятными для органа слуха является высокочастотный шум (1000...4000 Гц).

Кроме непосредственного воздействия на орган слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нор-

$I, \text{Вт/м}^2$ $L, \text{дБ}$

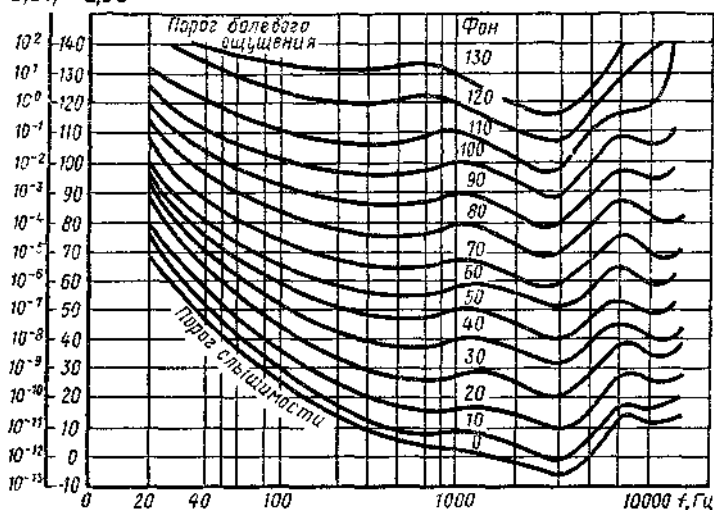


Рис. 16. Кривые равной громкости

мальные процессы высшей нервной деятельности. Это так называемое неспецифическое воздействие шума может возникнуть даже раньше, чем изменения в органе слуха. Характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т. п.

Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и вестибулярном аппарате; нарушаются функции желудочно-кишечного тракта; повышается внутричерепное давление; происходят нарушения в обменных процессах организма и т. п.

Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. В документах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечается, что наиболее чувствительными к шуму являются такие операции, как слежение, сбор информации и мышление.

В результате неблагоприятного воздействия шума на работающего человека происходит снижение производительности труда, увеличивается брак в работе, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев. Все это обуславливает

большое оздоровительное и экономическое значение мероприятий по борьбе с шумом.

В Советском Союзе нормирование шума ведется в двух направлениях: гигиеническое нормирование и нормирование шумовых характеристик машин.

В области гигиенического нормирования наша страна первая в мире в 1956 г. установила нормы по ограничению шума. Действующие в настоящее время нормы шума на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Для постоянных шумов нормирование ведется по предельному спектру шума. *Предельным спектром* называется совокупность нормативных уровней звукового давления в восьми октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Каждый предельный спектр обозначается цифрой, которая соответствует допустимому уровню шума (дБ) в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Например, ПС-85 означает, что в этом предельном спектре допустимый уровень шума в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц равен 85 дБ.

Для ориентировочной оценки ГОСТ допускает за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука в дБА, измеряемый по шкале «А» шумомера и определяемый по формуле

$$L_A = 20 \lg (P_A/P_0),$$

где P_A — среднеквадратичное звуковое давление с учетом коррекции шумомера, Па; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ — пороговое среднеквадратичное звуковое давление, Па.

В производственных условиях очень часто шум имеет непостоянный характер. В этих условиях наиболее удобно пользоваться некоторой средней величиной, называемой эквивалентным (по энергии) уровнем звука $L_{экв}$ и характеризующей среднее значение энергии звука в дБА. Этот уровень измеряется специальными интегрирующими шумомерами или рассчитывается.

Как пример в табл. 14 приведены допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории промышленных предприятий для широкополосного шума.

Стандарт предписывает зоны с уровнем звука выше 85 дБА обозначать специальными знаками, а работающих в этих зонах снабжать средствами индивидуальной защиты. Стандарт за-

Таблица 14

Рабочие места	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквива- лентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

прещает даже кратковременное пребывание людей в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

§ 2. Средства и методы защиты от шума

Общая классификация средств и методов защиты от шума приведена в ГОСТ 12.1.029—80 (СТ СЭВ 1928—79) «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация».

Защита работающих от шума может осуществляться как коллективными средствами и методами, так и индивидуальными средствами. В первую очередь надо использовать коллективные средства, которые по отношению к источнику шума подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее эффективны мероприятия, ведущие к снижению шума в источнике его возникновения. Борьба с шумом после его возникновения обходится дороже и часто является малоэффективной.

Классификация методов и средств коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации приведена на рис. 17.

Выбор средств снижения шума в источнике его возникновения зависит от происхождения шума.

Основными источниками вибрационного (механического) шума машин и механизмов являются зубчатые передачи, подшипники, соударяющиеся металлические элементы и т. п. Снизить шум зубчатых передач можно повышением точности их обработки и сборки, заменой металлических шестерен. Например, применяя шестерни из древесного пластика и искусственной кожи в текстильных машинах, удалось снизить шум на

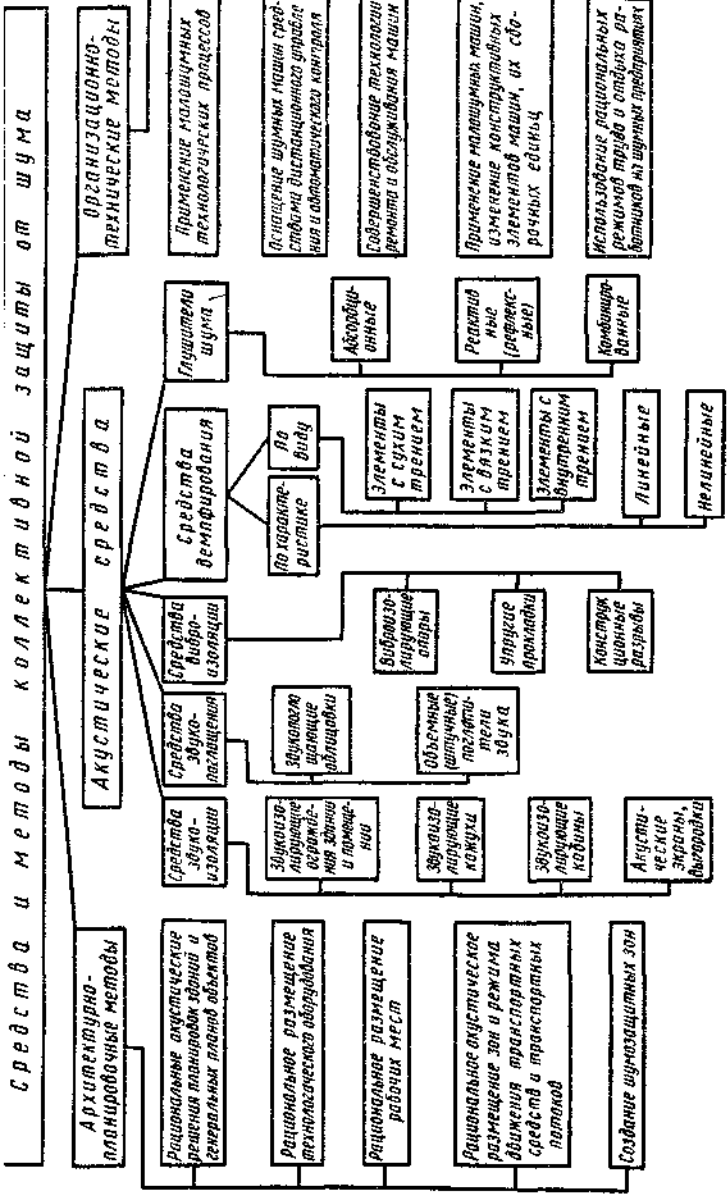


Рис 17 Классификация методов и средств коллективной защиты от шума

5... 10 дБ¹. Даже замена стали в контактирующих деталях на чугун может снизить шум на 3... 4 дБ. Имеет значение и форма зубьев. Менее шумными являются конические, косые и шевронные зубья.

К снижению шума подшипников приводит тщательность изготовления, плотная посадка на цапфы вала и в гнезда щитов без перекосов и защемлений. Снижают шум подшипников и различные смазки и присадки. Меньший шум создают подшипники скольжения.

Шум при обработке резанием (70... 100 дБ) зависит от материала резца, его формы, заточки, размера стружки и т. п. Поэтому снизить шум станков можно применением быстрорежущей стали для резца и смазочно-охлаждающих жидкостей, заменой металлических частей станков пластмассовыми или покрытием их вибродемпфирующими материалами.

Шум аэродинамического происхождения на производстве возникает вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатых газов из отверстий; пульсация давления при движении потоков газа в трубах или при движении в воздухе тел с большой скоростью; горение жидкого или распыленного топлива в форсунках и др.). Таким шумом сопровождается работа вентиляционных систем, систем воздушного отопления и пневмотранспорта, воздуходувок, компрессоров, газотурбинных установок и др. Особенно неприятен шум, возникающий при сбросе (сравливания) из установок сжатых газов. Для снижения аэродинамического шума используют специальные шумоглушащие элементы с криволинейными каналами. Снизить аэродинамический шум можно улучшением аэродинамических характеристик машин. Однако этим обычно не достигается необходимый эффект, поэтому приходится дополнительно применять средства звукоизоляции и устанавливать глушители.

Глушители аэродинамического шума бывают абсорбционными, реактивными (рефлексными) и комбинированными. В абсорбционных глушителях затухание шума происходит в порах звукопоглощающего материала. Принцип работы реактивных глушителей основан на эффекте отражения звука в результате образования «волновой пробки» в элементах глушителя. Они обычно не содержат звукопоглощающего материала. Реактивные глушители имеют соединенные между собой камеры, расширения и сужения, резонансные углубления,

¹ См.: Тимофеенко Л. П., Усок В. Ф. Снижение шума на промышленных предприятиях. Киев, 1980.

экраны и т. п. В комбинированных глушителях происходит как поглощение, так и отражение звука.

Снижения шума машин и установок с помощью средств демпфирования добиваются покрытием их излучающей поверхности демпфирующими материалами, имеющими большое внутреннее трение. Существует много различных видов демпфирующих покрытий. Наиболее распространены жесткие покрытия из упруго-вязких материалов (мастики, специальные виды войлока, линолеума), наносимых на поверхность наклеиванием, напылением и др.

Звукоизоляция является одним из наиболее эффективных и распространенных методов снижения производственного шума на пути его распространения.

С помощью звукоизолирующих преград легко снизить уровень шума на 30...40 дБ. Метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение. Однако звуковая энергия не только отражается от ограждения, но и проникает через него, что вызывает колебание ограждения, которое само становится источником шума. Чем больше поверхностная плотность ограждения, тем труднее привести его в колебательное состояние, следовательно, тем выше его звукоизолирующая способность. Поэтому эффективными звукоизолирующими материалами являются металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы и т. п.

Для оценки звукоизолирующей способности ограждения введено понятие *звукопроницаемости* τ , под которой понимают отношение звуковой энергии, прошедшей через ограждение, к падающей на него. Величина, обратная звукопроницаемости, называется *звукоизоляцией*, (дБ), она связана со звукопроницаемостью следующей зависимостью:

$$R = 10 \lg (1/\tau).$$

Числовая величина фактической звукоизоляции, создаваемой ограждением, зависит от многих факторов: размеров ограждения, его физико-механических характеристик, звукопоглощения в помещении и т. п. Разработаны различные виды ограждений с повышенной звукоизоляцией. Методы акустического расчета звукоизолирующей способности ограждений приведены в СНиП II-12-77.

Снижение шума методом звукопоглощения основано на переходе энергии звуковых колебаний частиц воздуха в тепло вследствие потерь на трение в порах звукопоглощающего материала. Чем больше звуковой энергии поглощается, тем меньше ее отражается обратно в помещение. Поэтому для снижения шума в помещении проводят его *акустическую обработку*, нанося звукопоглощающие материалы на внутренние

поверхности, а также размещая в помещении штучные звукопоглотители.

Эффективность звукопоглощающего устройства характеризуется коэффициентом звукопоглощения α , который представляет собой отношение поглощенной звуковой энергии $E_{\text{гор}}$ к падающей $E_{\text{пад}}$:

$$\alpha = E_{\text{гор}}/E_{\text{пад}}$$

При $\alpha = 0$ вся энергия отражается без поглощения, при $\alpha = 1$ вся энергия поглощается (эффект «открытого окна»). Коэффициент α зависит от частоты звуковых волн и угла их падения на конструкцию.

Звукопоглощающие устройства бывают пористыми, пористо-волоконистыми, с экраном, мембранные, слоистые, резонансные и объемные. Эффективность применения различных звукопоглощающих устройств определяется в результате акустического расчета с учетом требования СНиП II-12-77. Для достижения максимального эффекта рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограждающих поверхностей, а объемные (штучные) звукопоглотители — располагать как можно ближе к источнику шума.

Максимальное снижение уровня шума в отраженном поле с помощью акустической обработки внутренних поверхностей помещения практически не превышает 6...8 дБ, достигая в отдельных полосах частот 10...12 дБ.

Акустическая обработка обязательно должна применяться в шумных цехах машиностроительных заводов, цехах ткацких фабрик, машинных залах машиносчетных станций и вычислительных центров, машинописных бюро и др.

Интересным и принципиально новым методом снижения шума является метод, связанный с созданием «антизвука», т. е. созданием равного по величине и противоположного по фазе звука. В результате интерференции основного звука и «антизвука» в некоторых местах шумного помещения можно создать зоны тишины. Особенно перспективным этот метод может оказаться в машиностроении и энергетике для подавления тональных шумов. В месте, где необходимо уменьшить шум, устанавливается микрофон, сигнал от которого усиливается и излучается определенным образом расположенными динамиками. Уже разработан комплекс электроакустических приборов для интерференционного подавления шума.

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты и другие средства не обеспечивают снижение шума до допустимых уровней. Средства индивидуальной защиты позволяют снизить уровень воспринимаемого звука на

10... 45 дБ, причем наиболее значительное глушение шума наблюдается в области высоких частот, которые наиболее опасны для человека.

Средства индивидуальной защиты от шума подразделяются на противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски; противошумные костюмы.

Противошумные вкладыши делают из твердых, эластичных и волокнистых материалов. Они бывают однократного и многократного пользования.

Противошумные шлемы закрывают всю голову, они применяются при очень высоких уровнях шума в сочетании с наушниками, а также противошумными костюмами.

§ 3. Ультразвук, его действие на организм человека, гигиеническое нормирование и принципы защиты

Ультразвук представляет собой механические колебания упругой среды, имеющие одинаковую со звуком физическую природу, но отличающиеся более высокой частотой, превышающей принятую верхнюю границу слышимости — свыше 20 кГц, хотя при больших интенсивностях (120... 145 дБ) слышимыми могут быть и звуки более высокой частоты.

Ультразвуковой диапазон частот подразделяется на низкочастотные колебания (от $1,12 \cdot 10^4$ до $1,0 \cdot 10^5$ Гц), распространяющиеся воздушным и контактным путем, и высокочастотные колебания (от $1,0 \cdot 10^5$ до $1,0 \cdot 10^9$ Гц), распространяющиеся только контактным путем.

Ультразвук, как и звук, характеризуется ультразвуковым давлением (Па), интенсивностью ($Вт/м^2$) и частотой колебаний (Гц).

При распространении в различных средах ультразвуковые волны поглощаются, причем тем больше, чем выше их частота. Низкочастотный ультразвук довольно хорошо распространяется в воздухе, а высокочастотный — практически не распространяется. В упругих средах (воде, металле и др.) ультразвук мало поглощается и способен распространяться на большие расстояния, практически не теряя энергии. Поглощение ультразвука сопровождается нагреванием среды.

Специфической особенностью ультразвука, обусловленной большой частотой и малой длиной волны, является возможность распространения ультразвуковых колебаний направленными пучками, получившими название ультразвуковых лу-

чей. Они создают на относительно небольшой площади очень большое ультразвуковое давление. Это свойство ультразвука обусловило широкое его применение: для очистки деталей, механической обработки твердых материалов, сварки, пайки, ускорения химических реакций, дефектоскопии, проверки размеров выпускаемых изделий, структурного анализа веществ, гидролокации и др. Нашел применение ультразвук и в медицине для лечения заболеваний позвоночника, суставов, периферической нервной системы и т. п.

Промышленные ультразвуковые установки работают в основном с частотами от 18 до 30 кГц при интенсивности до 60...70 кВт/м². Они состоят из генератора электрических импульсов и преобразователя, который трансформирует импульсы в ультразвуковые колебания. При обслуживании этих установок работающие могут подвергаться воздействию ультразвука, во-первых, при его распространении в воздухе чаще всего вместе с шумом и, во-вторых, при непосредственном соприкосновении с жидкими и твердыми телами, по которым распространяется ультразвук (контактное воздействие). Наиболее опасным является контактное воздействие ультразвука, которое возникает при удержании инструмента во время пайки, лужения и т. п., при загрузке изделий в ванны и т. п. Воздействие от работы мощных установок может привести к поражению периферической нервной и сосудистой систем человека в местах контакта (вегетативные полиневриты, мышечная слабость пальцев, кистей и предплечья).

При длительной работе с низкочастотными ультразвуковыми установками, генерирующими шум и ультразвук, превышающие установленные ПДУ, могут произойти функциональные изменения центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистой системы, слухового и вестибулярного аппарата и т. п. По сравнению с высокочастотным шумом ультразвук значительно слабее влияет на слуховую функцию, но вызывает более выраженные отклонения от нормы вестибулярной функции, болевой чувствительности и терморегуляции. То, что ультразвук воздействует на разные органы и системы человека не только через слуховой аппарат, подтверждается неблагоприятным его действием на глухонемых.

Основными документами, регламентирующими безопасность при работе с ультразвуком, являются «Санитарные нормы и правила при работе на промышленных ультразвуковых установках», утвержденные Министерством здравоохранения в 1977 г., а также ГОСТ 12.1.001-83 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.2.051-80

«ССБТ. Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности».

Характеристикой ультразвука, создаваемого колебаниями воздушной среды в рабочей зоне, являются уровни звукового давления (дБ). Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах приведены в ГОСТ 12.1.001—83. Они нормируются в $1/3$ -октавных полосах частот и не должны превышать следующих значений:

Среднегеометрическая частота третьоктавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5...100,0	110

Характеристикой ультразвука, передаваемого контактным путем, является пиковое значение виброскорости в частотном диапазоне от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^9$ Гц или его логарифмические уровни (дБ), определяемые по выражению

$$L_v = 20 \lg (V/V_0),$$

где V — пиковое значение виброскорости, м/с; V_0 — опорное значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-6}$ м/с.

Таблица соотношений между логарифмическими уровнями виброскорости (дБ) и ее значениями (м/с) приведена в приложении к ГОСТ 12.1.001—83.

Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами приборов и установок не должны превышать 110 дБ.

Контроль уровней звукового давления нужно производить после установки оборудования, его ремонта и периодически в процессе эксплуатации не реже одного раза в год.

Для коллективной защиты от воздействия повышенных уровней ультразвука можно использовать следующие направления: уменьшение вредного излучения ультразвуковой энергии в источнике ее возникновения; локализацию действия ультразвука конструктивными и планировочными решениями; проведение организационно-профилактических мероприятий.

Для уменьшения вредного излучения звуковой энергии в источнике рекомендуется повышать рабочие частоты источников ультразвука, что обеспечивает уменьшение интенсивности ультразвука, а также исключать паразитные излучения звуковой энергии.

Для локализации ультразвука обязательным является применение звукоизолирующих кожухов, полужоухов, экранов. Если

эти меры не дают положительного эффекта, то ультразвуковые установки нужно размещать в отдельных помещениях и кабинках, облицованных звукопоглощающими материалами.

Конструктивно-планировочные решения требуют применения дистанционного управления и системы блокировки, отключающей генератор источника ультразвука при нарушении звукоизоляции.

Контактное воздействие ультразвука исключается автоматизацией производственных процессов и применением дистанционного управления. При особой необходимости используют специальный инструмент с виброизолирующей рукояткой и защитные перчатки.

Организационно-профилактические мероприятия заключаются в проведении инструктажа работающих и установлении рациональных режимов труда и отдыха.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются противошумы (ГОСТ 12.4.051—78).

§ 4. Инфразвук

Инфразвук представляет собой механические колебания упругой среды, имеющие одинаковую с шумом физическую природу, но распространяющиеся с частотами менее 20 Гц. В воздухе инфразвук мало поглощается и поэтому способен распространяться на большие расстояния. Инфразвук характеризуется инфразвуковым давлением (Па), интенсивностью ($\text{Вт}/\text{м}^2$), частотой колебаний (Гц). Уровни интенсивности инфразвука и инфразвукового давления выражаются в децибелах (дБ).

Многие явления природы (землетрясения, извержения вулканов, морские бури) сопровождаются излучением инфразвуковых колебаний. В производственных условиях инфразвук образуется, главным образом, при работе тихоходных крупногабаритных машин и механизмов (компрессоров, дизельных двигателей, электровозов, вентиляторов, турбин, реактивных двигателей и др.), совершающих вращательное или возвратно-поступательное движение с повторением цикла менее чем 20 раз в секунду (инфразвук механического происхождения). Инфразвук аэродинамического происхождения возникает при турбулентных процессах в потоках газов или жидкостей.

Инфразвук оказывает неблагоприятное воздействие на весь организм человека, в том числе и на орган слуха, понижая слуховую чувствительность на всех частотах. Инфразвуковые колебания воспринимаются как физическая нагрузка: возникают утомление, головная боль, головокружения, вестибулярные нарушения, снижается острота зрения и слуха, нарушается пери-

ферическое кровообращение, появляется чувство страха и т. п. Тяжесть воздействия зависит от диапазона частот, уровня звукового давления и длительности.

Низкочастотные колебания с уровнем инфразвукового давления свыше 150 дБ совершенно не переносятся человеком.

Особенно неблагоприятные последствия вызывают инфразвуковые колебания с частотой 2... 15 Гц в связи с возникновением резонансных явлений в организме человека, причем наиболее опасна частота 7 Гц, так как возможно его совпадение с альфа-ритмом биотоков мозга.

В соответствии с СН 22-74—80 уровни инфразвукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц не должны превышать 105 дБ, а в полосе с частотой 32 Гц—102 дБ.

Борьба с неблагоприятным воздействием инфразвука должна вестись в тех же направлениях, что и борьба с шумом. Наиболее целесообразно уменьшать интенсивность инфразвуковых колебаний на стадии проектирования машины или агрегатов.

§ 5. Вибрация, ее действие на организм человека и гигиеническое нормирование

В последние десятилетия в связи с внедрением вибрационной техники в различные отрасли народного хозяйства значительно увеличился контингент работников, подвергающихся в процессе труда воздействию вибрации.

Вибрация — это сложный колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии.

Анализ производственной вибрации представляет большие трудности, так как колебания машин и другого оборудования не являются простыми гармоническими колебаниями; им свойственна аperiodичность или квазипериодичность, часто они носят импульсный или толчкообразный характер.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, действующую по синусоидальному закону, являются: *амплитуда смещения* — наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия A , м; *колебательная скорость* — максимальное из значений скорости колеблющейся точки V , м/с; *колебательное ускорение* — максимальное из значений ускорений колеблющейся точки Q , м/с²; *частота* f , Гц.

При частоте больше 15... 20 Гц вибрация сопровождается шумом.

Человек начинает ощущать вибрацию при колебательной скорости примерно равной $1 \cdot 10^{-4}$ м/с, а при скорости 1 м/с возникают болевые ощущения.

В зависимости от способа передачи вибрации телу человека различают локальную (местную) вибрацию, передающуюся через руки человека, и общую, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности тела. В реальных условиях часто имеет место сочетание этих вибраций.

Влияние вибрации на человека зависит и от направления ее действия. Поэтому вибрация подразделяется на действующую вдоль осей ортогональной системы координат X , Y , Z (для общей вибрации), где Z — вертикальная ось, а X и Y — горизонтальные оси (рис. 18, а, б); действующую вдоль осей ортогональной системы координат X_p , Y_p , Z_p (для локальной вибрации), где ось X_p совпадает с осью мест охвата источника вибрации, а ось Z_p лежит в плоскости, образованной осью X_p и направлением подачи или приложения силы, или осью предплечья (рис. 19, а, б).

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения может быть трех категорий:

1 — транспортная вибрация, воздействующая на операторов (водителей) подвижных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрофонам и дорогам (в том числе при их строительстве);

2 — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченным перемещением только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок (экскаваторов, грузоподъемных кранов, горных машин, путевых машин, бетоноукладчиков и др.);

3 — технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации (станки, электрические машины, насосы, вентиляторы, буровые установки и т. п.). В за-

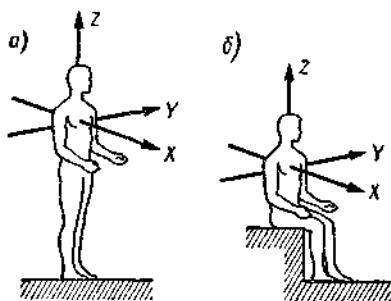


Рис. 18. Направление координатных осей при действии общей вибрации:

а — положение стоя, б — положение сидя; ось Z — вертикальная, перпендикулярная опорной поверхности, ось X — горизонтальная от спины к груди; ось Y — горизонтальная от правого плеча к левому

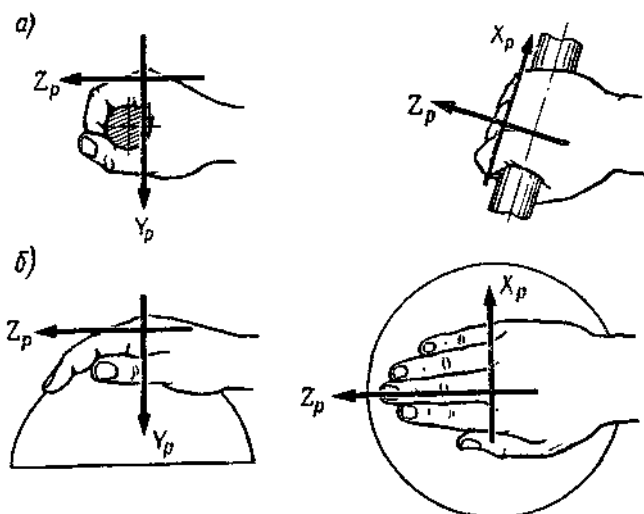


Рис. 19. Направление координатных осей при действии локальной вибрации:

а — при охвате цилиндрических (и торцовых) поверхностей;
 б — при охвате сферических поверхностей

висимости от характеристики рабочих мест эта категория подразделяется на группы 3а, 3б, 3в, 3г.

Степень и характер воздействия вибрации на организм человека зависят от вида вибрации, ее параметров и направления воздействия. Тело человека можно рассматривать как сочетание масс с упругими элементами. Весьма опасными являются колебания рабочих мест, имеющие частоту, резонансную с колебаниями отдельных органов или частей тела человека. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в области 6...9 Гц. Для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеется два резонансных пика на частотах 5...12 и 17...25 Гц, для сидящего — на частотах 4...6 Гц.

В определенных условиях вибрация оказывает благоприятное действие на организм человека и применяется в медицине для улучшения функционального состояния нервной системы, ускорения заживления ран, улучшения кровообращения, лечения радикулитов и т. п. Однако в производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и в конечном счете — к «вибрационной болезни».

Наиболее распространены заболевания, вызванные локальной вибрацией. При работе с ручными машинами, вибра-

ция которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают в основном сосудистые расстройства, сопровождающиеся спазмом периферических сосудов. Локальная вибрация, имеющая широкий частотный спектр, часто с наличием ударов (клевка, срубка, бурение), вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений.

Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, наступают изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ. При совместном воздействии общей и местной вибрации (у водителей тяжелых машин, экскаваторщиков, бульдозеристов и др.) к поражению нервной системы присоединяются вегетативно-сосудистые, вестибулярные и другие расстройства.

Таким образом, вибрационная болезнь связана в основном с нарушением деятельности различных отделов нервной системы. Способствуют возникновению заболевания такие сопутствующие факторы, как охлаждение, большие статические мышечные усилия, пониженное атмосферное давление, производственный шум.

Основным нормативным документом в области вибрации является ГОСТ 12.1.012-78* (СТ СЭВ 1932-79 и СТ СЭВ 2602-80) «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности». Стандарт рекомендует гигиеническую оценку вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях, производить одним из следующих методов:

частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;

интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра; дозой вибрации.

В зависимости от принятого метода оценки стандарт регламентирует разные параметры вибрации.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости V (и их логарифмические уровни L_v) или виброускорения a для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации в октавных или $1/3$ -октавных полосах частот.

Логарифмические уровни виброскорости L_v (дБ) определяются по выражению

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{5 \cdot 10^{-8}},$$

где v — среднее квадратичное значение виброскорости, м/с.

При использовании метода *интегральной оценки* вибрации по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение контролируемого параметра \dot{U} (виброскорости или виброускорения), измеряемое с помощью специальных фильтров или вычисляемое по формулам, приведенным в ГОСТ 12.1.012-78*.

При оценке вибрации *дозой* нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение $U_{эв}$, определяемое по выражению

$$U_{эв} = \sqrt{D/t},$$

где D — доза вибрации, которая вычисляется по выражению

$$D = \int_0^t \dot{U}^2(\tau) d\tau,$$

где $\dot{U}(\tau)$ — мгновенное скорректированное значение параметра вибрации в момент времени τ , получаемое с помощью корректирующего фильтра с характеристикой в соответствии с таблицей, приведенной в стандарте; t — время воздействия вибрации за рабочую смену.

Вибрацию, воздействующую на человека, нормируют отдельно для каждого установленного направления, учитывая, кроме того, при общей вибрации — ее категорию, а при локальной — время фактического воздействия.

В качестве примера в табл. 15 приведены допустимые параметры общей вибрации категории 3а на постоянных рабочих местах в производственных помещениях предприятий.

Для рабочих мест в рулевых, штурманских и других служебных помещениях на судах (общая вибрация категории 3б) допустимые значения должны быть умножены на коэффициент 0,55, а уровни — уменьшены на 5 дБ.

Для рабочих мест на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию (общая вибрация категории 3в), допустимые значения должны быть умножены на коэффициенты 0,4, а уровни — уменьшены на 8 дБ.

Для рабочих мест в заводоуправлениях, конструкторских бюро, лабораториях, учебных пунктах, конторских помещениях (общая вибрация категории 3г) допустимые значения должны быть умножены на коэффициент 0,14, а уровни — уменьшены на 17 дБ.

Таблица 15

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения нормируемого параметра				
	по виброускорению a , м/с ²		по виброскорости		
	$1/3$ -октавная полоса	октавная полоса	$v \cdot 10^{-2}$, м/с		дБ
			$1/3$ -октавная полоса	октавная полоса	
Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	Z, X, Y	
1,6 2,0 2,5	0,09 0,08 0,071	0,14	0,90 0,64 0,46	1,30	108
3,15 4,0 5,0	0,063 0,056 0,056	0,10	0,32 0,23 0,18	0,45	99
6,3 8,0 10,0	0,056 0,056 0,071	0,11	0,14 0,12 0,12	0,22	93
12,5 16,0 20,0	0,090 0,112 0,140	0,20	0,12 0,12 0,12	0,20	92
25,0 31,5 40,0	0,18 0,22 0,285	0,40	0,12 0,12 0,12	0,20	92
50,0 63,0 80,0	0,355 0,445 0,56	0,80	0,12 0,12 0,12	0,20	92

§ 6. Обеспечение вибробезопасных условий труда

Вибробезопасными называются условия труда, при которых производственная вибрация не оказывает на работающего неблагоприятного воздействия, в крайних своих проявлениях приводящего к профессиональному заболеванию (например, вибрационной болезни). Вибробезопасные условия труда обеспечиваются применением вибробезопасных машин; применением средств виброзащиты, снижающих воздействующую на работающих вибрацию на путях ее распространения; проектированием технологических процессов и производственных помещений, обеспечивающих неперевышение гигиенических норм вибрации на рабочих местах; организационно-техническими мероприятиями, направленными на улучшение эксплуатации

машин, своевременный их ремонт и контроль вибрационных параметров; разработкой рациональных режимов труда и отдыха.

Классификация методов и средств вибрационной защиты приведена в ГОСТ 12.4.046—78.

Виброопасными считаются машины, которые хотя бы при одном из режимов эксплуатации генерируют вибрации, требующие для обеспечения вибробезопасных условий труда применения дополнительных мероприятий и средств по защите работающих.

Снижение вибрации машины заключается, в основном, в уменьшении динамических процессов, вызываемых ударами, резкими ускорениями и т. п. Устранение дисбаланса вращающихся масс достигается тщательной балансировкой. Применяется также вибродемпфирование — превращение энергии механических колебаний системы в другие виды энергии, например тепловую при нанесении на поверхность слоев упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение. Виброгашение производится путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений. Виброизоляция осуществляется посредством введения в систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибрации от машины (источника колебания) к основанию или сложным элементам конструкции. При использовании в технических процессах виброопасных машин нужно применять методы, снижающие параметры вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения (включая средства индивидуальной защиты), приведенные в ГОСТ 12.4.046—78.

Для исключения контакта работающих с вибрирующими поверхностями за пределами рабочего места (зоны) необходимо опасные с точки зрения вибрации участки выделять ограждениями, надписями, предупреждающими знаками, окраской и т. п.

Радикальным направлением борьбы как с вибрацией, так и с шумом является исключение шумных и виброопасных технологических процессов. Например, клепку заменяют сваркой, штамповку — прессованием и т. п.

Большое значение имеет установление рациональных режимов труда и отдыха. Рекомендуется, чтобы общее время контакта с вибрирующими машинами, вибрация которых соответствует допустимым уровням, не превышала $\frac{2}{3}$ длительности рабочего дня, а непрерывная продолжительность воздействия вибрации, включая микропаузы, 15... 20 мин. Так как воздействие вибрации усугубляется при охлаждении, то в производственных помещениях температура воздуха не должна быть ни-

же 16°C при влажности 40...60% и скорости движения не более 0,3 м/с. При невозможности создания таких условий должны предусматриваться специальные отапливаемые помещения с температурой воздуха не менее 22°C .

Средства индивидуальной виброзащиты по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяются на СИЗ для рук, ног и тела оператора. В качестве СИЗ для рук оператора применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки. Требования к ним регламентируются ГОСТ 12.4.002—74. Виброзащитная спецобувь изготавливается в виде сапог, полусапог, полуботинок. Защита от вибрации обеспечивается специальной конструкцией низа обуви с использованием упруго-демпфирующего материала. Требования к ней регламентируются ГОСТ 12.4.024—74. СИЗ для тела оператора по форме исполнения подразделяются на нагрудники, пояса, специальные костюмы, изготавливаемые из упруго-демпфирующих материалов.

Раздел третий

ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Глава 12

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

§ 1. Общие требования безопасности к производственным процессам

Решение поставленной на XVI съезде профсоюзов задачи по переходу «от техники безопасности к безопасной технике» заключается в разработке безопасных производственных процессов. Производственный процесс — сложная социально-техническая система. Опасность оборудования и технологических процессов, проявляющаяся на стадии эксплуатации, закладывается, главным образом, при их проектировании. Поэтому огромное значение имеет учет требований безопасности при разработке и осуществлении производственных процессов.

Общие требования безопасности к производственным процессам изложены в ГОСТ 12.3.002—75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Безопасность производственных процессов обеспечивается целым комплексом проектных и организационных решений, заключающихся в соответствующем выборе технологических процессов, рабочих операций и порядка обслуживания оборудования; производственных помещений или наружных площадок; производственного оборудования и условий его размещения; способов хранения и транспортирования исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства; средств защиты работающих. Большое значение имеет правильное распределение функций между человеком и оборудованием в целях уменьшения тяжести труда, а также организация профессионального отбора и обучения работающих.

Производственные процессы должны быть пожаро- и взрывобезопасными, а также не должны загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ.

Технологические процессы в промышленности чрезвычайно разнообразны, однако имеется ряд общих требований, осуществление которых способствует их безопасности, а именно устранение непосредственного контакта работающих с вредными исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное действие;

замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением вредных и опасных производственных факторов, на процессы и операции, где действие этих факторов устранено или сведено к минимуму;

применение комплексной механизации, автоматизации и дистанционного управления в тех случаях, когда действие вредных и опасных производственных факторов нельзя устранить;

обеспечение надлежащей герметизации производственного оборудования;

применение средств коллективной защиты работающих; переход от сложных многостадийных процессов к мало- или одностадийным;

переход от периодических процессов к непрерывным;

применение системы контроля и управления технологическим процессом, обеспечивающей защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;

оснащение технологических процессов устройствами, обеспечивающими получение своевременной информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях;

своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками вредных и опасных производственных факторов;

применение рациональных режимов труда и отдыха с целью предупреждения возникновения психофизиологических опасных и вредных производственных факторов (монотонности, гиподинамии и т. п.).

В выполнении этих требований в настоящее время имеются существенные успехи. Примером устранения контактов работающих с вредными веществами могут служить практически все технологические процессы, связанные с получением радиоактивных изотопов, а также использованием атомной энергии.

Устраняют или уменьшают опасность контакта работающих с вредными веществами и многие прогрессивные технологические процессы в литейных цехах машиностроительных заводов, например, процесс химического отверждения форм

и стержней, получение формовочной смеси методом холодного плакирования, изготовление стержней и форм из жидких самоотвердеющих смесей, электрогидравлическая очистка отливок, зачистка отливок стальными дисками и т. п.

В химической промышленности имеется много примеров замены высокотоксичных веществ менее токсичными. Например, в первые же годы Советской власти высокотоксичная ртуть, используемая при производстве фетра, была заменена щелочами; вместо свинцовых белил начали выпускать цинковые. Акрилонитрил, который ранее производили из ацетилена и синильной кислоты, сейчас получают в основном из пропилена и аммиака. Из производства ацетальдегида исключена ртуть. Метиловый спирт, применявшийся при получении полиэтилена, заменен менее токсичным изопропиловым. Высокотоксичные растворители (бензол, дихлорэтан), применявшиеся при изготовлении лаков, красок, заменяют сейчас спиртами, ацетоном и другими веществами. Особенно широко осуществляется сейчас замена органических растворителей, используемых для обезжиривания оборудования, заготовок, деталей, водными моющими растворами, обеспечивающими хороший эффект практически при отсутствии вредных выделений.

В машиностроении большое профилактическое гигиеническое значение имеет замена минеральных масел, применяемых в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей, их водными эмульсиями.

Большая безопасность мало- или одностадийных процессов объясняется лучшей их управляемостью, возможностью их автоматизации, устранением побочных, часто опасных, операций. Примером может служить метод прямой гидратации этилена в этанол, заменивший многостадийный метод получения этанола сернокислотной гидратацией этилена.

Важное значение для обеспечения безопасности имеет переход на непрерывные технологические процессы. Периодические процессы в химической и нефтехимической промышленности обычно связаны с необходимостью разгерметизации системы после каждого технологического цикла, что приводит к выделению в воздух рабочей зоны вредных и пожаро- и взрывоопасных веществ. Кроме того, периодические процессы отличаются неустойчивостью режима и трудно поддаются регулировке.

Повышению безопасности технологических процессов способствуют: ведение процессов под вакуумом, что предотвращает выделение вредных веществ в воздух рабочих зон; замена сухого размола твердых веществ мокрым и транспортировка этих веществ по трубопроводам в виде растворов и расплавов;

применение флегматизаторов, как активных (оксидов углерода, хлор- и бромзамещенных углеводородов), так и пассивных (азота, диоксида углерода, водяного пара); использование безопасных способов обогрева и охлаждения продуктов с помощью теплообменников, а не топочных газов; вынос оборудования на открытые площадки и др.

Правильное размещение оборудования и рациональная организация рабочих мест существенно влияют на безопасность технологических процессов. Расстояние между единицами оборудования, между оборудованием и конструктивными элементами зданий (стенами, колоннами), а также размещение рабочих мест должны обеспечивать удобство обслуживания и наблюдения за работой оборудования.

§ 2. Механизация и автоматизация производства

Радикальными средствами обеспечения безопасности производственных процессов являются механизация и автоматизация.

Под механизацией понимают замену рабочих операций, выполняемых вручную, машинами и механизмами с применением для их действия различных видов энергии. Основной целью механизации является повышение производительности труда и освобождение человека от выполнения тяжелых, трудоемких и утомительных операций. В зависимости от рода работ и степени оснащения производственных процессов техническими средствами различают частичную и комплексную механизацию. Последняя создает предпосылки для автоматизации производства.

Автоматизация производства является высшей формой развития производственных процессов, при которой функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. В социалистическом обществе автоматизация производства является основой для повышения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции, создания условий для оптимального использования всех ресурсов производства, стирания граней между умственным и физическим трудом. Одновременно автоматизация обеспечивает безопасность механических процессов, создает наилучшие условия труда и повышает общую культуру производства.

Различают частичную, комплексную и полную автоматизацию производства. Под частичной автоматизацией понимают автоматизацию одного или нескольких не связанных звеньев производственного процесса. Она применяется, когда непосредственное управление сложным скоротечным процес-

сом становится практически не доступным для человека или когда процесс ведется в условиях, опасных для жизни человека.

При комплексной автоматизации все основные звенья производственного процесса действуют как единый взаимосвязанный автоматический комплекс. Комплексная автоматизация базируется на совершенной технологии и прогрессивных методах управления с применением надежных унифицированных технических средств автоматизации и производственного оборудования, действующего по заданной или самоорганизующейся программе, при общем контроле человека за работой всего комплекса.

Полная автоматизация предусматривает исключение человека из процесса управления производством и переложение его функций на управляющие машины. При этом исключаются ошибки, которые может допустить оператор.

Примеры механизированных и автоматизированных производств имеются во всех отраслях промышленности. Их развитие является основой дальнейшего научно-технического прогресса, а в условиях социалистического общества — основой постепенного перерастания социалистического труда в труд коммунистический.

§ 3. Общие требования безопасности к производственному оборудованию

Машины, аппараты и другое оборудование, применяемые в различных отраслях промышленности, чрезвычайно разнообразны по принципу действия, конструкции, типам и размерам. Однако существуют некоторые общие требования, соблюдение которых при конструировании оборудования позволяет обеспечить безопасность его эксплуатации. Эти требования сформулированы в ГОСТ 12.2.003—74.

Безопасность производственного оборудования обеспечивается правильным выбором принципов действия, конструктивных схем, материалов, рабочих процессов и т. п.; максимальным использованием средств механизации, автоматизации, дистанционного управления; применением в конструкции специальных защитных средств; выполнением эргономических требований; включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению.

В процессе эксплуатации оборудование не должно загрязнять окружающую среду вредными веществами выше установленных норм и не должно представлять опасности с точки зрения взрыва и пожара.

При проектировании оборудования нужно учитывать условия его эксплуатации с тем, чтобы при воздействии влажности, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких давлений и температур, агрессивных веществ, ветровых нагрузок, микроорганизмов, грибов и т. п. оборудование не становилось опасным.

Требования к основным элементам конструкции заключаются в основном в следующем.

Материалы, применяемые в конструкции оборудования, не должны быть опасными и вредными. Новые материалы должны предварительно подвергаться проверке на гигиеничность и взрывопожароопасность.

Оборудование должно быть снабжено необходимыми техническими средствами безопасности.

Представляющие опасность движущиеся части оборудования должны быть ограждены или снабжены средствами защиты, за исключением частей, ограждение которых не допускается их функциональным назначением. В этом случае нужно предусматривать специальные меры защиты.

Оборудование не должно служить источником выделения в рабочую зону производственных помещений вредных веществ, различного рода излучений выше предельно допустимых уровней (концентраций) больших количеств теплоты и влаги. Для функционального удаления и аварийного сброса вредных, взрыво- и пожароопасных веществ оборудование следует оснащать специальными устройствами.

Конструкция оборудования должна обеспечивать исключение или снижение до регламентированных уровней шума, ультразвука, инфразвука, вибраций.

Элементы оборудования, с которыми может контактировать человек, не должны иметь острых кромок, углов, неровных, горючих и переохлажденных поверхностей.

Входящие в конструкцию оборудования рабочие места и их элементы должны обеспечивать удобство и безопасность работающему.

При необходимости передвижения оператора во время обслуживания оборудования оно должно быть снабжено безопасными проходами, площадками, переходами, лестницами, перилами и т. п.

В оборудовании должны быть предусмотрены приспособления для удобного зачаливания при необходимости подъема и другие устройства для обеспечения безопасности при монтаже и ремонте.

Оборудование должно иметь средства сигнализации о нарушении нормального режима работы, а в необходимых слу-

чаях — средства автоматического останова, торможения и отключения от источников энергии.

Для предотвращения опасности при внезапном отключении источников энергии все рабочие органы, захватывающие, зажимные и подъемные устройства оборудования или их приводы должны быть снабжены специальными защитными приспособлениями. Причем нужно предотвращать возможность самопроизвольного включения приводов рабочих органов при восстановлении подачи энергии.

Конструкция оборудования должна обеспечивать защиту человека от поражения электрическим током.

Органы управления оборудованием должны соответствовать следующим основным требованиям: иметь форму, размеры и поверхность, безопасные и удобные для работы; удобно располагаться в рабочей зоне; размещаться с учетом требуемых для их перемещения усилий, не превышающих установленных стандартами, а также последовательности и частоты использования;

исключать возможность непроизвольного и самопроизвольного включения и выключения оборудования.

Управление однородным оборудованием должно быть унифицировано, а направление вращения маховичков, штурвалов, перемещение рычагов, педалей и т. п. — соответствовать установленным правилам.

Во всех функционально возможных случаях направление перемещения органов управления должно быть естественно связано с направлением движения рабочих органов оборудования.

Органы управления своей конструкцией (блокировками) должны исключать возможность осуществления неправильной последовательности операций или иметь схемы и надписи, наглядно указывающие правильную последовательность операций.

Органы аварийного выключения (кнопки, рычаги и т. п.) должны быть красного цвета, иметь указатели, облегчающие их поиск, надписи о назначении и быть легкодоступными для обслуживающего персонала.

Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования, сводятся в основном к тому, чтобы функционирование оборудования было невозможно при отключенных или неисправных средствах защиты. Средства защиты должны непрерывно выполнять свои функции или срабатывать при возникновении опасности или приближении человека к опасной зоне. Действие средств защиты должно продолжаться все время, пока действует опасный или вредный

производственный фактор. Отказ отдельных элементов защитных средств не должен прекращать защитного действия других средств или создавать какую-либо дополнительную опасность.

Средства защиты должны быть легкодоступны для обслуживания и контроля. При необходимости их снабжают устройствами автоматического контроля.

Все защитные устройства, которые могут быть сняты или открыты, должны обеспечиваться средствами, исключающими их случайное снятие и открытие, а при необходимости — блокировками, останавливающими рабочий процесс при съеме или открытии ограждений.

В нашей стране разработаны и введены в действие стандарты ССБТ (в дополнение к ГОСТ 12.2.003—74) на отдельные группы оборудования, например: на металлорежущие станки (ГОСТ 12.2.009—80), деревообрабатывающее оборудование (ГОСТ 12.2.026.0—77... ГОСТ 12.2.026.17—80), оборудование для легкой промышленности (ГОСТ 12.2.014—76), оборудование для текстильной промышленности (ГОСТ 12.2.005—75), электротехнические изделия (ГОСТ 12.2.007.0—75... ГОСТ 12.2.007.14—75), компрессорное оборудование (ГОСТ 12.2.016—81), грузоподъемные краны (ГОСТ 12.2.058—81... ГОСТ 12.2.060—81, ГОСТ 12.2.065—81... ГОСТ 12.2.071—82) и многие другие.

В связи с разработкой многих сложных автоматических линий и автоматизированных систем, характеризующихся большим количеством информации, в стандартах ССБТ уделяется также внимание эргономическим требованиям, которые устанавливают соответствие оборудования антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психическим особенностям человека.

В ГОСТ 12.2.049—80 приведены общие требования к рабочему месту, требования к органам управления, средствам отображения информации. В ГОСТ 12.2.032—78 приводятся уточненные требования к рабочему месту при выполнении работы в положении сидя, а в ГОСТ 12.2.033—78 — в положении стоя.

Эргономические требования включены также во многие стандарты ССБТ на конкретные виды оборудования.

§ 4. Обеспечение безопасности применения промышленных роботов

В последние годы на наиболее трудоемких и сложных штамповочных, сварочных и механосборочных операциях, на вспомогательных и погрузочно-разгрузочных работах, в загазованной

и взрывоопасной среде, при повышенной радиации и в других экстремальных условиях находят все более широкое применение промышленные роботы (ПР). Под *промышленным роботом* понимают перепрограммируемую автоматическую машину, применяемую в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека при перемещении предметов производства и технологической оснастки. Отличительным признаком ПР является наличие манипуляторов.

Применяемые в большой степени для облегчения условий труда промышленные роботы сами по себе представляют определенную опасность для обслуживающего персонала и работников смежных участков. Опасность эта связана с автоматичностью действий ПР, высокой скоростью линейных перемещений исполнительных устройств, большой зоной обслуживания и т. п. Наибольшая вероятность травмирования возникает при наладке и регулировке ПР.

Основными причинами травм могут явиться: неправильные (непредусмотренные) движения ПР во время обучения, в том числе погрешность позиционирования рабочего органа; аварии технологического оборудования на обслуживаемом ПР участке; ошибочные действия оператора во время наладки, регулировки и ремонта ПР; попадание человека в рабочее пространство ПР при работе в автоматическом режиме; нарушение номинальной грузоподъемности ПР; неудобное расположение технологического оборудования, пультов управления, загрузочных и разгрузочных устройств, накопителей, тары, транспортных средств на участках действия ПР; размещение пультов управления внутри рабочего пространства ПР и отсутствие ограждения рабочего пространства ПР; отключение при аварийной остановке ПР устройств, перерыв в работе которых связан с опасностью травмирования рабочих; отсутствие у оператора четкой информации о ситуации в рабочей зоне ПР, о причине возникающих неполадок на участке.

При проектировании и эксплуатации технологических комплексов с ПР необходимо учитывать общие требования безопасности, предъявляемые к производственному оборудованию, а также ряд специальных требований (ГОСТ 12.2.078—82). К одному из таких требований относится необходимость обеспечения аварийной остановки исполнительных устройств ПР при попадании человека в рабочее пространство при работе ПР в автоматическом режиме, а также при выходе самого ПР за пределы запрограммированного рабочего пространства.

Чтобы предотвратить в таких ситуациях травматизм, разработаны устройства, использующие информацию локационных

оптических датчиков о наличии человека в опасной зоне. Примером может служить система, выполненная по модульному принципу с применением светолокационных датчиков. В состав системы входят стойки светоизлучателей и фотоприемников, применяемые попарно, а также блок логических преобразователей. При пересечении человеком светового луча при входе в опасную зону происходит включение всех лампочек — светофоров стоек, ограждающих эту зону. Таким образом осуществляется сигнализация запрещенной для работы ПР зоны рабочего пространства. Нахождение в этой зоне или вход в нее ПР регистрируется соответствующими бесконтактными выключателями и формируется команда на аварийное торможение и выключение ПР. Разрешение на продолжение работы ПР дается нажатием одной из кнопок «Сброс», находящихся на стойках, ограничивающих опасную зону.

При наличии электронных систем обеспечения безопасности ПР следует предусматривать дублирование этих систем более простыми механическими устройствами.

Необходимо также предусматривать устройства, предотвращающие травмирование персонала удерживаемым ПР объектом при внезапном отключении питания; при этом удерживаемый ПР объект не должен выпасть из захватного устройства.

Если автоматизированный, оснащенный ПР участок, имеет несколько пультов, то должна быть исключена возможность одновременного управления с разных пультов. Автоматические линии нужно снабжать дополнительными органами аварийного отключения, расположенными не далее 4 м друг от друга.

При организации технологических комплексов с ПР следует предусматривать максимальную механизацию и автоматизацию вспомогательных операций. Планировка участков должна быть удобной, обеспечивать легкий доступ оператора к органам аварийного отключения. Участок должен быть огражден, а блокировка должна выключать ПР при входе человека в опасную зону при работе ПР в автоматическом режиме.

При наличии кабин управления в них должны быть обеспечены нормальные условия работы.

§ 5. Общие требования безопасности к сосудам, работающим под давлением

Сосудами, работающими под давлением, называются герметически закрытые емкости, предназначенные для ведения в них химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жид-

костей под давлением. Основная опасность при эксплуатации таких сосудов заключается в возможном их разрушении и проявлении действия силы внезапного адиабатического расширения газов и паров, так называемом физическом взрыве. Мощность таких взрывов может быть очень большой. Например, мощность взрыва (разрыва) сосуда вместимостью 1 м³, содержащего воздух под давлением 1 МПа (10 кгс/см²), составляет 13,2 МВт. Если же в сосуде при тех же условиях находится водяной пар, то мощность уже будет около 200 МВт¹.

Наиболее частыми причинами разрушения таких сосудов являются: недостатки конструкции; превышение допустимого давления; потеря механической прочности материала сосуда вследствие коррозии, внутренних дефектов, местных перегревов и других причин; неисправность защитных устройств, неправильная эксплуатация.

Для предотвращения аварий таких сосудов они должны изготавливаться и эксплуатироваться в соответствии с действующими «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Действие этих правил распространяется на:

сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²);

цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50°С превышает 0,07 МПа;

баллоны, предназначенные для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов с рабочим давлением свыше 0,07 МПа;

сосуды и цистерны для хранения и перевозки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел без давления, но опорожняемые под давлением газа свыше 0,07 МПа.

Правила не распространяются на приборы парового и водяного отопления; сосуды вместимостью не свыше 25 л, для которых производство вместимости в литрах на рабочее давление не превышает 20 МПа; части машин, не представляющие самостоятельные сосуды (цилиндры двигателей паровых и воздушных машин и компрессоров, неотключаемые промежуточные холодильники и маслолагоотделители компрессорных установок и др.); сосуды из неметаллических материалов и некоторые другие виды сосудов.

Указанные правила устанавливают специальные требования к конструкции и материалам сосудов, их изготовлению, монта-

¹ См.: Линецкий В. А., Пряников В. И. Охрана труда, техника безопасности и пожарная профилактика на предприятиях химической промышленности. М., 1976.

жу, установке, регистрации, техническому освидетельствованию, содержанию и обслуживанию.

Конструкция сосудов и аппаратов должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и удобство при осмотре, очистке, промывке и ремонте. В частности, нормируется устройство лазов и люков для доступа в аппарат и т. п. Специальные требования предъявляются к качеству материала в зависимости от условий работы сосуда (в частности, от давления, температуры, агрессивности среды); к методам механической и термической обработки металла и сварки, дефектоскопии, механических и металлографических исследований; к нормам оценки качества изготовления и способам устранения дефектов, выявленных при испытаниях. Например, сварные соединения сосудов со стенкой толщиной 6 мм и более подлежат обязательному клеймению, позволяющему установить фамилию сварщика, выполнявшего сварку.

Изготовление таких сосудов и аппаратов разрешается на предприятиях, располагающих техническими средствами, обеспечивающими их качественное изготовление. На каждый сосуд составляется и передается заказчику технический паспорт с чертежами и расчетами. Кроме того, на корпусе сосуда на видном месте тем или иным способом (но не краской) наносят данные, по которым можно получить все сведения о сосуде (наименование завода-изготовителя, заводской номер сосуда, год изготовления, рабочее и пробное давление, допустимая температура стенок).

Разрешение на пуск и работу сосудов, подлежащих регистрации, выдается инженером-инспектором Госгортехнадзора СССР после регистрации и технического освидетельствования, о чем делается отметка в паспорте сосуда. Техническое освидетельствование заключается во внутреннем осмотре (не реже одного раза в четыре года) и гидравлическом испытании с предварительным внутренним осмотром (не реже одного раза в восемь лет). Главное освидетельствование проводится до пуска в работу, во время эксплуатации — периодически, а в некоторых случаях досрочно. Освидетельствованию подлежат все сосуды, работающие под давлением, а не только подлежащие регистрации в Госгортехнадзоре СССР. Для всех таких сосудов на предприятии имеется книга учета, которая хранится у лица, осуществляющего надзор за сосудами на предприятии.

Гидравлическое испытание проводится пробным давлением, превышающем рабочее в 1,25...2 раза и зависит от рабочего давления и температуры, а также способа изготовления сосуда. Если невозможно выполнить гидравлическое испытание, правила допускают замену его пневматическим испытанием, но

только после тщательного внутреннего осмотра и при условии соблюдения целого ряда предохранительных мер.

При эксплуатации сосудов, работающих под давлением, основное требование безопасности заключается в точном соблюдении норм технологического режима. Для этого необходим правильный выбор и поддержание в исправном состоянии контрольно-измерительных приборов, запорной арматуры и предохранительных устройств.

Предохранительные устройства выполняются в виде предохранительных клапанов и разрывных пластин (мембран). Предохранительный клапан представляет собой устройство, автоматически открывающееся при повышении рабочего давления и закрывающееся при снижении давления до рабочего. Количество предохранительных клапанов, их размеры и пропускная способность должны обеспечивать пропуск рабочей среды в таком количестве, чтобы в сосуде не могло образоваться давление, превышающее рабочее более чем на 0,05 МПа для сосудов с давлением до 0,3 МПа включительно, на 15% — для сосудов с давлением от 0,3 до 6 МПа и на 10% — для сосудов с давлением свыше 6 МПа.

Если имеются сомнения в надежности работы предохранительного клапана, то сосуд снабжается предохранительной (разрывной) пластиной, разрывающейся при повышении давления в сосуде не более чем на 25% рабочего давления.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды при срабатывании предохранительного клапана или разрыве мембраны содержащимся в сосуде веществом устраиваются специальные отводящие трубы с приспособлениями для слива конденсата, отводящие вещество в специальное место или устройство.

§ 6. Обеспечение безопасной эксплуатации баллонов со сжатыми, сжиженными и растворенными газами

Во всех отраслях промышленности широко используются баллоны со сжатыми, сжиженными и растворенными газами, которые относятся к сосудам, работающим под давлением. Эксплуатация баллонов связана с целым рядом опасных факторов. Наполненный сжатым газом баллон обладает большой энергией, и если в нем образуется отверстие, то газ истекает из него с критической скоростью; возникающая при этом реактивная сила может достигать 2 кН и более. Известен, например, случай, когда при подобных условиях баллоны вместимостью около 500 л были отброшены реактивной силой на расстояние

более 100 м. Разрушение баллона может произойти при падении, сильных ударах, особенно в зимних условиях, при нагревании до высоких температур (выше 200 °С), при их переполнении сжатыми и особенно сжиженными газами и т. п. Разрушение баллона может явиться следствием взрыва образовавшейся в нем взрывоопасной среды, например при случайном попадании в баллоны с кислородом горючих жидкостей или газов (в количестве 300...600 г); горючая смесь в кислородном баллоне может образоваться при нарушении правил выполнения газопламенных работ и т. п.

Наибольшее количество несчастных случаев при эксплуатации баллонов возникает из-за травм обслуживающего персонала при падении баллонов. Это связано с плохим закреплением баллонов к наполнительным рампам, в контейнерах, клетках, отсеках складов и у мест их использования. К падению баллонов приводит плохое содержание полов складов и погрузочно-разгрузочных площадок, особенно в осенне-зимний период, ручная транспортировка кантовкой без использования специальных тележек и т. п.

Безопасность эксплуатации баллонов обеспечивается:

необходимой механической прочностью баллонов и надлежащим контролем за их состоянием;

исключением возможности наполнения горючими газами баллонов, предназначенных для негорючих газов, и наполнения кислородом баллонов, предназначенных для горючих газов;

соблюдением правил наполнения, транспортирования и использования.

Необходимая механическая прочность баллонов достигается правильным расчетом, качественным изготовлением и регулярным техническим освидетельствованием (не реже чем через 5...10 лет), во время которого проводят осмотр внутренней и наружной поверхностей баллона, проверку массы и вместимости (не для всех баллонов), гидравлические испытания давлением, в 1,5 раза превышающем рабочее.

В связи с большой взрывоопасностью ацетилен содержится в баллонах в растворенном состоянии; кроме того, баллоны заполняют специальной пористой массой, поэтому эти баллоны проходят освидетельствование (осмотр наружной поверхности, проверку пористой массы, пневматическое испытание) только на заводе, где их наполняют ацетиленом, не реже чем через 5 лет.

Для исключения ошибочного наполнения баллонов не тем газом боковые штуцера вентилей баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, имеют левую резьбу, а баллонов, наполняемых кислородом и другими негорючими

газами, — правую. Кроме того, правила строго регламентируют окраску баллонов, текст и цвет надписи, цвет маркировочной полосы. Баллоны для негорючих газов в основном окрашиваются в черный, коричневый и серый цвет, для водорода — в зеленый, для кислорода — в голубой, для горючих газов — в красный.

Для исключения переполнения баллонов сжиженными газами правила регламентируют массу заполняемого газа на 1 л вместимости баллона.

При эксплуатации всех баллонов должно строго соблюдаться правило, не допускающее полного их опорожнения. Баллоны не принимаются для наполнения, если остаточное давление в них менее 0,05 МПа, а в случае баллонов с растворенным ацетиленом — не менее 0,05 МПа и не более 0,1 МПа.

§ 7. Обеспечение безопасности при эксплуатации цистерн и бочек для перевозки сжиженных газов

К цистернам и бочкам для сжиженных газов, на которые распространяется действие «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» предъявляются в основном те же требования, что и к стационарным сосудам, с учетом некоторых особенностей, связанных, главным образом, с их передвижением.

Цистерны должны быть оборудованы лазами, люками и арматурой, расположенной на крышке лаза или в другом, удобном для обслуживания месте. Арматура цистерны должна обеспечивать удобное их наполнение и опорожнение, измерение параметров среды. Для защиты от превышения давления предусматривают вентили с сифонной трубкой для слива и налива среды, вентиль для выпуска паров из верхней части цистерны, пружинный предохранительный клапан, манометр, указатель уровня жидкости и при необходимости разрывную мембрану. Емкости для хлора, фосгена, переохлажденного аммиака и криогенных жидкостей оборудуются дополнительной арматурой.

Все цистерны и бочки окрашиваются и маркируются в соответствии с правилами.

Основным требованием безопасной эксплуатации цистерн является недопущение их полного заполнения жидкостью. Над жидкостью обязательно должно оставаться свободное пространство (паровая подушка), иначе при повышении температуры окружающей среды может произойти разрушение цистерны. Поэтому при заполнении цистерны строго контроли-

руется масса продукта и степень заполнения емкости в зависимости от объема сосуда и характеристики сжиженного газа.

§ 8. Обеспечение безопасной эксплуатации компрессорных установок

Стационарные и передвижные компрессоры и компрессорные установки находят применение во всех отраслях промышленности. Работа компрессорного оборудования связана с возникновением опасных и вредных факторов, обусловленных наличием у компрессоров движущихся частей и высокого давления, а также возможностью образования взрывоопасных смесей. Некоторые сжимаемые компрессорами газы обладают коррозионным действием (аммиак и др.), большой токсичностью (хлор, аммиак и др.), повышенной способностью проникать через неплотности (фреон, гелий) и др. Особая опасность возникает при недопустимом повышении температуры и давления. Недостаточное охлаждение в поршневых компрессорах может привести к повышению температуры в цилиндрах и, как следствие, к заклиниванию поршней, обрыву шатунных болтов, поломке коленчатого вала, а также к разложению и коксованию масла, подаваемого для смазки цилиндров. Отложение масла и нагара на стенках клапанных коробок, трубопроводов и холодильников приводит к увеличению их сопротивления потоку газа, повышению давления нагнетания и температуры, способствуя еще большему образованию нагара. Слой нагара определенной толщины способен к самовозгоранию, что может привести к взрыву воздушных компрессоров и трубопроводов.

В центробежных компрессорах недостаточное охлаждение может привести к перегреву машины, повышенной вибрации корпуса и подшипников.

Таким образом, для безопасной эксплуатации компрессоров необходимо, главным образом, обеспечить их герметичность (особенно при сжатии ядовитых и взрывоопасных газов), рациональную смазку и достаточное охлаждение.

Компрессорные установки проектируют, изготавливают и эксплуатируют в соответствии с действующими «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов», а также ГОСТ 12.2.016-76, в котором изложены общие требования безопасности, требования к элементам конструкций и систем управления, к средствам защиты и сигнализации, к выполнению монтажных, наладочных работ, транспортированию и хранению.

Компрессорные установки должны быть снабжены предохранительными, сигнализирующими и блокировочными устройствами, срабатывающими автоматически. Каждая ступень поршневого компрессора должна быть оборудована предохранительным клапаном, установленным на линии нагнетания в месте наименьшей пульсации давления газа. Если компрессор сжимает токсичный или взрывоопасный газ или азот, то предохранительный клапан должен быть закрытого типа, а газ — сбрасываться в закрытую систему. При определенных условиях разрешается вместо предохранительных клапанов устанавливать разрывные мембраны с отводом газа в закрытую систему или клапан вместе с мембраной.

На газопроводах, подающих газ потребителю, перед раздаточным запорным вентилем (задвижкой) должны иметься обратные клапаны с указанием на корпусе направления потока газа.

Компрессорные установки должны быть снабжены приборами для измерения давления (после каждой ступени сжатия на линии нагнетания на газосборниках) и температуры (на каждой ступени после промежуточных и конечных холодильников, а также на сливе воды). Измеряться должны также давлением и температура масла, поступающего для смазки механизма движения.

Каждый компрессор должен быть оборудован системой аварийной защиты, обеспечивающей звуковую и световую сигнализацию при прекращении подачи охлаждающей воды, превышении допустимой температуры сжимаемого газа, и автоматическую установку компрессора, если давление масла для смазки механизма движения станет ниже допустимого.

Корпуса компрессоров, холодильников и влагомаслоотделителей должны быть заземлены или занулены.

§ 9. Безопасная эксплуатация подъемно-транспортных машин и механизмов

На каждом промышленном предприятии для перемещения различных грузов применяются грузоподъемные машины и механизмы, которые условно можно подразделить на средства непрерывного транспорта (транспортёры, шнеки, элеваторы, конвейеры и др.) и подъемные механизмы (грузоподъемные краны, домкраты, тали, лебедки, лифты, автопогрузчики и пр.).

При эксплуатации этого оборудования возможно травмирование обслуживающего персонала движущимися частями машин, падающим грузом, электрическим током и т. п. Серьез-

ная опасность возникает при обрыве несущих органов (канатов, цепей)

Для обеспечения безопасности подъемно-транспортные устройства проектируются и эксплуатируются в соответствии с требованиями специальных правил («Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», «Правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов» и др.) и стандартов ССБТ.

В этих документах содержатся требования, направленные на обеспечение надежности конструкции оборудования (выбор соответствующих запасов прочности материала, защита от коррозии и тепловых воздействий и т. п.); обязательное применение предохранительных устройств (ограничителей высоты подъема, массы поднимаемого груза, концевых выключателей механизмов передвижения, ловителей, тормозов, аварийных выключателей, ограничителей скорости и др.); регистрацию наиболее опасного оборудования в органах Госгортехнадзора и его периодическое техническое освидетельствование.

У мостовых кранов должна быть обеспечена возможность эвакуации машинистов при остановке крана не у посадочной площадки. Краны должны иметь устройства, исключающие возможность их пуска посторонними лицами.

Все части грузоподъемных кранов, представляющие опасность при эксплуатации (зубчатые, цепные и червячные передачи; муфты с выступающими болтами или шпонками, за исключением соединительных муфт, применяемых в качестве тормозных шкивов; канатные блоки крюковой подвески; троллейные провода и другие доступные и находящиеся под напряжением части электрооборудования и т. п.), должны быть надежно ограждены.

У стеллажных кранов-штабелеров тормоза механизма подъема рассчитывают так, чтобы груз в любых условиях эксплуатации надежно затормаживался и удерживался. Коэффициент запаса торможения должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.053—83 (табл. 16).

Таблица 16

Группа режима работы механизма подъема	Наименьший коэффициент запаса торможения
1	1,50
2	1,50
3	1,50
4	1,75
5	2,00
6	2,50

Коэффициент запаса торможения — отношение момента, создаваемого тормозом, к моменту на тормозном валу.

Для создания безопасных условий работы грузоподъемного устройства необходимо обеспечить прочный захват поднимаемого груза, исключающий его соскальзывание и падение. Это достигается применением соответствующих крюков с предохранительными устройствами (замками, защелками, карабинами и др.). Наиболее подверженные износу части грузоподъемных механизмов (канаты, цепи, тросы, крюки) рассчитываются с большим запасом прочности, который для канатов и цепей в зависимости от привода, вида подъемного устройства, режима работы механизма и его предназначения находится в пределах от 3,5 до 13.

Коэффициент запаса прочности несущего органа (каната, цепи) определяется по формуле

$$K = P/S,$$

где P — разрывные усилия несущего органа в целом; S — наибольшая статическая нагрузка несущего органа.

Допускаемый диаметр блока, огибаемого стальным канатом, рассчитывается по формуле

$$D \geq de,$$

где D — диаметр блока, измеряемый по средней линии навитого каната; d — диаметр каната; e — коэффициент, зависящий от вида механизма и режима работы. Для промышленных кранов $e = 16 \dots 35$.

Все грузоподъемные машины и механизмы (за некоторым исключением) до начала эксплуатации подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора и подвергаются полному техническому освидетельствованию, которое заключается в осмотре, статическом и динамическом испытаниях. Во время эксплуатации грузоподъемные машины и механизмы подлежат периодическому частичному (не реже одного раза в 12 месяцев) и полному (не реже одного раза в три года) освидетельствованию.

§ 10. Защитные устройства и знаки безопасности

Основными техническими средствами охраны труда, служащими для коллективной защиты работающих, являются защитные устройства.

Защитными устройствами называются устройства, применяемые для предотвращения или уменьшения воздействия на

работающих опасных и вредных производственных факторов. В частности, защитные устройства предупреждают попадание человека в опасную зону.

Опасной зоной считается пространство, в котором постоянно действует или периодически возникает ситуация, опасная для жизни и здоровья работающего. Опасная зона может быть ограниченной (локализованной вокруг опасного элемента оборудования) и неограниченной, изменяющейся в пространстве и времени (например, пространство под транспортируемым грузом и т. п.).

Кроме защиты человека защитные устройства предохраняют оборудование от аварий, создают необходимую согласованность действий человека и машины, предупреждают последствия ошибочных действий персонала, служат для автоматизации работы оборудования и т. п.

Защитные устройства весьма разнообразны по принципу действия и конструктивному исполнению. В некоторой степени условно их можно подразделить на: оградительные, блокировочные, предохранительные, специальные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления (ГОСТ 12.4.125—83).

Оградительные устройства представляют собой физическую преграду между человеком и опасным или вредным производственным фактором. Это всевозможные кожухи, щиты, экраны, козырьки, планки, барьеры. Благодаря простоте конструкции, малой стоимости и надежности они нашли широкое применение в технике.

По способу установки ограждения могут быть стационарными или передвижными, неподвижными и подвижными (откидными, раздвижными, съемными).

Основные требования к конструкции и применению ограждений содержатся в ГОСТ 12.2.062—81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные».

Ограждение должно иметь простую и компактную конструкцию, отвечать требованиям эстетики, само не быть источником опасности и не ограничивать технологические возможности оборудования. Ограждения желательно выполнять в виде сплошных кожухов, щитов, экранов. Допускается использование металлических сеток и решеток при условии обеспечения постоянства формы и необходимой жесткости. Ограждение не должно терять своих защитных свойств под воздействием возникающих при эксплуатации оборудования факторов, таких, например, как вибрация, высокая температура и др.

Если оборудование не должно эксплуатироваться без огра-

ждения, то необходимо предусматривать блокировку, останавливающую работу оборудования при снятом, открытом или находящемся в другом нерабочем состоянии ограждения.

Ограждения, перемещаемые несколько раз в смену вручную, должны снабжаться удобными ручками, скобами и т. п. Внутренние поверхности открываемых вручную ограждений необходимо окрашивать в сигнальный цвет по ГОСТ 12.4.026-76, а с наружной стороны — наносить предупреждающий знак. Ограждение должно обеспечивать возможность наблюдения за технологическим процессом, поэтому при необходимости их выполняют прозрачными.

Большой интерес представляют автоматизированные ограждающие устройства. Примером может служить ограждение, открывающееся навстречу материалу. Такого вида ограждение закрывает рабочую зону во время обработки материала и открывает ее для загрузки заготовок и выгрузки готового изделия, если нет опасности для рабочего.

Б л о к и р о в к о й называется совокупность методов и средств, обеспечивающих закрепление рабочих органов (частей) аппаратов, машин или элементов электрических схем в определенном состоянии, которое сохраняется и после снятия блокирующего воздействия.

Блокировочные устройства применяются для предотвращения аварийных и травмоопасных ситуаций.

Существует очень много видов блокировочных устройств. Некоторые из них, иногда называемые запретно-разрешающими, препятствуют неправильному включению и выключению аппаратов, механизмов, регулирующих, пусковых и запорных устройств, не допускают включения машины при снятом ограждении, а также препятствуют другим неправильным действиям обслуживающего персонала. Другие блокировочные устройства (аварийные) предотвращают развитие аварийной ситуации, автоматически отключая определенные участки технологической системы или включая специальные сбрасывающие устройства и т. п.

По принципу действия блокировочные устройства подразделяются на механические, электронные, электромагнитные, электрические, пневматические, гидравлические, оптические и комбинированные. Например, механическая блокировка, препятствующая включению агрегата при снятом ограждении, может быть осуществлена с помощью специальных стопоров, защелок или замков. Однако механические блокировки сложны по устройству и поэтому применяются редко.

Широко используется электрическая блокировка, осуществляемая с помощью электрических связей цепей управления,

контроля и сигнализации блокируемого оборудования. Такие блокировки в основном применяются для предотвращения неправильного включения отдельных механизмов или частей оборудования. Электрическая блокировка съёмных или откидных ограждений сравнительно просто решается установкой конечных выключателей. При снятии или неправильной установке ограждений она отключает цепи управления электродвигателя привода. Схема включения конечного выключателя зависит от типа пусковой аппаратуры, применяемой для управления работой электродвигателя. При управлении магнитным пускателем конечный выключатель в цепи управления подключается последовательно с контактами кнопки «стоп», при наличии автомата с отключающей катушкой — параллельно с контактами, управляющими катушкой пускателя. При небольшой мощности электродвигателя (рабочий ток не более 6 А при напряжении 380 В), когда для управления устанавливаются пакетные выключатели или другая пусковая аппаратура ручного выключения, конечные выключатели подключаются в разрыв силовой цепи (две фазы). Для отключения электродвигателя привода в схеме управления имеется контакт конечного выключателя или реле, которые при нормальном положении ограждения замкнуты и таким образом разрешают пуск оборудования; при снятии или неправильной установке ограждения они размыкаются, отключая цепи управления и останавливая электродвигатель. На рис. 20 приведена принципиальная схема включения конечного выключателя.

Находят применение блокировки, использующие ионизирующие свойства радиоактивных веществ. Источник слабого излучения надевают в виде браслета или кольца на руку рабочего (рис. 21). Когда рука приближается к опасной зоне, излучение воздействует на датчик, преобразующий его в электрический ток, который подается на тиратронную лампу и реле, разрывающее цепь магнитного пускателя, и оборудование останавливается.

Принцип действия устройства защиты рук с магнитными датчиками, разработанного ВНИИОТ ВЦСПС (Казань), основан на регистрации изменения постоянного магнитного поля, созданного в районе опасного пространства. Изменение магнитного поля возникает в том случае, если

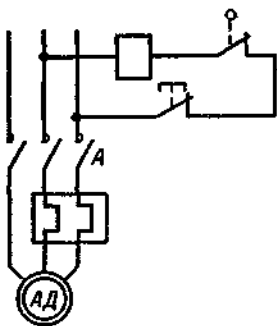


Рис. 20. Принципиальная схема включения конечного выключателя:

АД — асинхронный двигатель

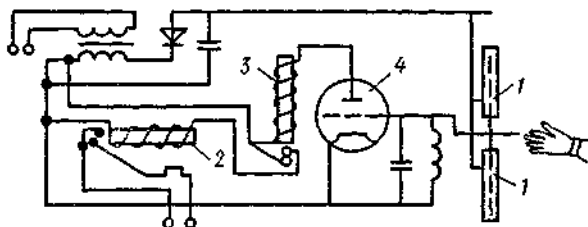


Рис. 21 Схема блокировки с использованием радиоактивных веществ:

1 — трубка Гейгера, 2 — аварийное реле, 3 — контактное реле; 4 — тиратронная лампа

в опасной зоне оказываются руки рабочего, на которые надеты в виде браслетов миниатюрные магниты. Устройство не реагирует на обрабатываемый материал (металл или неметалл), существующие электромагнитные помехи, а также имеет автоматический контроль исправности устройства. Размеры защищаемой зоны можно регулировать за счет расположения магнитных датчиков. Время срабатывания устройства 0,01 с.

Широко применяются сейчас блокировки, основанные на фотоэлектрическом эффекте. Преимуществом фотоэлектрической защиты является отсутствие каких-либо мешающих или затемняющих рабочую зону ограждений. Действие такой защиты основано на том, что луч света, проходя через опасную зону, попадает на фотозлемент. При перекрытии луча каким-либо предметом прекращается освещение фотозлемента, электрическая цепь разрывается и машина (станок) останавливается. Особенно эффективны такие устройства, запирающие рукоятку или педаль пресса, пока руки рабочего находятся в опасной зоне. Луч света между осветителем и фотозлементом проходит в опасной зоне входа в штамп. Во время подачи детали в штамп рука рабочего перекрывает луч, и пресс не может быть пущен, так как блокирующий палец блок-магнита вытягивается пружиной и запирает пусковую рукоятку или педаль пресса. После удаления руки рабочего из опасной зоны пресс может быть пущен. Блокировка срабатывает при каждом движении руки.

Предохранительными называются устройства, обеспечивающие безопасную эксплуатацию оборудования ограничением скоростей, давлений, температур, электрического напряжения, механических нагрузок и других факторов, которые могут разрушить оборудование и привести к несчастным случаям. Предохранительные устройства должны автоматически

с минимальным инерционным запаздыванием срабатывать при выходе контролируемого параметра за допустимые пределы.

В зависимости от природы опасного фактора предохранительные устройства можно подразделить на несколько групп.

К предохранителям *от механических перегрузок* относятся срезающиеся шпильки и штифты, фрикционные муфты, центробежные регуляторы. Срезающимися шпильками, рассчитанными на определенную нагрузку, шкив или шестерня соединяется с приводным валом. Если нагрузка превысит допустимую, то шпилька разрушается (срезается) и шкив или шестерня начинают вращаться вхолостую. Для пуска машины необходимо заменить шпильки. Фрикционные муфты позволяют регулировать значение допустимого крутящего момента и автоматически начинают работать, как только нагрузка приходит в норму. Паровые и газовые турбины, детандеры, дизели снабжаются центробежными регуляторами, которые ограничивают подачу рабочего вещества в машину при увеличении частоты вращения.

К предохранителям *от превышения давления пара и газа* относятся предохранительные клапаны и разрывные мембраны, принцип действия которых описан выше. Основным требованием, предъявляемым к предохранительным клапанам, является безотказность автоматического открывания клапана при определенном заданном давлении (давлении срабатывания) и пропускание рабочей среды в таких количествах, чтобы дальнейший рост давления в системе был исключен. Кроме того, предохранительный клапан должен безотказно автоматически закрываться при давлении, не нарушающем технологический процесс в системе, а также сохранять герметичность в закрытом состоянии.

Предохранительные клапаны бывают грузовые (рычажные), пружинные и специальные. Рычажные клапаны имеют небольшую пропускную способность и, кроме того, из-за отсутствия закрытого выхлопа выводят продукты непосредственно в окружающую среду. На аппаратах, находящихся под давлением токсичных и взрывоопасных веществ, обычно устанавливают пружинные клапаны закрытого типа, сбрасывающие вещество в специальный трубопровод, ведущий к факельному сбросу или к аварийной емкости. В этом случае клапан работает при наличии противодействия. Для устранения влияния противодействия разработаны клапаны уравновешенного (балансированного) типа, например клапаны, в которых балансировка осуществляется сильфоном (рис. 22). Применяются еще клапаны с вспомогательным управлением, а также двойные предохранительные клапаны.

Серьезным недостатком предохранительных клапанов является их инерционность. Они способны предотвратить разрушение аппарата только при постепенном повышении в нем давления. Для защиты сосудов и аппаратов от очень быстрого или даже мгновенного повышения давления применяются предохранительные мембраны, которые в зависимости от характера их разрушения при срабатывании делятся на разрывные, срезные, ломающиеся, хлопающие, отрывные и специальные (рис. 23). Наибольшее распространение имеют разрывные мембраны — плоские и предварительно выпученные (куполообразные). Принцип действия разрывной мембраны основан на ее разрушении под действием нагрузки, превышающей предел прочности материала мембраны. Куполообразные мембраны бывают разрывными и выщелкивающими. Разрывные мембраны устанавливают вогнутой поверхностью в сторону давления, а выщелкивающие — наоборот. При одних и тех же условиях выщелкивающие мембраны срабатывают при меньшем давлении, чем разрывные. Мембраны изготовляют из самых различных материалов (сталь, алюминий, картон, резина и др.). Размеры мембран и разрушающее давление уста-

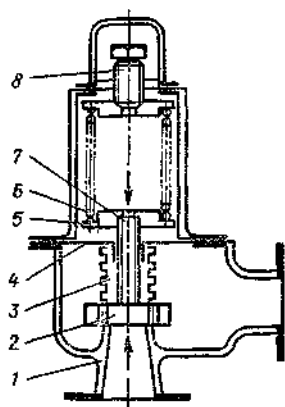


Рис. 22. Предохранительный клапан с сильфоном:

1 — сопло, 2 — золотник; 3 — сильфон; 4 — перегородка; 5 — опорная шайба; 6 — пружина; 7 — шток; 8 — регулировочный винт

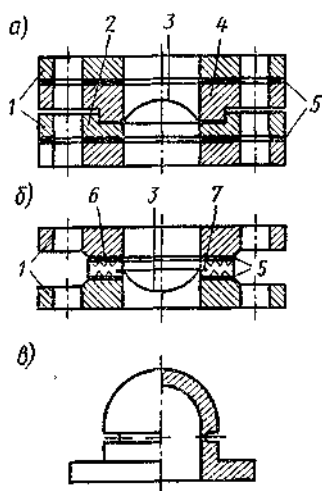


Рис. 23. Предохранительные мембраны:

а — разрывная; б — выщелкивающая; в — отрывная; 1 — фланцы; 2 — нижнее прижимное кольцо; 3 — мембрана; 4 — верхнее прижимное кольцо; 5 — прокладки; 6 — кольцо, 7 — припой

навливают расчетным путем, а затем уточняют экспериментально.

Ограничители перемещения применяются для предотвращения движения частей какого-либо механизма или целой машины за установленные пределы или габариты. К ним относятся концевые выключатели (ограничители хода) и упоры. Они, например, применяются на грузоподъемных кранах для ограничения высоты подъема крюковой обоймы и ограничения передвижения самого крана, на металлорежущих станках для ограничения движения суппорта и т. п.

На рис. 24 приведена схема ограничителя передвижения башенного крана. На кронштейне 4 рамы ведущей ходовой тележки крана устанавливают рычажный конечный выключатель 3. При приближении крана к концу пути рычаг 2 этого выключателя находит на упор 1, что вызывает размыкание электрической цепи управления электродвигателем, и кран останавливается. Упор 1 располагают между рельсами или около рельса снаружи. На случай неисправности конечного выключателя на концах рельсовых ниток предусматривают тупик 5 с амортизирующими упорами 6 из резины и дерева.

Концевой выключатель рычажного типа показан на рис. 25.

Предохранители от превышения силы электрического тока применяются для предотвращения короткого замыкания, разрушения электрической изоляции и т. п. Действие плавких предохранителей (пробочных или трубчатых) основано на перегорании плавкой вставки при увеличении электрического тока сверх допустимого. Существуют также автоматические предохранители с тепловыми реле. Автоматы с электромагнитными расцепителями при недопустимом токе производят мгновенное отключение линии (отсекку). Автоматы с комбинированными расцепителями имеют и тепловую и электромагнитную отсекку.

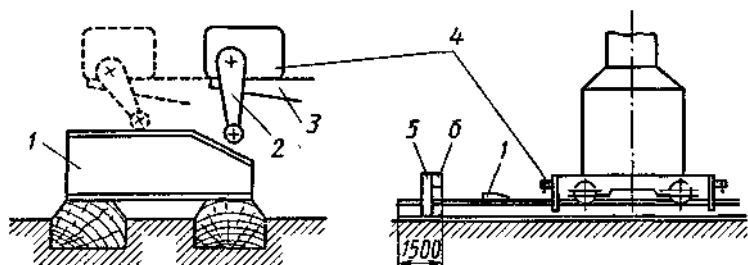


Рис. 24. Ограничитель передвижения башенного крана:

1 — упор; 2 — рычаг выключателя; 3 — рычажный конечный выключатель; 4 — кронштейн рамы ведущей ходовой тележки крана; 5 — тупики; 6 — амортизирующие упоры

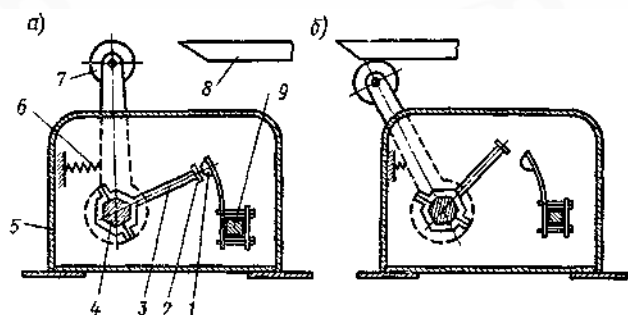


Рис. 25. Концевой выключатель рычажного типа:

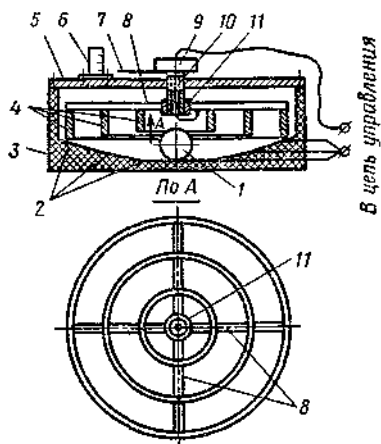
а — электрическая цепь замкнута; б — электрическая цепь разомкнута; 1 — пластинки; 2 — сегменты вала; 3 — чугунные держатели; 4 — изолированный вал; 5 — металлический ящик; 6 — пружина; 7 — ролик; 8 — упорная линейка; 9 — стойка

К специальным устройствам безопасности относятся системы защиты от поражения электрическим током, ловители в лифтах и других подъемниках, двуручное включение на прессах, блок-замки, улавливатели инструмента и материалов, ограничители массы поднимаемого груза, ограничители вращения и крена кранов и многие другие.

Защитная блокировка, основанная на принципе занятости обеих рук оператора во время включения и рабочего хода оборудования, находит широкое применение, в частности на прессовом оборудовании. Недостатком этого вида блокировки является возможность пуска оборудования при выходе из строя или преднамеренном деблокировании (заклинивании) одной из пусковых кнопок (рукояток).

Аварии стреловых самоходных кранов нередко происходят вследствие размещения грузоподъемной машины на площадке с уклоном. На рис. 26 показан простой и надежный ограничитель угла наклона крана, разработанный во ВНИИмонтажспецстрой¹. Прибор содержит заполненный диэлектрической жидкостью корпус, в котором расположен контактный шарик и установлена контактная группа на кольцевых контактах. Контактные группы связаны с цепью управления механизмами крана и цепью сигнализации (световой, звуковой). Принцип ра-

¹ См.: Левин М. М. Приборы для контроля угла наклона стрелового самоходного крана. — Безопасность труда в промышленности, 1982, № 7, с. 48 — 49.



В цель управления

Рис. 26. Ограничитель угла наклона стрелового грузоподъемного крана:

1 — контактный шарик; 2 — нижние кольцевые контакты; 3 — корпус; 4 — верхние кольцевые контакты; 5 — крышка; 6 — шкала; 7 — стрелка-указатель; 8 — крестовина; 9 — ручка; 10 — винт; 11 — изоляционная втулка

боты прибора основан на том, что при превышении допустимого угла наклона шарик скатывается и замыкает соответствующие контакты, при этом включается сигнализация и отключается привод рабочих механизмов.

Тормозные устройства применяются для замедления или остановки движущихся частей оборудования, различных машин и механизмов при возникновении опасного производственного фактора.

По конструктивному исполнению тормозные устройства бывают колодочными, дисковыми, коническими и клиновыми; по способу срабатывания — ручными, автоматическими и полуавтоматическими; по принципу действия — механическими, электромагнитными, пневматическими, гидравлическими

и комбинированными; по назначению — рабочими, резервными, стояночными и экстренного торможения (ГОСТ 12.4.125—83). Для обеспечения безопасности большое значение имеет надежность действия тормозных устройств.

К устройствам автоматического контроля и сигнализации относятся устройства, предназначенные для контроля, передачи и воспроизведения информации с целью привлечения внимания обслуживающего персонала и принятия им необходимых решений при появлении или возможности возникновения опасного или вредного производственного фактора. Эти устройства по назначению подразделяются на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные; по характеру сигнала — на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные; по характеру передачи сигнала — на постоянные и пульсирующие. По способу срабатывания они бывают автоматическими и полуавтоматическими.

Эти сигнализирующие устройства контролируют давление,

высоту, расстояние, температуру, влажность, содержание в воздухе вредных веществ, шум, вибрацию, скорость движения, скорость ветра, вылет стрелы крана, частоту оборотов, вредные излучения и т. п.

Большое распространение имеет световая и звуковая сигнализация. Световая сигнализация в электроустановках предупреждает о наличии или отсутствии напряжения, штатном режиме автоматических линий, маневрах средств транспорта и т. п. Звуковые сигналы подаются с помощью сирен, звонков, свистков, гудков. Звук сигнала должен сильно отличаться от обычного шума, характерного для данной производственной обстановки. Звуковыми сигналами снабжаются подъемные и транспортные установки; агрегаты, обслуживаемые группой рабочих; опасные зоны и др. Звуковые сигналы могут применяться для предупреждения о достижении предельно допустимой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, предельно допустимого уровня жидкости в резервуарах, предельных температур и давлений в различных установках.

К сигнализирующим устройствам относятся также различные приборы-указатели: манометры, термометры, вольтметры, амперметры и др.

На рис. 27 в качестве примера показана схема сигнализатора крана крана.

Человек хорошо воспринимает и запоминает зрительные образы и различные цвета. На этом основано широкое использование на предприятиях цвета в качестве закодированного носителя информации об опасности. Цвета сигнальные и знаки безопасности регламентированы ГОСТ 12.4.026-79 (рис. 28, а-ж).

Устройства дистанционного управления предназначены для управления технологическим процессом или производственным оборудованием за пределами опасной зоны. Эти устройства могут быть стационарными и передвижными.

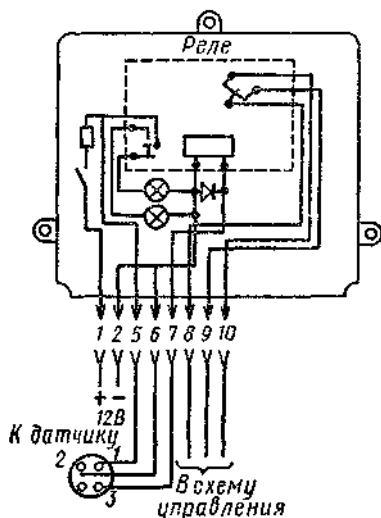


Рис. 27. Схема маятникового сигнализатора крана СКМ-3

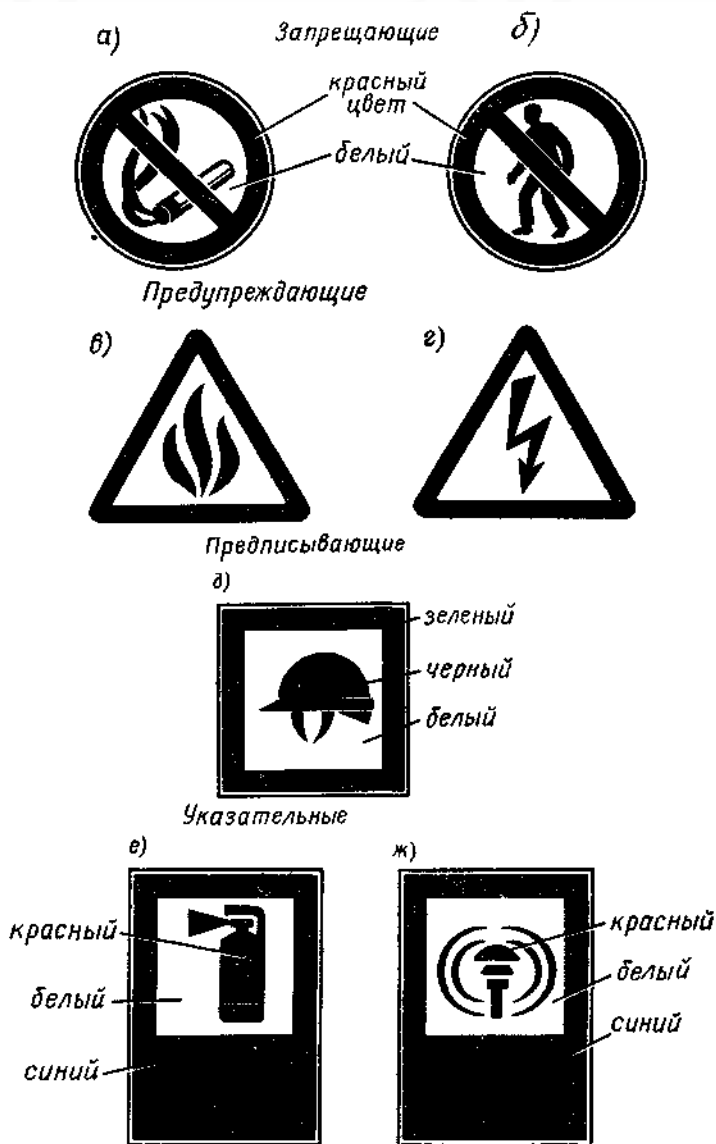


Рис. 28. Примеры знаков безопасности по основным группам: Запрещающие: а – запрещается курить; б – вход (проход) запрещен. Предупреждающие: в – осторожно! Легковоспламеняющиеся вещества; г – осторожно! Электрическое напряжение. Предписывающие: д – работать в каске! Указательные: е – огнетушитель; ж – пункт извещения о пожаре

По принципу действия они подразделяются на механические, электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Глава 13

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

§ 1. Действие электрического тока на организм человека

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело практически всем работающим на производстве, представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличия электрического напряжения на оборудовании. Статистика электротравм показывает, что их число невелико и составляет всего 0,5...1% от общего числа травм на производстве. Однако среди причин смертельных несчастных случаев на долю электротравм уже приходится 20...40%¹. Много несчастных случаев происходит при обслуживании широко распространенных электроустановок, рассчитанных на напряжение от 127 до 380 В.

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложения крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон и других органов тканей организма) воздействий. Наиболее сложным является биологическое действие, свойственное только живым организмам. Любое из этих воздействий может привести к электрической травме, т. е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги. Различают местные электротравмы и электрические удары. Приблизительно в 55% случаев травмы носят смешанный характер.

К местным электротравмам относят электрический ожог (результат теплового воздействия электрического тока в месте контакта); электрический знак (специфическое поражение кожи, вызванное, главным образом, действием тока), металлизацию кожи частицами расплавленного под действием электрической дуги металла; электроофтальмию (воспаление наружных оболочек глаз из-за воздействия ультрафио-

¹ См.: Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках, 2-е изд. М., 1984.

летовых лучей электрической дуги); механические повреждения (разрывы кожи, вывихи, переломы костей), вызванные произвольными сокращениями мышц под действием тока.

Электрический удар является очень серьезным поражением организма человека, вызванным возбуждением живых тканей тела электрическим током и сопровождающимся судорожным сокращением мышц. В зависимости от возникающих последствий электрические удары делят на четыре степени: I — судорожное сокращение мышц без потери сознания; II — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; III — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого); IV — состояние клинической смерти.

Тяжесть поражения электрическим током зависит от целого ряда факторов: значения силы тока, электрического сопротивления тела человека и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека и условий окружающей среды.

Основным фактором, обуславливающим ту или иную степень поражения человека, является сила тока. Для характеристики воздействия электрического тока на человека установлены три критерия: *пороговый осязаемый ток* (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего при прохождении через организм человека осязаемые раздражения); *пороговый неотпускающий ток* (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник) и *пороговый фибрилляционный ток* (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего при прохождении через тело человека фибрилляцию сердца). Фибрилляцией называются хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, полностью нарушающие ее работу как насоса. При протекании тока по пути «рука — рука» или «рука — ноги» значения силы тока следующие (табл. 17):

Таблица 17

Род тока	Пороговый осязаемый ток, мА	Пороговый неотпускающий ток, мА	Пороговый фибрилляционный ток, мА
Переменный ток частотой 50 Гц	0,5...1,5	6...10	80...100
Постоянный ток	5,0...7,0	50...80	300

Следует иметь в виду, что приведенные выше данные до некоторой степени условны, так как ток, вызывающий у одного человека лишь слабые ощущения, для другого может оказаться

неотпускающим. Это зависит от состояния нервной системы, физического развития человека. Для женщин, например, пороговые значения тока примерно в 1,5 раза ниже, чем для мужчин.

На исход поражения сильно влияет сопротивление тела человека, которое изменяется в очень больших пределах. Наибольшим сопротивлением обладает верхний слой кожи толщиной около 0,2 мм, состоящий из мертвых ороговевших клеток. Например, удельное электрическое сопротивление сухой кожи составляет $3 \cdot 10^3 \dots 2 \cdot 10^4$ Ом·м, а спинномозговой жидкости — 0,5...0,6 Ом·м. Общее электрическое сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже, измеренное при напряжении до 15...20 В, находится примерно в пределах 3...1000 кОм и больше; сопротивление внутренних тканей тела — 300...500 Ом. При различных расчетах, связанных с обеспечением электробезопасности и расследованием электротравм, сопротивление тела человека принимают равным 1 кОм.

Длительность протекания тока через тело человека очень сильно влияет на исход поражения в связи с тем, что с течением времени резко падает сопротивление кожи человека, более вероятным становится поражение сердца и накапливаются другие отрицательные последствия. Например, для переменного тока частотой 50 Гц предельно допустимый ток при продолжительности воздействия 0,1 с составляет 500 мА, а при воздействии в течение 1 с — уже 50 мА (ГОСТ 12.1.038 — 82).

Существенное значение имеет и путь тока через тело человека. Наибольшая опасность возникает при непосредственном прохождении тока через жизненно важные органы (сердце, легкие, головной мозг). Статистические данные, например, показывают, что число травм с потерей сознания при прохождении тока по пути «правая рука — ноги» составляют 87%; по пути «нога — нога» — 15%.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Наиболее опасным является переменный ток частотой от 20 до 1000 Гц. Переменный ток опаснее постоянного, но это характерно только для напряжений до 250...300 В; при больших напряжениях опаснее становится постоянный ток.

Индивидуальные свойства человека и состояние окружающей среды оказывают заметное влияние на тяжесть поражения. Некоторые заболевания человека (болезни кожи, сердечно-сосудистой системы, легких, нервные болезни и др.) делают его более восприимчивым к электрическому току. Поэтому к обслуживанию электроустановок допускаются лица, прошедшие специальный медицинский осмотр.

Влияние состояния окружающей среды учитывается классификацией помещений (ПУЭ) и условий труда (ГОСТ 12.1.013 – 78) по опасности поражения электрическим током.

Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и тока. Для правильного проектирования способов и средств защиты людей от поражения электрическим током необходимо знать допустимые уровни напряжений прикосновения и значений токов, протекающих через тело человека.

Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (ГОСТ 12.1.009 – 76). Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения установлены ГОСТ 12.1.038 – 82 для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжения прикосновения $U_{пр}$ и сила тока I , протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать следующих значений (табл. 18):

Таблица 18

Род тока	$U_{пр}$, В, не более	I , мА, не более
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1

Примечания. 1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки и установлены исходя из реакции ощущения. 2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в 3 раза.

В ГОСТ 12.1.038 – 82 приведены также предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при аварийных режимах производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью.

Аварийный режим означает, что электроустановка неисправна и могут возникнуть опасные ситуации, приводящие к электротравмам обслуживающего персонала. Установленные стандартом предельно допустимые уровни очень сильно зависят от продолжительности воздействия тока, как это видно из нижеприведенных данных, взятых в качестве примера из ГОСТ 12.1.038 – 82 (табл. 19).

Предельно допустимые уровни силы тока, протекающего через тело человека при продолжительности воздействия свы-

Таблица 19

Род тока	Нормируемое значение	Предельно допустимые уровни (не более) при продолжительности воздействия, с				
		0,1	0,5	0,7	1,0	свыше 1,0
Переменный с частотой 50 Гц	Напряжение прикосновения, В	500	100	70	50	36
	Ток, мА	500	100	70	50	6
Постоянный	Напряжение прикосновения, В	500	250	230	200	40
	Ток, мА	500	250	230	200	15

ше 1 с, соответствуют отпускающим (переменным) и небольшим (постоянным) токам. Такие токи (6 мА для переменного с частотой 50 Гц и 15 мА для постоянного) позволяют человеку самостоятельно освободиться от токоведущих частей. Их можно считать длительно допустимыми, если отсутствуют дополнительные обстоятельства, усугубляющие опасность. Например, если человек работает на высоте или вблизи движущихся или вращающихся частей оборудования, то резкие, произвольные движения, вызванные воздействием длительно допустимого тока, могут привести к травме.

§ 2. Классификация электроустановок и помещений по электроопасности

Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии, называется *электроустановками*. Основные требования к устройству электроустановок изложены в действующих «Правилах устройства электроустановок» (ПУЭ).

С точки зрения мер, принимаемых для обеспечения электробезопасности, электроустановки разделяются на электроустановки напряжением выше 1000 В в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю); электроустановки напряжением выше 1000 В в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю); электроустановки напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью; электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

Заземленной нейтралью называется нейтраль генератора или трансформатора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные устройства, имеющие большое сопротивление.

В зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения человека электрическим током, ПУЭ делят все помещения на:

помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%); высокой температуры (температура воздуха длительно превышает 35 °С); токопроводящей пыли (угольной, металлической и т. п.); токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.), возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам технологического оборудования или металлоконструкциям здания и металлическим корпусам электрооборудования;

особо опасные помещения, характеризующиеся наличием высокой относительной влажности воздуха (близкой к 100%) или химически активной среды, разрушающе действующей на изоляцию электрооборудования, или одновременным наличием двух или более условий, соответствующих помещениям с повышенной опасностью;

помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют все указанные выше условия.

Опасность поражения электрическим током существует всюду, где используются электроустановки, поэтому помещения без повышенной опасности нельзя назвать безопасными.

Особо опасными являются многие производственные помещения, например цехи машиностроительных и металлургических заводов, водонасосные станции, помещения для зарядки аккумуляторных батарей и т. п. По степени опасности электроустановки вне помещений приравнивают к электроустановкам, эксплуатирующимся в особо опасных помещениях.

§ 3. Анализ условий поражения человека электрическим током

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

при однофазном (однополюсном) прикосновении не изо-

лированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;

при одновременном соприкосновении человека с двумя неизолированными частями (фазами, полюсами) электроустановок, находящихся под напряжением;

при приближении человека, не изолированного от земли, на опасное расстояние к токоведущим, не защищенным изоляцией частям электроустановок, находящихся под напряжением;

при прикосновении человека, не изолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям (корпусам) электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпус;

при соприкосновении человека с двумя точками земли (грунта), находящимися под разными потенциалами в поле растекания тока (включение под «напряжение шага»);

при действии атмосферного электричества во время разряда молнии;

из-за действия электрической дуги;

при освобождении другого человека, находящегося под напряжением.

Электрическим замыканием на корпус называется случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.

Поражение человека при случайном прикосновении к токоведущим частям электрической сети зависит от схемы прикосновения человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима нейтрали сети, качества изоляции токоведущих частей от земли, емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Наибольшую опасность представляет двухфазное (двухполюсное) прикосновение (рис. 29, а, б), так как в этом случае человек оказывается под рабочим напряжением сети, и проходящий через него ток будет равен:

в сети постоянного тока или однофазной сети

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{раб}} / R_{\text{ч}},$$

где $U_{\text{раб}}$ — рабочее напряжение сети; $R_{\text{ч}}$ — сопротивление человека;

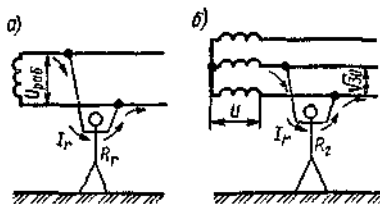


Рис. 29. Двухфазное (двухполюсное) прикосновение к токоведущим частям:

а — в сети постоянного тока или в однофазной сети; б — в трехфазной сети

в трехфазной сети

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}}/R_{\text{ч}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}}/R_{\text{ч}},$$

где $U_{\text{л}}$ — линейное напряжение сети; $U_{\text{ф}}$ — фазное напряжение сети.

В этом случае значение проходящего через тело человека тока зависит только от напряжения сети и сопротивления человека. Статистика электротравм показывает, что такие случаи происходят сравнительно редко.

Наибольшее число электротравм связано с однофазным (однополюсным) прикосновением человека к токоведущим частям, при этом напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного напряжения. В этом случае на протекающий через человека ток влияет режим нейтрали сети, сопротивление изоляции и емкость фаз относительно земли.

На рис. 30, а показана трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью. В такой сети напряжением до 1000 В при условии ее малой протяженности емкостным сопротивлением изоляции можно пренебречь, и тогда ток, проходящий через человека:

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

где $r_{\text{из}}$ — сопротивление изоляции фаз сети относительно земли.

Сеть с заземленной нейтралью характеризуется тем, что нейтральная точка источника питания соединена с землей через малое сопротивление R_0 (рис. 30, б). Ток, проходящий через человека, коснувшегося фазы в такой сети, практически не зави-

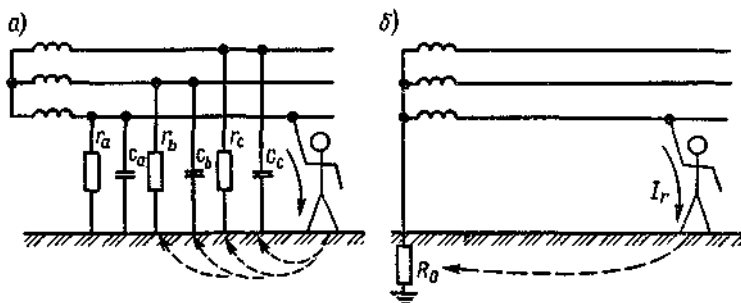


Рис. 30. Однофазное (однополюсное) прикосновение к токоведущим частям;

а — в сети с изолированной нейтралью; б — в сети с заземленной нейтралью

сит от состояния изоляции и определяется выражением

$$I_q = U_{\phi} / (R_q + R_0).$$

Так как R_0 невелико, им можно пренебречь, и выражение принимает вид

$$I_q = U_{\phi} / R_q.$$

Предыдущие рассуждения касались нормальной работы сети. При аварийных режимах сети (замыкании на корпус или замыкании на землю) условия изменяются.

В сетях напряжением выше 1000 В опасность однофазного и двухфазного соприкосновения практически одинакова. Любое из этих прикосновений очень опасно.

Поражение человека может произойти, если он окажется под шаговым напряжением. *Шаговым напряжением* (напряжением шага) называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага (0,8 м) и на которых одновременно стоит человек (ГОСТ 12.1.009—76). Такой случай может возникнуть, если человек окажется в зоне растекания тока, которая образуется вокруг любого проводника, оказавшегося в земле или на земле. Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается и на расстоянии, примерно равном 20 м, может быть принят равным нулю. Протекание тока по пути «нога — нога» менее опасно, чем по пути «рука — ноги». Однако известно немало несчастных случаев при воздействии шагового напряжения. Поражение при этом усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек падает, после чего цепь тока замыкается вдоль тела через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека больше длины его шага и это обуславливает большую разность потенциалов.

Анализ несчастных случаев, связанных с действием электрического тока, позволяет выявить их основные причины, которые можно объединить в следующие группы:

случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в результате проведения работ вблизи или на этих частях; неисправность защитных средств, которыми пострадавший прикасался к токоведущим частям; ошибочное принятие находящегося под напряжением оборудования за отключенное и т. п.;

появление напряжения на металлических частях производственного оборудования (ограждениях, корпусах, кожухах),

нормально не находящихся под напряжением, в результате повреждения изоляции токоведущих частей электрооборудования; контакт металлического оборудования с проводом, находящимся под напряжением; замыкание фазы на землю и т. п.;

появление напряжения на отключенных частях оборудования во время проведения на них работ в результате ошибочного включения оборудования под напряжение; замыкание между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями; разряд молнии непосредственно в установку или вблизи нее; наведение напряжения от соседних электроустановок, находящихся в работе, и т. п.;

возникновение шагового напряжения на поверхности земли или основания, на котором находится человек, в результате замыкания провода на землю, выноса потенциала, неисправностей в устройствах рабочего или защитного заземления, зануления и т. п.

§ 4. Обеспечение электробезопасности

Электробезопасность на производстве обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок; применением технических способов и средств защиты; организационными и техническими мероприятиями (ГОСТ 12.1.009–76).

Конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудования — от попадания внутрь посторонних твердых тел и воды.

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциалов; малое напряжение; электрическое разделение сетей; защитное отключение; изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная); компенсация токов замыкания на землю; оградительные устройства; предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности; изолирующие защитные и предохранительные приспособления.

Наиболее распространенными техническими средствами защиты являются защитное заземление и зануление.

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009–76). Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок,

доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Защитное заземление или зануление выполняют: во всех случаях при переменном номинальном напряжении 380 В и выше и постоянном напряжении 440 В и выше; в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках при номинальном переменном напряжении от 42 до 380 В и постоянном — 110...440 В. Таким образом, электроустановки напряжением до 42 В переменного и до 110 В постоянного тока не требуют защитного заземления и зануления, за исключением некоторых случаев, специально оговариваемых ПУЭ.

Областью применения защитного заземления являются трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и сети напряжением выше 1000 В с любым режимом нейтрали (рис. 31, а, б).

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (одного или нескольких металлических элементов, погруженных на определенную глубину в грунт) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемое оборудование с заземлителем. В зависимости от расположения заземлителей относительно заземляемого оборудования заземляющие устройства делятся на выносные и контурные. Заземлители *выносного заземляющего устройства* располагаются на некотором удалении от заземляемого оборудования. *Контурное заземляющее устройство*, заземлители которого располагают по контуру вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров), обеспечивает лучшую степень защиты.

Основным элементом заземляющего устройства являются заземлители, которые бывают естественными и искусственными. Естественными заземлителями могут быть находящиеся в земле электропроводящие (металлические и железобетонные) части коммуникаций и других сооружений.

Чтобы защитить человека от поражения электрическим током, защитное заземление должно удовлетворять ряду требований, изложенных в ПУЭ и ГОСТ 12.1.030—81 «ССБТ. Элек-

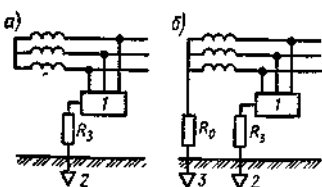


Рис. 31. Принципиальная схема защитного заземления:

а — в сети с изолированной нейтралью до 1000 В и выше; б — в сети с заземленной нейтралью выше 1000 В; 1 — заземляемое оборудование; 2 — заземлитель защитного заземления; 3 — заземлитель рабочего заземления (заземления нейтрали источника тока)

требезопасность. Защитное заземление. Зануление». Эти требования зависят от напряжения электроустановок и мощности источника питания.

В электроустановках переменного тока напряжением до 1000 В в сети с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом. Если мощность источника питания (трансформаторов, генераторов) составляет менее 100 кВА, то сопротивление заземляющего устройства может достигать 10 Ом, но не более.

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009—76).

Зануление является сейчас основным средством обеспечения электробезопасности. Зануление применяется в трехфазной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В. Обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В. В таких сетях нейтраль источника тока (генератора или трансформатора) присоединена к заземлителю с помощью заземляющего проводника. Этот заземлитель располагается вблизи источника питания или (в отдельных случаях) около стены здания, в котором он находится.

В сети с занулением нужно различать нулевой защитный проводник (НЗ) и нулевой рабочий проводник (НР). *Нулевым защитным проводником* называется проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом. *Нулевой рабочий проводник* используют для питания током электроприемников и тоже соединяют с заземленной нейтралью трансформатора или генератора (рис. 32).

Защита человека от поражения электрическим током в сетях с занулением осуществляется тем, что при замыкании одной из фаз на зануленный корпус в цепи этой фазы возникает ток ко-

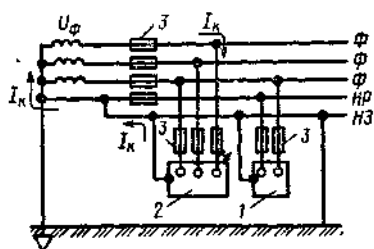


Рис. 32. Принципиальная схема зануления в трехфазной сети с нулевым рабочим (НР) и нулевым защитным (НЗ) проводниками:

1 — корпус однофазного приемника тока; 2 — корпус трехфазного приемника тока; 3 — плавкий предохранитель; I_k — ток однофазного короткого замыкания; Ф — фазный провод; U_ϕ — фазное напряжение

роткого замыкания, который воздействует на токовую защиту (плавкий предохранитель, автомат), в результате чего происходит отключение аварийного участка от цепи. Кроме того, еще до срабатывания защиты ток короткого замыкания вызывает перераспределение напряжений в сети, приводящее к снижению напряжения корпуса относительно земли. Таким образом, зануление уменьшает напряжение прикосновения и ограничивает время, в течение которого человек, прикоснувшийся к корпусу, может попасть под действие напряжения.

Для того чтобы обеспечить быстрое (в течение нескольких секунд) отключение аварийного участка, ток короткого замыкания должен быть достаточно большим. Согласно требованиям ПУЭ ток короткого замыкания должен не менее чем в 3 раза превышать номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или номинальный ток нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя. При применении автоматических выключателей, имеющих только электромагнитный расцепитель (отсекку), ток короткого замыкания должен превышать значение тока уставки мгновенного срабатывания в 1,25–1,4 раза в зависимости от номинального тока.

У однофазных электроприемников (светильников, ручного электроинструмента и др.), которые включаются между фазным и нулевым рабочим проводами, зануление корпусов надлежит выполнять с помощью отдельного (третьего) проводника, который должен соединять корпус электроприемника с нулевым защитным проводом (рис. 33, а, б). В таких случаях присоединять корпуса электроприемников для обеспечения электробезопасности к нулевому рабочему проводу нельзя, так как при его разрыве (перегорании предохранителя) все подсоединенные к нему корпуса окажутся под фазным напряжением относительно земли.

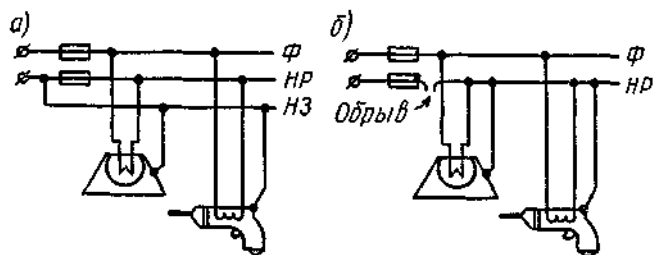


Рис. 33. Зануление однофазного электроприемника, включенного между фазным и нулевым рабочим проводами:

а — правильно; б — неправильно

В сети с занулением нельзя применять заземление отдельных электроприемников, не присоединив их прежде к нулевому защитному проводнику. В противном случае при замыкании фазы на заземленный, но не присоединенный к нулевому защитному проводу корпус образуется цепь тока через заземление этого корпуса и заземление нейтрали источника тока. Такой случай представляет опасность, так как средства защиты не смогут отключить такой электроприемник из-за малого значения тока и поэтому опасное напряжение на всех корпусах может сохраняться длительное время, пока заземленный приемник не будет отключен вручную.

Важно отметить, что если зануленный корпус одновременно заземлен, то это только улучшает условия безопасности, так как обеспечивает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

Защитным отключением называется быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током (ГОСТ 12.1.009—76).

Принцип защиты человека в этом случае заключается в ограничении времени протекания через тело человека опасного тока. Устройство защитного отключения (УЗО) постоянно контролирует сеть и при изменении ее параметров, вызванном подключением человека в сеть, отключает сеть или ее участок. Все УЗО состоят из датчика, преобразователя и исполнительного органа. Существуют УЗО, реагирующие на ток нулевой последовательности (на несимметрию фазных токов утечки); на напряжение нулевой последовательности (на несимметрию напряжений фаз относительно земли); на токи и напряжения оперативных источников питания; на напряжение корпуса электроустановки относительно земли (рис. 34).

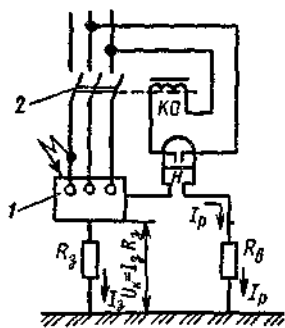


Рис. 34. Принципиальная схема устройств защитного отключения (УЗО), реагирующего на напряжение корпуса относительно земли:

1 — корпус; 2 — автоматический выключатель; КО — отключающая катушка; Н — реле напряжения максимальное; $R_з$ — сопротивление защитного заземления; $R_в$ — сопротивление вспомогательного заземления

Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности (ГОСТ 12.1.019—79) заключаются в основном в соответствующем обучении, инструктаже и допуске к работе с электроустановками лиц, прошедших медицинское освидетельствование; выполнении ряда технических мер при проведении работ с отключением напряжения в действующих электроустановках или вблизи них (запирание приводов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий; установка ограждений и знаков безопасности; наложение заземлений и т. п.); соблюдении особых требований при работах на токоведущих частях, находящихся под напряжением, или вблизи них (выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, организация надзора за проведением работ, применение электрозащитных средств и т. п.).

§ 5. Электрозащитные средства и предохранительные приспособления

Электрозащитными средствами называются переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля (ГОСТ 12.1.009—76).

Электрозащитные средства дополняют такие защитные устройства электроустановок, как ограждения, блокировки, защитное заземление, зануление, отключение и др. Необходимость применения электрозащитных средств вызвано тем, что при эксплуатации электроустановок иногда возникают условия, когда самые совершенные защитные устройства самих электроустановок не гарантируют безопасность человека (например, операции с разъединителями и т. п.).

По своему назначению средства защиты условно разделяют на изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

Изолирующие средства защиты предназначены для изоляции человека от частей электроустановок, находящихся под напряжением, и от земли, если человек одновременно касается земли или заземленных частей электроустановок и токоведущих частей или металлических оказавшихся под напряжением корпусов электрооборудования.

Существуют основные и дополнительные изолирующие средства. *Основные изолирующие средства* имеют изоляцию, предназначенную для того, чтобы длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, поэтому с их помощью разрешено касаться токоведущих частей, находящихся под на-

пряжением. Изолирующие свойства основных защитных средств бывают разными в зависимости от напряжения электроустановок, где они применяются.

Основными изолирующими защитными средствами для электроустановок напряжением до 1000 В служат: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, указатели напряжения.

В электроустановках свыше 1000 В ими являются: оперативные и измерительные штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также средства для ремонтных работ под напряжением (изолирующие лестницы, площадки и др.).

На рис. 35, а, б показан двухполюсный указатель напряжения до 1000 В.

Дополнительные изолирующие средства обладают недостаточными изолирующими свойствами и предназначены только для усиления защитного действия основных средств, вместе с которыми они должны применяться. К ним относятся: при работах с напряжением до 1000 В — диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки; при работах с напряжением свыше 1000 В — диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.

Для проверки диэлектрических свойств все изолирующие средства защиты (кроме штанг, которые предназначены для наложения временных заземлений, ковриков и подставок) должны подвергаться электрическим испытаниям после изготовления и периодически в процессе эксплуатации.

Ограждающие защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением. К ним можно отнести щиты, барьеры, огражде-

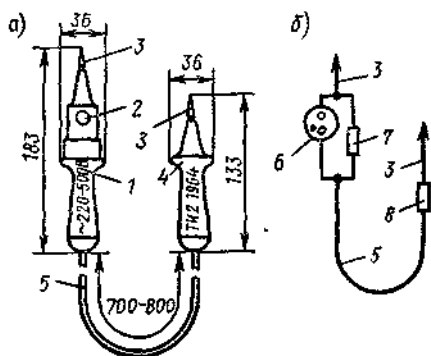


Рис. 35. Токоискатель типа ТИ-2:

а — общий вид; б — схема соединений, 1 — основная рукоятка; 2 — отверстие для наблюдения светового сигнала; 3 — шуп, 4 — вспомогательная рукоятка; 5 — соединительный провод; 6 — неоновая лампочка; 7 — шунтирующее сопротивление; 8 — добавочное сопротивление

ния-клетки, а также временные переносные заземления, которые делают невозможным появление напряжения на отключенном оборудовании.

Вспомогательные защитные средства служат для защиты персонала от случайного падения с высоты (предохранительные пояса и др.); для обеспечения безопасного подъема на высоту (когти, лестницы), для защиты от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока (защитные очки, щитки, рукавицы и др.).

§ 6. Оказание первой доврачебной помощи пораженному электрическим током

Спасение жизни человека, пораженного электрическим током, во многом зависит от быстроты и правильности действий лиц, оказывающих помощь. Доврачебную помощь нужно начать оказывать немедленно, по возможности на месте происшествия, одновременно вызвав медицинскую помощь. Прежде всего нужно как можно скорее освободить пострадавшего от действия электрического тока. При невозможности отключить электроустановку от сети нужно сразу же приступить к освобождению пострадавшего от токоведущих частей, не прикасаясь при этом к пострадавшему. Если пострадавший находится на высоте, нужно предотвратить возможность его травмирования при падении. При освобождении человека от напряжения до 1000 В можно воспользоваться канатом, палкой, доской и другим сухим предметом, не проводящим ток. Можно оттянуть пострадавшего за сухую одежду. При оттаскивании за ноги не следует касаться обуви или одежды пострадавшего без изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и проводить электрический ток. Для изоляции рук лучше всего воспользоваться диэлектрическими перчатками, а при их отсутствии — обмотать руку любой сухой материей. Рекомендуется при этом действовать одной рукой.

От токоведущих частей напряжением свыше 1000 В пострадавшего нужно освобождать с помощью штанги или изолирующих клещей, рассчитанных на соответствующее напряжение, надев при этом диэлектрические перчатки и боты. Следует помнить об опасности шагового напряжения, если провод лежит на земле. Если нельзя быстро отключить питание линии электропередачи, нужно замкнуть провода накоротко, набросив на них гибкий провод достаточного сечения, один конец которого предварительно заземлить (присоединить к металлической опоре, заземляющему спуску и др.). Если пострадавший

касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

Меры доврачебной помощи после освобождения пострадавшего зависят от его состояния. Если он в сознании, нужно обеспечить ему на некоторое время полный покой, не разрешая ему двигаться до прибытия врача.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но прощупывается пульс, надо сразу же делать искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос».

При отсутствии дыхания и пульса, расширенных зрачках и нарастающей синюшности кожи и слизистых оболочек нужно делать искусственное дыхание и непрямой (наружный) массаж сердца. Оказывать помощь нужно до прибытия врача, так как известно много случаев, когда искусственное дыхание и массаж сердца, проводимые непрерывно в течение 3...4 ч, возвращали пострадавших к жизни.

Раздел четвертый

ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРО- И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Глава 14

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ГОРЕНИЯ, ПОЖАРАХ И ВЗРЫВАХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

§ 1. Основные понятия

Горением называется быстро протекающее химическое превращение веществ, сопровождающееся выделением больших количеств теплоты и обычно ярким свечением (пламенем).

В обычных условиях горение представляет собой процесс окисления, или соединения горючего вещества с кислородом, находящимся в свободном состоянии в воздухе или в химически связанном состоянии в различных химических соединениях. Однако известно, что некоторые вещества, например сжатый ацетилен, хлористый азот, озон и некоторые другие, могут взрываться и без кислорода с образованием теплоты и пламени. Следовательно, горение может явиться результатом не только реакции соединения, но и разложения. Известно также, что водород и некоторые металлы могут гореть в атмосфере хлора, медь — в парах серы, магний — в диоксиде углерода и т. д.

С практической точки зрения наиболее важное значение имеет горение, возникающее при окислении горючего вещества кислородом воздуха. Для возникновения такого горения кроме горючего и окислителя необходимо наличие импульса (источника зажигания), способного сообщить горючей системе необходимое начальное количество энергии.

Горение бывает полное и неполное. Полное горение протекает при достаточном количестве кислорода и продуктами реакции в этом случае являются вода, диоксиды серы и углерода, азот, которые неспособны к дальнейшему окислению. Если кислорода недостаточно для окисления, происходит неполное горение, сопровождающееся образованием горючих и ток-

сичных продуктов реакции (оксида углерода, спиртов, кетонов, альдегидов и др.).

Процесс горения можно себе представить следующим образом. При введении в холодную горючую смесь источника поджигания происходит быстрый разогрев смеси в ограниченном объеме до определенной температуры и ее поджигание. В этом объеме протекает экзотермическая реакция окисления горючего вещества кислородом, диффундирующим в очаг горения из воздуха. Благодаря теплопроводности горючей смеси теплота, выделяющаяся в процессе окисления, разогревает соседний слой, вызывая его сгорание, и т. д. При таком послойном сгорании горючей смеси происходит перемещение зоны горения; скорость этого перемещения определяет интенсивность процесса горения и является его важнейшей характеристикой.

В зависимости от скорости распространения пламени горение может происходить в форме дефлаграционного горения, взрыва и детонации. Следует подчеркнуть условность такого подразделения процессов горения.

Нормальной скоростью горения называется скорость перемещения пламени по неподвижной смеси вдоль нормали к ее поверхности. При дефлаграционном горении эта скорость, как правило, составляет от нескольких сантиметров до нескольких метров в секунду. Например, нормальная скорость горения смеси метана (10,5%) с воздухом равна 37 см/с.

Медленное равномерное распространение горения устойчиво лишь в том случае, если оно не сопровождается повышением давления. Когда горение происходит в замкнутом пространстве или выход газа затруднен, продукты реакции не только нагревают прилегающий к фронту пламени слой несгоревшего газа путем теплопроводности, но и, расширяясь за счет высокой температуры, приводят несгоревший газ в движение. Неупорядоченное движение объемов газа в горящей смеси вызывает значительное увеличение поверхности фронта пламени, что приводит к взрыву. *Взрыв* (ГОСТ 12.1.010—76) — это быстрое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу. Скорость распространения пламени при взрыве достигает сотен метров в секунду.

При дальнейшем ускорении распространения пламени усиливается сжатие несгоревшего газа перед фронтом пламени. Это сжатие распространяется по несгоревшему газу в виде последовательных слабых ударных волн. Каждая последующая ударная волна идет со скоростью, большей, чем предыдущая, и соответственно догоняет ее. На некотором расстоянии перед фронтом пламени совокупность ударных волн соединяется

в одну мощную ударную волну. Возникновение такой волны приводит к сильному сжатию и разогреву газа. Когда температура в ударной волне станет достаточно высокой, возникает новый устойчивый режим распространения реакции — детонация, при которой передача теплоты от слоя к слою осуществляется не путем медленного процесса теплопроводности, а путем распространения ударной волны. *Детонация* — это горение, распространяющееся со скоростью, превышающей скорость звука (тысячи метров в секунду). Детонация характеризуется резким скачком давления в месте взрывчатого превращения (до 20—30 кПа). Детонация газовых смесей может происходить только при определенном минимально необходимом начальном давлении и определенной концентрации горючего вещества в смеси. Например, детонация ацетилено-воздушной смеси может иметь место только при объемном содержании ацетилена от 6,5 до 15%.

Горение бывает гомогенным и гетерогенным. При гомогенном горении все реагирующие вещества имеют одинаковое агрегатное состояние, например газообразное. Если при этом горючее вещество и окислитель не перемешаны, то происходит диффузионное горение, процесс горения в таком случае лимитируется диффузией окислителя в зону пламени. Если исходные вещества находятся в различных агрегатных состояниях и имеется граница раздела фаз в горючей системе, то горение является гетерогенным. Гетерогенное горение, связанное с образованием потока горючих газообразных веществ, является одновременно и диффузионным.

Пожары обычно характеризуются гетерогенным диффузионным горением, которое лимитируется диффузией кислорода воздуха в очаг горения.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

Пожар характеризуется образованием опасных факторов, воздействующих на людей, которыми являются: открытый огонь и искры; повышенная температура воздуха, предметов и т. п.; токсичные продукты горения; дым; пониженная концентрация кислорода; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок; взрывы.

§ 2. Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ

Для оценки пожаро- и взрывоопасности производств необходимо знать показатели пожаро- и взрывоопасности веществ, используемых в производственных процессах.

Горючие вещества могут находиться в трех агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом. При определении пожаро- и взрывоопасности веществ принято считать: *газами* — вещества, абсолютное давление паров которых при температуре 50 °С равно или выше 300 кПа; *жидкостями* — вещества с температурой плавления не более 50 °С; *твердыми веществами* — вещества с температурой плавления, превышающей 50 °С; *пылями* — диспергированные (размельченные) твердые вещества с размером частиц менее 850 мкм.

Пожаро- и взрывоопасность веществ, т. е. сравнительная вероятность их горения в равных условиях, определяется целым рядом их свойств (группой горючести, температурой самовоспламенения и вспышки, концентрационными пределами воспламенения, дисперсностью, летучестью и др.).

Прежде всего определяют группу горючести данного вещества. По горючести все вещества подразделяются на негорючие, трудногорючие и горючие.

Негорючими считаются вещества, которые не способны гореть в воздухе нормального состава при температуре до 900 °С. Однако негорючие вещества могут быть пожароопасными, так как при нагревании они могут разлагаться с выделением токсичных и горючих газов (например, галогенопроизводные углеводородов) или выделять большое количество теплоты.

Трудногорючие вещества могут загораться под действием источника зажигания в воздухе нормального состава, но не способны к самостоятельному горению (например, бромметан, бромэтан, трифторбромметан и другие, содержащие не менее 50% связанного галоида).

Горючие вещества способны загораться от источника зажигания в воздухе нормального состава и продолжают гореть после его удаления. При этом следует иметь в виду, что некоторые металлы (алюминий, бериллий, никель, железо, медь, цинк и др.) в компактном состоянии (в виде слитков или блоков) не способны гореть при температуре среды 900 °С и относятся к негорючим веществам. В тонкоизмельченном (порошкообразном) состоянии они способны к возгоранию при температуре ниже 900 °С и даже проявляют пирофорные свойства, т. е. способны в обычных условиях хранения самовозгораться при контакте с кислородом воздуха.

Горючие вещества в свою очередь подразделяются на три группы: *легковоспламеняющиеся* — способные воспламениться от кратковременного воздействия источника зажигания с низкой энергией (пламени спички, искры, накаливаемого электропровода); вещества *средней воспламеняемости* — способные воспламениться от длительного воздействия источника зажигания

с низкой энергией; *трудновоспламеняющиеся* — способные воспламениться только под действием мощного источника зажигания

Понятие легковоспламеняемости прежде всего относится к горючим жидкостям. Горючие жидкости обычно более пожароопасны, чем твердые горючие вещества, так как они легче воспламеняются, интенсивнее горят, образуют взрывоопасные паровоздушные смеси и плохо поддаются тушению водой.

К легковоспламеняющимся жидкостям (ЛВЖ) относят горючие жидкости с температурой вспышки в закрытом тигле не выше 61 С или в открытом тигле не выше 66 С. Кроме того, ЛВЖ в свою очередь делят на три разряда (табл. 20).

Таблица 20

Разряд	Температура вспышки в закрытом тигле, t С	Температура вспышки в открытом тигле, t С
Особо опасные	$t \leq -18$	$t \leq -13$
Постоянно опасные	$23 \geq t > -18$	$27 \geq t > -13$
Опасные при повышенной температуре	$23 < t \leq 61$	$27 < t \leq 66$

Температурой вспышки называется наименьшая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхнуть в воздухе при поднесении источника зажигания, но скорость образования паров или газов еще недостаточна для устойчивого горения.

Температурой воспламенения называется температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие газы и пары с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

Температурой самовоспламенения называется самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся пламенным горением. Самовоспламенение возможно только в том случае, если количество теплоты, выделяемое в процессе окисления, будет превышать отдачу теплоты в окружающую среду. Наименьшая температура, до которой должна быть равномерно нагрета смесь газов и паров жидкости с воздухом для того, чтобы она воспламенилась без внесения в нее внешнего источника зажигания, называется *стандартной температурой самовоспламенения* (ГОСТ 13920—68). Минимальную температуру самовоспламенения газов и паров жидкостей определяют по методике, описанной в ГОСТ 12.1.017—80.

Концентрационные пределы воспламенения являются важной характеристикой горючих систем. Смесь горючих веществ с окислителем способна гореть только при определенном содержании в ней горючего. Нижним (верхним) концентрационным пределом воспламенения называется минимальное (максимальное) содержание горючего в смеси горючее вещество — окислительная среда, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Эти пределы сильно зависят от содержания в смеси инертных (негорючих) компонентов. Добавление в горючую смесь инертных газов сужает область воспламенения и в конце концов делает смесь негорючей. Поэтому область воспламенения горючих газов в смеси с воздухом, содержащем около 79% азота, всегда уже, чем в кислороде. При этом нижние концентрационные пределы обычно совпадают, верхние же концентрационные пределы в воздухе всегда меньше, чем в кислороде. Сильно сужают пределы воспламенения некоторые примеси, замедляющие реакции горения. Наиболее активными из них являются галоидированные углеводороды. Понижение давления смеси ниже атмосферного также сужает область воспламенения и при определенном давлении смесь становится негорючей. Увеличение давления, повышение температуры горючей смеси также расширяют область воспламенения. На концентрационные пределы воспламенения влияет также мощность источника поджигания и направление распространения пламени. Меньшие значения наблюдаются при распространении пламени снизу вверх.

Наличие областей негорючих концентраций газов и паров дает возможность выбрать такие условия их хранения, транспортирования и применения, которые предотвращают возможность возникновения пожара.

Температурными пределами воспламенения называются такие температуры горючего вещества, при которых его насыщенные пары образуют в конкретной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему и верхнему концентрационным пределам воспламенения.

Температурой самонагревания называется самая низкая температура, при которой в веществе возникают практически различимые экзотермические процессы окисления, разложения и т. п., могущие привести к самовозгоранию. Температура самонагревания является наименьшей температурой вещества, нагревание до которой может потенциально представлять пожарную опасность.

Минимальной энергией зажигания называется наименьшее

значение энергии электрического разряда, достаточной для воспламенения наиболее легковоспламеняющейся смеси газов, пара или пыли с воздухом.

Минимальным взрывоопасным содержанием кислорода называется концентрация его в горючей смеси, ниже которой воспламенение и горение смеси становятся невозможными при любой концентрации горючего в смеси. Значение этого показателя зависит от вида флегматизатора (разбавителя). Показатель этот используется при расчетах взрывобезопасных условий работы технологического оборудования, пневмотранспорта, при разработке систем и установок взрывоподавления и тушения пожаров.

Флегматизирующей концентрацией инертного разбавителя называется концентрация флегматизатора в смеси с воздухом, соответствующая минимальному взрывоопасному содержанию кислорода. Она используется при расчетах безопасных составов газовых и пылегазовых смесей.

Давлением взрыва называется давление, развивающееся при взрыве газозвушной смеси в закрытом объеме; оно зависит от температуры взрыва и отношения количества продуктов сгорания к количеству газа до взрыва:

$$P_{\text{взр}} = \frac{P_0 T_{\text{взр}}}{T_0} \frac{a_{\text{г}}}{a_{\text{в}}},$$

где P_0 — начальное давление в газовой смеси, МПа; T_0 — начальная температура газовой смеси, К; $T_{\text{взр}}$ — температура взрыва, К; $a_{\text{г}}$ — количество газа до взрыва, моль; $a_{\text{в}}$ — количество газообразных продуктов сгорания после взрыва, моль.

Температура взрыва для большинства газов находится в пределах 1200...2700 К, а давление при обычном взрыве не превышает 1,2 МПа. При увеличении содержания кислорода в смеси (больше 21%) давление увеличивается и может достигнуть 2,0 МПа.

Кроме указанных выше существует еще много других показателей пожаро- и взрывоопасности веществ, таких, например, как температура тления, кислородный индекс, скорость выгорания, коэффициент дымообразования, индекс распространения пламени, характер взаимодействия горящего вещества со средствами водопенного тушения, чувствительность к удару и т. п. Характеристика этих показателей, а также ряд методик их определения приведены в ГОСТ 12.1.017—80 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность нефтепродуктов и химических органических продуктов. Номенклатура показателей».

§ 3. Причины пожаров и взрывов на производстве

Для осуществления мер по предупреждению взрывов и пожаров необходимо знать основные причины образования горючих систем в производственных условиях.

Если в технологическом процессе применяются горючие вещества и существует возможность их контакта с воздухом, то опасность пожара и взрыва может возникнуть как внутри аппаратуры, так и вне ее, в помещении и на открытых площадках.

Большую опасность представляют аппараты, емкости и резервуары с горючими жидкостями, так как они, как правило, не бывают заполнены до предела. В пространстве над уровнем жидкости образуется паровоздушная смесь, которая может оказаться взрывоопасной, если температура жидкости находится в интервале между нижним и верхним температурными пределами воспламенения.

В технологическом процессе могут участвовать разнообразные горючие газы, которые находятся при различных температурах и давлении. Чаще всего аппараты, емкости и трубопроводы заполнены горючими газами без примеси окислителей и сравнительно редко по технологическим условиям используется смесь горючего газа с воздухом или кислородом. Воздух может попадать в аппарат, работающий под разряжением, из-за неплотностей в разъемных соединениях. Если же аппаратура работает под давлением, то горючий газ через неплотности может поступать в помещение. Концентрация газа в смеси с воздухом опасна, если она находится между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения.

Причиной взрыва или пожара на производстве может явиться наличие в помещении горючей пыли и волокон. Большое количество пыли создают машины и агрегаты с механизмами ударного действия (дробилки, мельницы и т. п.), а также установки, работа которых сопряжена с использованием мощных воздушных потоков (пневмосистемы, сепараторы и т. п.) или перебросом измельченной продукции (места загрузки, пересыпания и т. д.). Некоторые осевшие пыли способны к самовозгоранию. Местная вспышка может вызвать взвихренные осевшей пыли, что в свою очередь может привести к вторичному взрыву значительно большей мощности.

Нередко пожары и взрывы в технологических установках происходят при остановке аппаратов и пуске их после ремонта. Взрыв при остановке аппарата происходит в результате неполного удаления горючих паров или газов из внутреннего объема

системы, а при пуске — в результате недостаточного удаления из них воздуха.

Пожаро- и взрывоопасные концентрации в производственных помещениях могут образовываться при использовании аппаратов с открытой поверхностью испарения горючих жидкостей, при периодическом опорожнении и заполнении систем, из-за неплотности соединений и, конечно, при разрушении аппаратуры, содержащей горючие газы, жидкости и измельченные твердые вещества. Такое разрушение аппаратов, машин, установок чаще всего происходит из-за температурных деформаций, превышения допустимого давления, воздействия нагрузок динамического характера, коррозии. Причинами разрушения аппаратуры могут также быть нарушение режима поступления и отвода веществ; попадание жидкостей, имеющих низкую температуру, или веществ с повышенной влажностью в установки и аппараты, нагретые до высокой температуры; нарушения теплового баланса в аппаратах с экзотермическими процессами и т. п.

Для возникновения пожара или взрыва в производственных условиях кроме горючей среды необходим источник энергии, называемый обычно импульсом или источником зажигания (воспламенения). Большинство импульсов (источников зажигания) можно систематизировать так, как показано на рис. 36.

Наиболее распространен тепловой импульс. Практически для воспламенения горючей смеси газов и паров с воздухом достаточно нагреть до температуры воспламенения всего 0,5...1 мм³ этой смеси. Открытое пламя практически во всех случаях вызывает зажигание горючей смеси, так как его температура (от 700 до 1500 °С) превышает температуру воспламене-

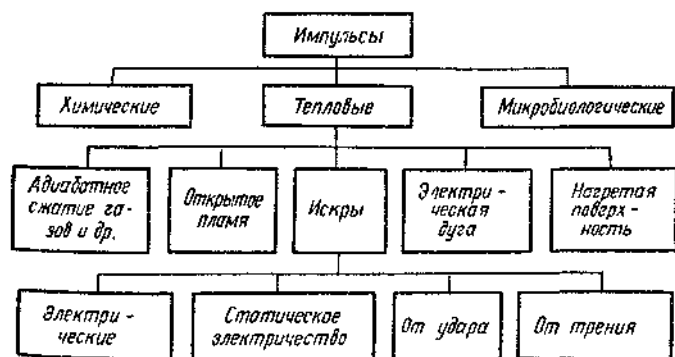


Рис. 36. Наиболее распространенные импульсы (источники зажигания)

ния смеси, а количество теплоты больше, чем это требуется для нагрева 1 мм³ газовой смеси.

Искрой обычно называют точечный источник воспламенения. Искры могут образовываться при трении, ударе или вызываться электрическим разрядом. Опасность зажигания горючей смеси искрой зависит от выделившейся с искрой энергии. Искры не опасны, если их энергия удовлетворяет условию

$$w_{и} = K_{б} w_{мин}$$

где $w_{и}$ — энергия искры, Дж; $w_{мин}$ — минимальная энергия, которая может вызвать зажигание данной горючей смеси, Дж; $K_{б} = 0,4 \dots 0,5$ — коэффициент безопасности.

Для примера ниже приведены минимальная энергия поджигания некоторых веществ при температурах 20...25 °С, мДж¹:

Сероуглерод	0,009	Метанол	0,60
Водород	0,019	Этанол	0,95
Бензол	0,24	Аммиак	6,8
Метан	0,30	Пыль ферромарганца	250,0

Минимальная энергия поджигания уменьшается при увеличении температуры.

На практике наиболее часто возникают электрические искры. В канале электрического разряда развивается температура до 10 000 °С. Такая температура приводит к почти мгновенному завершению химических реакций.

Искры, образующиеся от разряда статического электричества, также часто могут поджечь горючую смесь, хотя их энергия, как правило, меньше. Искры от удара представляют меньшую опасность, чем электрические искры, но они более опасны, чем искры от трения. Например, приближенный расчет показывает, что искра, образовавшаяся при ударе стального стержня, охлаждаясь от 1630 до 1430 °С, отдает в окружающую среду энергию 38 мДж. Искры, образующиеся при трении стали о сталь, представляют собой небольшие частицы металла размером 0,1...0,5 мм, частично окисленные и нагретые до весьма высоких температур (для малоуглеродистой стали до 1640...1660 °С). При этом температура поверхности искры тем выше, чем сильнее удар или сила трения.

Вообще, причин возникновения источников зажигания в производственных условиях очень много. Источниками открытого огня являются технологические нагревательные печи; различные реакторы; регенераторы, где выжигают органические вещества из негорючих катализаторов; установки для

¹ См.: Саушев В. С. Пожарная безопасность хранения химических веществ. М., 1982.

сжигания отходов, факельные устройства для сжигания отходящих газов, обогрева труб; аппараты для газовой резки и сварки металлов и т. п.

Весьма распространенными источниками пожаров является курение в недозволённых местах. Распространены и источники зажигания, связанные с использованием электрической энергии. Это прежде всего короткие замыкания, которые сопровождаются большим тепловыделением, образованием в зоне замыкания дуги с разбрызгиванием металла. Например, при коротком замыкании алюминиевых проводов образовавшиеся расплавленные частички металла загораются на воздухе, и температура их достигает 3000°C .

Опасна перегрузка сетей и устройств, которая влечет за собой сильный разогрев токоведущих проводников и загорание изоляции. Плохой электрический контакт в местах соединений проводников приводит к возникновению больших переходных сопротивлений и повышенному выделению теплоты. В ряде случаев к загоранию может привести даже соприкосновение электроламп с горючими материалами, так как температура поверхности стеклянной колбы лампы накаливания может достигнуть $300\text{--}550^{\circ}\text{C}$, а в особых случаях и большей температуры.

Особую группу представляют химические и микробиологические источники зажигания.

Химический импульс обусловлен тем, что некоторые химические вещества при взаимодействии с кислородом воздуха, водой и другими веществами способны к экзотермическим реакциям. Теплота реакции разогревает зону и продукты реакции до опасных температур. Если реагирующие вещества или продукты реакции горючие, то они воспламеняются и становятся очагом пожара или взрыва. Если сами вещества и продукты их взаимодействия негорючие, то, разогреваясь до высоких температур, они могут явиться источниками зажигания находящихся рядом горючих веществ. Например, при взаимодействии металлического натрия с водой температура в зоне реакции достигает $600\text{--}650^{\circ}\text{C}$, что выше температуры самовоспламенения выделяющегося водорода. При получении ацетилена действием воды на карбид кальция в зоне реакции температура повышается до 830°C , что может привести к самовоспламенению не только образовавшегося ацетилена, но и других горючих веществ, оказавшихся в зоне реакции. Такие случаи на практике имели место.

При взаимодействии хлористого алюминия с водой (негорючие вещества) температура в зоне реакции превышает 100°C , что может вызвать испарение находящихся рядом горючих жидкостей и создать пожаровзрывоопасную ситуацию.

Самовозгорание возникает и при взаимодействии ряда веществ друг с другом, например пероксидов щелочных металлов со спиртами, серной кислоты с хлоратом калия и каким-либо горючим веществом, тетрахлорметана со щелочными металлами и др. Контакт фосфорорганических веществ (фосфамида, карбофоса и др.) с хлоратом магния и натрия, хлорной известью (сухой или подсохшей) протекает с большим выделением теплоты, вплоть до появления пламени. Перекись натрия и марганцовокислый калий вызывают самовозгорание глицерина. Ацетилен, водород, метан, этилен, скипидар под действием хлора самовозгораются на свету. Азотная кислота может вызвать самовозгорание древесной стружки, соломы, хлопка.

Микробиологический импульс связан с жизнедеятельностью микроорганизмов в таких средах, как, например, влажные сено, опилки, торф. Для самовозгорания необходимы большие объемы этих веществ, обуславливающие плохой теплообмен с окружающей средой.

Самовозгоранием называется возникновение горения без воздействия источника зажигания (СТ СЭВ 383-76), причем процесс разогрева вещества начинается при обычной температуре (10...30 °С). К самовозгоранию склонны твердые пористые или измельченные горючие вещества.

Явление самовозгорания представляет большую опасность и часто бывает причиной пожаров.

Самовозгораться могут некоторые вещества растительного происхождения (например, опилки, особенно влажные); торф и некоторые виды ископаемых углей; масла и жиры (особенно растительные); химические вещества и смеси, самовозгорающиеся при контакте с кислородом воздуха, водой и друг с другом.

С этой точки зрения опасность представляют промасленные спецодежда и обтирочные материалы, сложенные в кучи. При условии плохого теплоотвода в окружающую среду нагревание, начавшееся при 10...15 °С, через 3...4 ч может закончиться самовозгоранием.

Глава 15

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

§ 1. Системы предотвращения пожаров и взрывов

Безопасность людей при пожарах и взрывах, а также сокращение возможного ущерба от них достигается обеспечением пожарной безопасности производственных объектов и взрывобезопасности производственных процессов.

Под *пожарной безопасностью* подразумевается такое состояние объекта, при котором с большой вероятностью предотвращается возможность возникновения пожара, а в случае его возникновения обеспечивается эффективная защита людей от опасных и вредных факторов пожара и спасение материальных ценностей.

Под *взрывобезопасностью* подразумевается такое состояние производственного процесса, при котором с большой вероятностью исключается возможность взрыва или в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей вызываемых им опасных и вредных факторов и обеспечивается сохранение материальных ценностей.

Пожарная безопасность производственных объектов и взрывобезопасность производственных процессов обеспечиваются разработкой и осуществлением систем предотвращения пожаров и взрывов и систем пожарной защиты и взрывозащиты.

Система предотвращения пожара должна разрабатываться по каждому конкретному объекту из расчета, что нормативная вероятность возникновения пожара и взрыва принимается равной не более 10^{-6} в год в расчете на отдельный пожароопасный узел (элемент) данного объекта (ГОСТ 12.1.004—76) или взрывоопасный участок (ГОСТ 12.1.010—76). Вероятность воздействия опасных факторов взрыва на людей в течение года также не должна превышать 10^6 на человека (ГОСТ 12.1.010—76).

Для предотвращения пожаров и взрывов необходимо прежде всего исключить возможность образования горючей и взрывоопасной среды, а также предотвратить возникновение в горючей среде (или внесение в нее) источников (импульсов) зажигания. Эти задачи решаются как на стадии проектирования технологических процессов и производственного оборудования, так и в процессе эксплуатации предприятий.

Для предотвращения образования горючей среды в помещениях, горных выработках и т. п. необходимо поддерживать

в воздухе безопасную концентрацию горючего газа, пара или пыли. Эта концентрация не должна превышать (с учетом коэффициента безопасности) нижнего концентрационного предела воспламенения данного вещества в воздухе. Если горючая среда может образоваться внутри оборудования, то безопасность обеспечивается при содержании горючего ниже нижнего предела воспламенения или выше верхнего предела воспламенения с учетом коэффициентов безопасности. Кроме того, следует регламентировать допустимую концентрацию флегматизатора в воздухе, горючем газе, паре или жидкости, допустимую концентрацию кислорода или другого окислителя в газе, горючести веществ. Условия пожаровзрывобезопасности при применении горючих веществ, а также методы определения коэффициентов безопасности к показателям пожаровзрывобезопасности приведены в ГОСТ 12.1.017—80.

Предотвращение образования горючей среды обеспечивается: применением герметичного производственного оборудования; максимально возможной заменой в технологических процессах горючих веществ и материалов негорючими; ограничением количества применяемых и хранимых горючих и взрывоопасных веществ, а также правильным их размещением; изоляцией горючей и взрывоопасной среды; организацией контроля за составом воздуха в помещениях и контроля за составом среды в аппаратуре; применением рабочей и аварийной вентиляции; отводом горючей среды в специальные устройства и безопасные места; использованием ингибирующих и флегматизирующих (инертных) добавок; выбором безопасных скоростных режимов движения среды и др.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания достигается: соответствующей эксплуатацией машин, механизмов и другого оборудования, которые могут явиться источниками зажигания горючей среды; применением электрооборудования, соответствующего классу пожаро- и взрывоопасных зон, категории и группе взрывоопасной смеси; применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющих требованиям электростатической безопасности; устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования; регламентацией максимально допустимой температуры нагрева поверхностей оборудования, изделий и материалов, могущих войти в контакт с горючей средой; регламентацией максимально допустимой энергии искрового разряда в горючей среде; регламентацией максимально допустимой температуры нагрева горючих веществ, материалов и конструкций; применением неискрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися веществами; ликвидацией условий

для теплового, химического, микробиологического самовозгорания образующихся веществ, материалов, изделий и конструкций; устранением контакта с воздухом пиррофорных веществ и веществ, нагретых выше безопасной температуры; регламентацией огневых работ и др.

Для того чтобы исключить возможность возникновения пожара или взрыва из-за образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания, надо выполнить два основных условия. Во-первых, энергия тех или иных источников зажигания должна быть меньше минимальной энергии поджигания данной горючей смеси, уменьшенной на коэффициент безопасности. Второе условие заключается в том, чтобы возникающие при эксплуатации оборудования и осуществлении технологических процессов температуры различных сред и поверхностей были меньше температур самовоспламенения, самонагревания, тления, а также минимальной температуры среды, при которой наблюдается самовозгорание образца. В каждом конкретном случае используется та или иная температура с учетом коэффициента безопасности. Методы определения коэффициентов безопасности приведены в ГОСТ 12.1.017-80.

§ 2. Электрооборудование для взрыво- и пожароопасных зон

Для предупреждения пожаров и взрывов от коротких замыканий, перегрузок и других причин, связанных с эксплуатацией электроустановок, необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, машин, аппаратов, а также электрических средств автоматизации и связи.

Особую опасность представляет электрооборудование, предназначенное для установки в местах, где могут образовываться смеси горючих газов, паров или пыли с воздухом. Для того чтобы электрооборудование не явилось источником зажигания горючей смеси, в нашей стране разработана целая система мер и требований, установленных Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Правилами изготовления рудничного и взрывозащищенного электрооборудования (ПВРЭ) и стандартами ССБТ.

Согласно ПУЭ все горючие газы относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды. Горючие пыль и волокна относятся к взрывоопасным, если их нижний концентрационный предел воспламенения не превышает 65 г/м^3 .

Для правильного выбора электрооборудования прежде всего определяют класс зоны, где оно будет эксплуатироваться. Установлено несколько взрывоопасных и пожароопасных зон.

Взрывоопасной зоной считают помещение или ограниченное пространство в помещении или вне его, где имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси. При определении взрывоопасных зон принимается, что взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5% свободного объема помещения. Если объем взрывоопасной смеси равен или меньше 5% свободного объема помещения, то взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ). Остальной объем помещения в этом случае считается невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Согласно ПУЭ взрывоопасные зоны делятся на несколько классов.

Зоны класса В-1 расположены в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например: при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранениях или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

Зоны класса В-1а. К ним относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-1б. Такие же зоны, как и зоны класса В-1а, но имеющие одну из следующих особенностей.

1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005—76.

2. Помещения производств, связанных с применением или получением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например,

помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и стартерных аккумуляторных батарей).

3. Горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для образования взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5% свободного объема помещения, и работа с ними производится без применения открытого пламени (например, зоны лабораторных помещений). Если в таких условиях работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами, то такие зоны вообще не относятся к взрывоопасным.

Зоны класса В-Iг. К ним относятся пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением аммиачных компрессорных установок, к которым предъявляются те же требования, что и к установкам, расположенным в помещениях); у надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); у эстакад для слива и налива ЛВЖ; у открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К зонам класса В-Iг относятся также пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В-Iа и В-II (исключение — проемы окон, заполненных стеклблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

В ПУЭ также установлены размеры взрывоопасных зон класса В-Iг.

Зоны класса В-II расположены в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-IIа расположены в помещениях, в которых опасные состояния не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри или вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически находятся горючие вещества как при нормальном осуществ-

влении технологического процесса, так и при его нарушениях. Пожароопасные зоны разделены на несколько классов.

Зоны класса П-I. К ним относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых применяются или хранятся (обрабатываются) горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C .

Зоны класса П-II расположены в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха.

Зоны класса П-IIa. Это зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-III расположены вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

Следует отметить, что зоны в помещениях и у наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, где имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси или горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих газов, паров, пылей или волокон, не относятся к взрывоопасным и пожароопасным. Также не считаются взрывоопасными и пожароопасными зоны в помещениях и у наружных установок, если в них происходит сжигание твердого, жидкого или газообразного топлива.

В ПУЭ (раздел VII) даны указания, касающиеся определения взрывоопасных и пожароопасных зон и выбора электрооборудования для таких зон.

При выборе электрооборудования для взрывоопасных зон следует также знать категорию и группу взрывоопасной смеси.

В зависимости от величины *безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ)* — максимального зазора между фланцами оболочки, через который не происходит передачи взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе, взрывоопасные смеси подразделяются на категории (табл. 21).

В зависимости от температуры самовоспламенения установлено шесть групп взрывоопасных газо- и паровоздушных смесей (табл. 22).

Если взрывоопасная смесь образована не с воздухом, а с кислородом или другим окислителем, то категория и группа будут другими.

Категории и группы установлены более чем для 200 взры-

Таблица 21

Категория и наименование взрывоопасных смесей	БЭМЗ, мм
I. Рудничный метан	Св. 1,0
II. Промышленные газы и пары:	
ПА	» 0,9
ПВ	» 0,5 до 0,9
ПС	До 0,5

Таблица 22

Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения, °С
T1	Св. 450
T2	» 300 до 450
T3	» 200 » 300
T4	» 135 » 200
T5	» 100 » 135
T6	» 85 » 100

воопасных смесей. Распределение их по группам и категориям приведено в ГОСТ 12.1.011—78. Например, аммиак, бензол относится к категории ПА-T1; многие марки бензина, дизельное топливо, нефть — ПА-T3; коксовый газ — ПВ-T1; сероводород — ПВ-T3; водород — ПС-T1; ацетилен — ПС-T2; сероуглерод — ПС-T5 и т. п.

Во взрывоопасных зонах используется взрывозащищенное электрооборудование. Взрывозащита электрооборудования обеспечивается специальными конструктивными средствами и мерами, которые предотвращают возможность воспламенения окружающей взрывоопасной смеси от электрических искр, дуги, пламени и нагретых частей электрооборудования.

В зависимости от области применения взрывозащищенное электрооборудование делится на две группы:

I группа — рудничное взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников, опасных по газу или пыли (далее не рассматривается);

II группа — взрывозащищенное электрооборудование для внутренней и наружной установки, кроме рудничного взрывозащищенного (общепромышленное).

Взрывозащищенное электрооборудование I и II групп в зависимости от уровня взрывозащиты подразделяются на: электрооборудование повышенной надежности против взрыва

(знак уровня — 2); взрывобезопасное электрооборудование (знак уровня — 1) и особовзрывобезопасное электрооборудование (знак уровня — 0).

Электрооборудованием (электротехническими устройствами) *повышенной надежности против взрыва* называется электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме его работы.

Взрывобезопасным считается электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации (кроме повреждений средств взрывозащиты).

Особовзрывобезопасное электрооборудование — это такое взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные меры взрывозащиты.

Уровни взрывозащиты электрооборудования II группы обеспечиваются следующими видами взрывозащиты:

взрывонепроницаемой оболочкой (d); искробезопасной электрической цепью (i); защитой вида «е» (e); заполнением или продувкой оболочки под избыточным давлением чистым воздухом или инертным газом (p); масляным заполнением оболочки (o); кварцевым заполнением оболочки (q); специальным видом взрывозащиты (s).

Взрывонепроницаемой называется оболочка, выдерживающая давление взрыва внутри ее и предотвращающая распространение взрыва из оболочки в окружающую взрывоопасную среду.

Искробезопасная электрическая цепь выполняется так, что электрический разряд в цепи или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания.

Защита вида «е» предусматривает, что в электрооборудовании или его частях, не имеющих нормально искрящих частей, принят ряд мер дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг.

Специальным называется вид взрывозащиты, основанный на принципах, отличных от указанных выше.

Электрооборудование группы II, имеющее взрывонепроницаемую оболочку и (или) искробезопасную электрическую цепь, подразделяется на подгруппы IIА, IIВ и IIС.

Взрывозащищенное электрооборудование кроме маркировки по ГОСТ 18620—73 имеет еще маркировку по взрывозащите: а) знак уровня взрывозащиты (2, 1 или 0); б) знак Ex, указы-

вающий, что электрооборудование соответствует ГОСТ 12.2.020 – 76 и стандартам на виды взрывозащиты; в) знак вида взрывозащиты (d, i, e, o, p, q, s); г) знак группы или подгруппы (II – для электрооборудования, не подразделяемого на подгруппы, и один из знаков IIА, IIВ, IIС – для электрооборудования, подразделяемого на подгруппы); д) знак температурного класса электрооборудования (табл. 23).

Таблица 23

Температурный класс	Предельная температура, °С	Температурный класс	Предельная температура, °С
T1	450	T4	135
T2	300	T5	100
T3	200	T6	80

Примеры маркировки взрывозащиты электрооборудования приведены в табл. 24.

Таблица 24

Наименование электрооборудования	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа) и температурный класс электрооборудования	Маркировка взрывозащиты
Повышенной надежности против взрыва То же	Защита вида «е»	Группа II, температурный класс T6	2ExeIIТ6
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	Подгруппа IIВ, температурный класс T5	2ExdiIIВТ5
Взрывобезопасное	Кварцевое заполнение оболочки	Группа II, температурный класс T6	1ExqIIТ6
Особовзрывобезопасное	Специальный и искробезопасная электрическая цепь	Подгруппа IIС, температурный класс T4	0ExsiIIСТ4

§ 3. Защита от статического электричества в производственных условиях

За последние годы в связи с получением и использованием в больших количествах веществ с выраженными диэлектрическими свойствами (синтетические смолы, синтетические волокна, спирты, резины, пластмассы и др.) разряды статического электричества нередко являлись причинами пожаров и взрывов. В ряде производств статическое электричество препятствует нормальному проведению технологического процесса,

приводит к порче продукции, снижению производительности труда.

Возникновение зарядов статического электричества происходит при деформации, дроблении (разбрызгивании) веществ, относительном перемещении сплошных тел или слоев жидких и сыпучих материалов, находящихся в контакте друг с другом, при движении воздуха (или других газов) по трубопроводам, а также при интенсивном перемешивании, кристаллизации и испарении веществ. На практике наибольшую опасность электризации представляют процессы слива из цистерн и других емкостей и налива в них нефтепродуктов, пневмотранспортирование и сушка пылевидных материалов, изготовление и эксплуатация полимерных материалов и изделий на их основе.

Возможность накопления опасных электростатических зарядов определяется как интенсивностью возникновения (генерации), так и условиями стекания (рассеяния) зарядов.

Наиболее опасным проявлением статического электричества в промышленности являются искровые разряды, энергия которых может превышать минимальную энергию зажигания горючих сред.

В условиях взрывоопасных производств реальную опасность представляет воспламенение горючих сред искрами, возникающими при соприкосновении человека с заземленным оборудованием. На теле человека может накапливаться статическое электричество при пользовании обувью с непроводящими электричество подошвами, одеждой и бельем из шерсти, шелка и искусственных волокон, при передвижении по непроводящему покрытию пола и при выполнении ряда ручных операций с веществами-диэлектриками. Потенциал изолированного от земли человеческого тела может достигать 7000 В и более, а максимальная энергия, освобождающаяся при искровом разряде — 2,5...7,5 мДж. Такой энергии достаточно для поджигания многих газо-, паро- и даже пылевоздушных смесей.

Определить энергию искрового разряда W с тела человека (в мДж) на заземленный предмет можно по следующему эмпирическому выражению:

$$W = 33,34 \cdot 10^{-9} [1g(H - 130) \pm B] U^2,$$

где H — рост человека, см; B — коэффициент, характеризующий материал покрытия пола (дерево — 0,25; дерево — пластик — 0,18; керамическая плитка — 0,095; металл — 0,45); U — потенциал тела человека относительно земли, В.

По современным данным, разряды статического электриче-

ства не опасны для здоровья человека. Однако они могут вызвать неприятные ощущения, а при определенных условиях (при разряде с тела человека или через тело человека на землю или заземленное оборудование) привести к непроизвольному резкому движению, которое может явиться причиной травмы (особенно при падении с высоты).

Общие требования искробезопасности от разрядов статического электричества в целях обеспечения пожаро- и взрывобезопасности установлены ГОСТ 12.1.018—79. По характеру и условиям возникновения разрядов статического электричества и по характеристикам огнеопасных веществ или изделий объекты подразделяются на три класса электростатической искробезопасности (ЭСИБ): безыскровой электризации; слабой электризации; сильной электризации. Под *электростатической искробезопасностью* (ЭСИБ) понимается такое состояние объекта, при котором исключается возможность взрыва и пожара от статического электричества.

Отнесение объекта к тому или иному классу ЭСИБ производится на основе данных: об электростатических и электропрочностных свойствах материалов; о геометрических параметрах объекта; об электростатической нагрузке, возникающей в процессе электризации; о чувствительности к зажигающему или инициирующему взрыв воздействию разрядов статического электричества. В ГОСТ 12.1.018—79 приведены предельно допустимые параметры для классов ЭСИБ и условия отнесения объектов к тому или иному классу. Например, одним из условий отнесения объекта к классу ЭСИБ безыскровой электризации является наличие заземленного электропроводящего оборудования, в котором исключено применение веществ и материалов с удельным электрическим сопротивлением более 10^4 Ом·м и отсутствуют процессы разбрызгивания, распыления, измельчения и диспергирования. Если удельное электрическое сопротивление веществ и материалов превышает 10^8 Ом·м, то по этому условию объект относят к классу ЭСИБ слабой электризации.

Для класса ЭСИБ сильной электризации допустимы разряды с линейной плотностью энергии, не превышающей 40% от минимальной линейной плотности энергии зажигания. В ГОСТе приведена методика расчета линейной плотности энергии для трубчатых и плоских образцов.

Защита от накопления и опасных проявлений статического электричества основана на следующих принципах:

уменьшение процесса генерации электростатических зарядов (ограничение скорости переработки и транспортирования материалов, соответствующий подбор контактирующих пар и др.);

исключение опасных разрядов статического электричества (заземление проводящих объектов, изменение распределенной емкости неэлектризованных диэлектриков и др.);

рассеяние возникающих электростатических зарядов (увеличение проводимости самих материалов и окружающей среды).

В отдельную группу можно выделить способы, которые не предотвращают образования и накопления зарядов статического электричества, а направлены на то, чтобы возникший искровой разряд статического электричества не вызвал воспламенения горючей смеси.

Все накопленные к настоящему времени сведения по способам защиты от статического электричества обобщены в «Правилах защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности», и ГОСТ 12.4.124—83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

Уменьшение скоростей переработки и транспортирования материалов является реальным средством снижения уровня электризации материалов. Чтобы не ухудшать параметры технологических процессов, целесообразно ограничивать скорость только на определенных участках транспортировки жидкостей и сыпучих материалов (например, перед сливом в резервуары и над бункерами) путем применения релаксационных емкостей, где большая часть зарядов рассеивается (релаксирует) за время нахождения наэлектризованной среды в этой емкости.

Для снижения электризуемости материала не допускают сильного разбрызгивания, перемешивания (барботирования); тщательно очищают газы и жидкости от посторонних примесей, особенно если последние имеют электропроводность, отличающуюся от основного вещества.

Немаловажное значение имеет правильный подбор контактирующих пар в соответствии с экспериментально установленными электростатическими рядами. Правильно подобрав контактирующие пары, можно значительно уменьшить и даже предотвратить образование электростатических зарядов.

По принципу действия средства коллективной защиты от статического электричества подразделяются на: заземляющие устройства, антиэлектростатические вещества, увлажняющие устройства, нейтрализаторы, экранирующие вещества (ГОСТ 12.4.124—83).

Заземление оборудования устраняет возможность накопления зарядов на проводниках и в некоторых случаях способствует процессу релаксации заряда с поверхности диэлектрика в землю. Заземление является обязательной мерой защиты от

статического электричества, но на процесс накопления электростатических зарядов в диэлектриках оно практически не влияет. Величина сопротивления заземляющего устройства, предназначенного только для защиты от статического электричества, не должна превышать 100 Ом.

Особое внимание должно уделяться заземлению различных передвижных объектов или вращающихся элементов оборудования, которые не могут иметь постоянного контакта с землей, а также рукавов и шлангов, используемых для слива и налива горючих жидкостей, различной тары и т. п. Заземлять следует не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании зарядов, но и все другие изолированные проводники, которые могут зарядиться от индукции. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 10^6 Ом. Заземление диэлектрического оборудования может быть осуществлено нанесением на его поверхность проводящих покрытий (пленок).

Для отвода в землю зарядов статического электричества с человека применяется антиэлектростатическая обувь с электропроводящей подошвой, антиэлектростатическая спецодежда и предусматривается устройство электропроводящих полов. Электрическое сопротивление между токопроводящими элементами антиэлектростатической спецодежды должно быть от 10^6 до 10^8 Ом.

Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между подпяточником и ходовой стороной подошвы не превышает 10^8 Ом · м. Такой является обувь на кожаной подошве, обувь из токопроводящей резины или обувь, пробитая токопроводящими и не искрящими при ударах и трении заклепками. Покрытие пола считается электропроводящим, если удельное электрическое сопротивление утечки между установленным на полу электродом и землей не превышает 10^4 Ом · м. Проводящими покрытиями являются специальный бетон и пенобетон, настил из резины с пониженным сопротивлением, специальные плиты, наливные полы и др.

Эффективным способом устранения опасной электризации является антиэлектростатическая обработка, вызывающая увеличение объемной или поверхностной проводимости вещества. Наиболее просто это достигается увлажнением поверхности материалов, причем гидрофильные материалы сами адсорбируют влагу, а в гидрофобные полимеры вводят внутрь или наносят на их поверхность различные антиэлектростатические вещества, способствующие адсорбции влаги и повышению тем самым поверхностной проводимости.

Объемную электропроводность веществ можно увеличить путем введения в них антиэлектростатических присадок. Этот способ нашел наибольшее распространение при получении и использовании нефтепродуктов. Вводимые в тысячных и десятитысячных долях процента, такие присадки способны на несколько порядков снизить удельное электростатическое сопротивление нефтепродукта. В качестве присадок применяют олеат и диолеат хрома, хромистые соли синтетических жирных кислот и некоторые другие вещества.

Антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение удельного объемного электрического сопротивления материала до величины 10^7 Ом·м, а удельного поверхностного электрического сопротивления — до 10^9 Ом·м.

В производственных условиях широко применяются нейтрализаторы статического электричества, способствующие увеличению электропроводности воздуха путем его ионизации. Наибольшее распространение получили индукционные, высоковольтные и радиоактивные нейтрализаторы. Существуют также лучевые и аэродинамические нейтрализаторы.

Уменьшить электризацию можно изменением технологического процесса; релаксацией (ослаблением) электростатического заряда; устранением побочных источников генерирования зарядов, сопутствующих основному. Обеспечить безопасность технологических процессов при возникновении разрядов статического электричества можно заменой горючих сред негорючими, осуществлением технологических процессов при концентрациях горючих смесей, находящихся вне пределов воспламенения, разбавлением горючих смесей инертными газами, транспортировкой электризующихся материалов в потоке азота или другого негорючего газа и т. п.

§ 4. Молниезащита

Разряды атмосферного электричества (молнии) могут явиться причиной взрывов, пожаров, поражения людей. По данным статистики, около 7% пожаров возникает от разрядов молнии. Разрушительное действие прямого удара молнии (первичного проявления молнии) очень велико. Однако существует еще и вторичное проявление, которое заключается в том, что во время разряда молнии на изолированных от земли металлических предметах, вследствие электромагнитной и электростатической индукции, возникают электротоки высоких напряжений. Возможен перенос высоких потенциалов по проводам, через наземные или подземные металлические коммуникации. При

этом в местах разрыва электроцепи может возникнуть искрение, достаточное для воспламенения горючей среды.

Комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, называется *молниезащитой* и осуществляется в соответствии с «Инструкцией по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» (СН 305–77).

Существуют три категории устройства молниезащиты (I, II, III). Необходимость в молниезащите и ее категорию в каждом конкретном случае определяют в зависимости от интенсивности грозовой деятельности в местности расположения объекта, его пожаровзрывоопасности и назначения, а также ожидаемого количества поражений молнией в год. Интенсивность грозовой деятельности в данной местности может быть оценка по «Карте среднегодовой продолжительности гроз в грозо-часах на территории СССР» или по данным метеорологической службы.

По I категории должна осуществляться молниезащита промышленных зданий и сооружений с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II, расположенных в любом месте территории СССР.

По II категории — промышленных зданий и сооружений с зонами, относимыми к классам В-Ia, В-Iб и В-IIa, и расположенных в местности со средней грозовой деятельностью 10 и более часов в год. По этой же категории должна осуществляться молниезащита наружных технологических установок и открытых складов, относимых к классу В-Iг вне зависимости от места нахождения этих объектов на территории СССР. Молниезащита по этим категориям предусматривает защиту зданий и сооружений от прямых ударов молнии, от электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические конструкции и коммуникации.

По III категории должна осуществляться молниезащита многих других производственных, сельскохозяйственных, жилых и общественных зданий, сооружений и складов, дымовых труб, водонапорных и силосных башен, пожарных вышек и других с учетом их пожароопасности, степени огнестойкости, ожидаемого количества поражений молнией, времени средней грозовой деятельности в районе и ряда других факторов. Молниезащита должна обеспечивать защиту зданий и сооружений от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические конструкции и коммуникации.

Для защиты зданий и сооружений от прямых ударов мол-

нии служат *молниеотводы*, принимающие на себя разряд молнии и отводящие ток разряда в землю. Молниеотвод состоит из несущей части (опоры), молниеприемника, токоотвода (спуска) и заземлителя.

Применяют различные конструкции молниеотводов, наиболее распространенными из которых являются стержневой и тросовый. Они бывают отдельно стоящие или устанавливаемые на защищаемом объекте, в последнем случае они бывают изолированные или неизолированные от объекта. Молниеотводы бывают одиночные, двойные и многократные.

Стержневые молниеотводы представляют собой один, два или больше вертикальных стержней, устанавливаемых на защищаемом сооружении или вблизи его. *Тросовые* молниеотводы состоят из одного или двух горизонтальных тросов, каждый из которых закрепляется на двух опорах. По опорам прокладывают токоотвод, присоединенный к отдельному заземлителю; опоры устанавливают на защищаемом объекте или вблизи его. По архитектурным соображениям молниезащиту зданий иногда осуществляют наложением на кровлю металлической заземленной сетки.

Тип заземлителя выбирается исходя из удельного сопротивления грунта и требуемого импульсного сопротивления. Для заземлителей защиты от прямых ударов молнии заданное импульсное сопротивление R_n связано с предельно допускаемым сопротивлением R_0 растеканию тока промышленной частоты зависимостью (СН 305-77)

$$R_n = \alpha R_0,$$

где α — коэффициент импульса, зависящий от значения силы тока молнии, удельного сопротивления грунта и конструкции заземлителя.

Каждый молниеотвод имеет определенную зону защиты — часть пространства, внутри которого с достаточной степенью надежности обеспечивается защита здания или сооружения от прямых ударов молнии. Наименьшей по величине степенью надежности обладает поверхность зоны защиты; по мере продвижения внутрь зоны надежность защиты увеличивается.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой 150 м показана на рис. 37 и представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x . Зоны защиты

такого молниеотвода имеют следующие размеры:
зона А:

$$h_0 = 0,85h; r_0 = (1,1 - 0,002h)h;$$

$$r_x = (1,1 - 0,002h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right);$$

зона Б:

$$h_0 = 0,92h; r_0 = 1,5h; r_x = 1,5 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right).$$

Для зоны Б при известных величинах h_x и r_x высота одиночного стержневого молниеотвода может быть определена по выражению

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5.$$

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м показана на рис. 38. С учетом стрелы провеса при известной высоте опор $h_{оп}$ высота стального троса сечением 35...50 мм² при длине пролета $a < 120$ м равна $h = h_{оп} - 2$ м, а при $a = 120 \dots 150$ м — $h = h_{оп} - 3$ м.

Зоны защиты таких молниеотводов имеют следующие размеры:

зона А

$$h_0 = 0,85h; r_0 = (1,35 - 0,0025h)h; r_x =$$

$$= (1,35 - 0,0025 \cdot h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right);$$

зона Б

$$h_0 = 0,92h; r_0 = 1,7h; r_x = 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right).$$

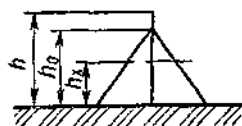


Рис. 37. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:

h — высота молниеотвода, h_0 — высота зоны защиты над землей, r_0 — радиус зоны защиты на уровне земли; r_x — радиус зоны защиты на высоте h_x над землей



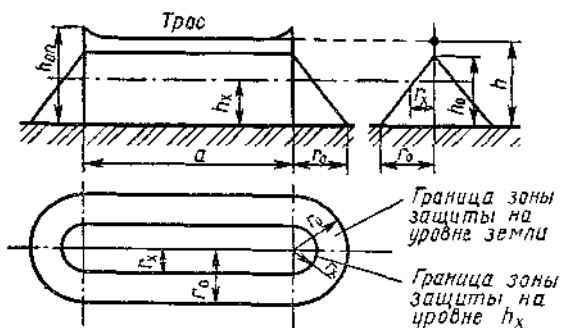


Рис. 38. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода:

$h_{оп}$ — высота опоры; h_0 — высота зоны защиты над землей; h — высота троса над землей в точке максимального провала; r_x — радиус зоны защиты на высоте h_x ; r_0 — радиус зоны защиты на уровне земли; a — расстояние между опорами

Для зоны Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных h_x и r_x определяется по выражению

$$h = (r_x + 1,85h_x)/1,7.$$

Наиболее сложным является устройство молниезащиты I категории. Молниеотводы должны быть обязательно изолированы от защищаемого сооружения или выполняться отдельно стоящими. Защита от электростатической индукции осуществляется присоединением металлических корпусов оборудования и конструкций к специальному заземлителю, обеспечивающему сопротивление растекаемому току не менее 10 Ом, или к защитному заземлению электрооборудования. Для защиты от электромагнитной индукции трубопроводы и другие протяженные металлические предметы в местах их взаимного сближения на 10 см и менее соединяют привариваемыми или припаевыми металлическими перемычками через каждые 20 м длины, что исключает возможность образования незамкнутых контуров. Кроме того, для предотвращения искрения при протекании тока в местах соединения трубопроводов и других протяженных металлических предметов обеспечивают хороший контакт с переходным электрическим сопротивлением не более 0,03 Ом на один контакт. Для защиты от заноса высоких потенциалов перед вводом в сооружение подземные металлические коммуникации присоединяют к заземлителям защиты от электростатической индукции или к защитному заземлению электрооборудования, а внешние наземные металлические кон-

струкции и коммуникации — к заземлителю защиты от электростатической индукции. Кроме того, на ближайших двух опорах от здания наземные коммуникации присоединяют к заземлителям с импульсным сопротивлением не более 10 Ом.

При II категории молниезащиты кроме отдельно стоящих или установленных на зданиях изолированных молниеотводов допускается использовать молниеприемную сетку, накладываемую на кровлю (неметаллическую или металлическую). Для этой категории импульсное сопротивление каждого заземлителя защиты от прямых ударов молнии (за некоторым исключением) не должно превышать для зданий и сооружений 10 Ом, а для наружных установок — 50 Ом. Для защиты от электростатической индукции специального заземления не делают, а используют систему защитного заземления электроустановок.

При молниезащите III категории импульсное сопротивление каждого заземлителя защиты от прямых ударов молнии (за исключением некоторых случаев) должно быть не более 20 Ом, а для труб, башен и вышек — не более 50 Ом. Защита от заноса высоких потенциалов осуществляется путем присоединения внешних наземных металлических конструкций и коммуникаций перед вводом в сооружение к заземлителю защиты от прямых ударов молнии или к защитному заземлению электрооборудования. Кроме того, на ближайшей к сооружению опоре нужно присоединять их к заземлителю с импульсным сопротивлением не более 20 Ом.

Глава 16

ПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

§ 1. Общие требования к системам пожарной защиты и взрывозащиты

Под системами пожарной защиты и взрывозащиты понимаются комплексы организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и взрыва, а также ограничение материального ущерба.

Пожарная защита и взрывозащита производственных объектов обеспечиваются: правильным выбором степени огнестойкости объекта и пределов огнестойкости отдельных элементов и конструкций; ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара; обваловкой и бункеров-

кой взрывоопасных участков производства или размещением их в защитных кабинах; применением систем активного подавления взрыва; применением легкобрасываемых конструкций в зданиях и сооружениях; применением систем противодымной защиты; обеспечением безопасной эвакуации людей; применением средств пожарной сигнализации, извещения и пожаротушения; организацией пожарной охраны объекта, газоспасательной и горноспасательной служб.

§ 2. Оценка пожарной опасности производства

Большое значение при осуществлении мер пожаро- и взрывобезопасности имеет оценка пожарной опасности производства.

Условия, возникающие при пожаре в производственных условиях, зависят от того, какие вещества используются, перерабатываются или хранятся в здании или сооружении. Для рационального проектирования зданий и сооружений необходимо прежде всего установить категорию пожарной опасности производства.

В соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП II-90—81) производственные здания и склады по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д, Е.

Категория А (взрывопожароопасные производства) включает производства, имеющие горючие газы с нижним концентрационным пределом воспламенения в воздухе 10% (объемных) и менее, жидкости с температурой вспышки до 28 °С включительно (если из указанных газов и жидкостей могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении), а также вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

К категории Б (взрывопожароопасные производства) относятся производства, имеющие горючие газы с нижним концентрационным пределом воспламенения в воздухе больше 10% (объемных); жидкости с температурой вспышки свыше 28 до 61 °С включительно; жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше: горючие пыли или волокна с нижним пределом воспламенения 65 г/м³ и меньше, если из указанных газов, жидкостей и пылей могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении.

Категория В (пожароопасные производства) — производства, имеющие жидкости с температурой вспышки свыше 61 °С; горючие пыли или волокна с нижним пределом воспла-

менения более 65 г/м^3 ; твердые сгораемые вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, воздухом или друг с другом только гореть.

Категория Г — это производства, имеющие несгораемые вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; твердые вещества, жидкости и газы, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относятся производства с непожароопасными технологическими процессами, где имеются несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии.

К категории Е (взрывоопасные производства) относятся производства, где имеются горючие газы без жидкой фазы и взрывоопасные пыли в таком количестве, при котором из них могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении, в котором по условиям технологического процесса возможен только взрыв (без последующего горения); вещества, способные взрываться (без последующего горения) при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

Категории производств по пожарной опасности в большой степени определяют требования к конструктивным и планировочным решениям зданий и сооружений, а также другим вопросам обеспечения пожаро- и взрывобезопасности. Категории принимаются по нормам технологического проектирования или по специальным перечням, утверждаемым министерствами (ведомствами). Руководством при этом могут служить «Указания по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности» (СН 463—74) и «Методика категорирования производств химической промышленности по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии со СНиП II-90—81».

§ 3. Огнестойкость зданий и сооружений

Условия развития пожара в зданиях и сооружениях во многом определяется степенью их огнестойкости. *Степенью огнестойкости* называется способность здания (сооружения) в целом сопротивляться разрушению при пожаре. Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на пять степеней (I, II, III, IV, V). Степень огнестойкости здания (сооружения) зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от пределов распространения огня по этим конструкциям.

По возгораемости строительные конструкции подразделяются на негораемые, трудногораемые и сгораемые. Несгораемыми являются строительные конструкции, выполненные из негораемых материалов. Трудногораемыми считаются конструкции, выполненные из трудногораемых материалов или из сгораемых материалов, защищенных от огня и высоких температур негораемыми материалами (например, прогнвопожарная дверь, выполненная из дерева и покрытая листовым асбестом и кровельной сталью).

Огнестойкость строительных конструкций характеризуется их *пределом огнестойкости*, под которым понимают время в часах, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, т. е. конструкция уже не может выполнять свои обычные эксплуатационные функции. Потеря несущей способности означает обрушение конструкции. Под потерей ограждающей способности понимается прогрев конструкции при пожаре до температур, превышение которых может вызвать самовоспламенение веществ, находящихся в смежных помещениях, или образование в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые могут проникать в соседние помещения продукты горения.

Пределы огнестойкости конструкций устанавливаются в основном опытным путем. Образец конструкции, выполненный в натуральную величину, помещают в специальную печь и одновременно подвергают воздействию необходимой нагрузки. Время от начала испытания до появления одного из признаков потери несущей или ограждающей способности и является пределом огнестойкости. Предельным прогревом конструкции считается повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем больше чем на 140°C или в какой-либо точке поверхности больше чем на 180°C по сравнению с температурой конструкции до испытания, или больше чем на 220°C независимо от температуры конструкции до испытания.

Наименьший предел огнестойкости имеют незащищенные металлические конструкции, а наибольший — железобетонные.

Требуемая степень огнестойкости производственных зданий промышленных предприятий зависит от пожарной опасности размещаемых в них производств, площади этажа между противопожарными стенами и этажности здания (см. СНиП II-90—81). Требуемая степень огнестойкости должна соответствовать фактической степени огнестойкости, которая определяется по таблицам СНиП II-2—80, содержащим сведения о пределах огнестойкости строительных конструкций и пределах распространения по ним огня.

Например, основные части зданий I и II степеней огнестойкости являются несгораемыми и различаются только пределами огнестойкости строительных конструкций. В зданиях I степени огнестойкости распространение огня по основным строительным конструкциям не допускается совсем, а в зданиях II степени максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, допускается только для внутренних несущих стен (перегородок). Основные части зданий V степени огнестойкости — сгораемые; пределы огнестойкости и пределы распространения огня для них не нормируются.

§ 4. Меры пожарной безопасности при строительном проектировании промышленных предприятий

Планирование территории. При составлении генерального плана предприятия вопросы санитарной и пожарной безопасности, технологической последовательности производства и экономической целесообразности решаются комплексно.

С точки зрения пожарной безопасности генеральные планы промышленных предприятий должны: обеспечивать необходимые безопасные расстояния от границ предприятия до соседнего предприятия, населенного пункта, полосы магистральных железных дорог и водных путей; предусматривать правильное зонирование зданий и сооружений с учетом их назначения и других признаков; удовлетворять требуемым противопожарным разрывам между зданиями и сооружениями.

Во многих случаях расстояния между промышленными предприятиями и населенными пунктами определяются необходимостью создания санитарно-защитных зон. Как правило, санитарно-защитные зоны по своим размерам превышают требуемые противопожарные разрывы.

При зонировании (группировании) зданий и сооружений промышленного предприятия выделяют здания и сооружения основного и вспомогательного производственного назначения, склады, здания административного, хозяйственного и обслуживающего назначения. При этом здания и сооружения повышенной пожарной опасности располагают с подветренной стороны, учитывая при этом направление и интенсивность ветров в теплый период года.

Для правильного определения противопожарных разрывов необходимо одновременно учитывать требования пожаробезопасности и производственные условия. В ряде случаев целесообразно применять минимально допустимые разрывы, обеспечивая безопасность надежными техническими средствами предупреждения или подавления пожара в его начальной стадии.

Противопожарные разрывы должны обеспечивать при пожарах такую интенсивность излучения на смежный объект, при которой исключается возможность его загорания в течение определенного времени, необходимого для введения в действие средств пожаротушения. Величина противопожарных разрывов между производственными зданиями и сооружениями нормируется СНиП II-89 – 80 в зависимости от огнестойкости здания и категории пожарной опасности размещенного в нем производства, а для складов – от пожаро- и взрывоопасности хранящихся веществ, емкости склада и его устройства (наземные, полуподземные, подземные).

При планировке предприятий требуется также обеспечить удобный подъезд пожарных автомобилей к зданиям. На предприятиях, где возможен разлив горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, полотно автомобильных дорог устраивают несколько выше окружающей территории.

Противопожарные преграды – это конструкции с нормируемым пределом огнестойкости, препятствующие распространению огня из одной части здания в другую. Основные требования к устройству противопожарных преград содержатся в СНиП II-2 – 80.

К числу общих противопожарных преград относят противопожарные стены, перегородки, перекрытия, а также противопожарные зоны и водяные завесы. Противопожарные преграды должны изготавливаться из негорючих материалов и иметь пределы огнестойкости не менее указанных в СНиП II-2 – 80. Например, минимальный предел огнестойкости противопожарных стен должен быть не менее 2,5 ч. Противопожарные стены возводят выше сгораемых перекрытий, а противопожарные перекрытия делают с выступами за плоскость сгораемых стен (рис. 39).

Дверные проемы в противопожарных стенах перекрывают противопожарными дверями, а оконные – противопожарными окнами.

Местные противопожарные преграды предназначаются для ограничения распространения пламени в начальной стадии развития пожара. К местным преградам относятся бортики, пороги, кюветы, обваловки (вокруг наземных резервуаров с горючими жидкостями), ограничивающие разлив жидкостей при авариях емкостей, производственных аппаратов и коммуникаций. Для ограничения распространения огня по строительным конструкциям и инженерным коммуникациям используются противопожарные пояса, диафрагмы, гребни.

Дымовые люки и шахты. При пожаре большую опасность представляют собой продукты горения (дым), содержащие от-

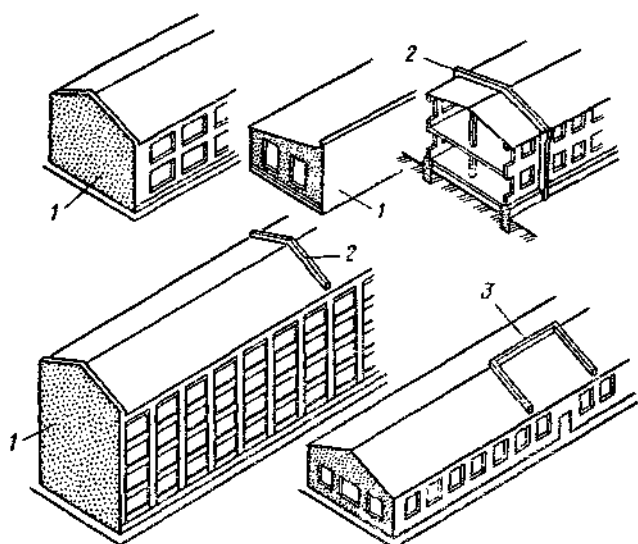


Рис. 39. Противопожарные стены:
1 — наружная; 2 — внутренняя; 3 — продольная и поперечные

равляющие, а иногда и взрывоопасные вещества. Для их удаления создаются дымовые люки, которые обеспечивают направленное удаление дыма, незадымляемость смежных помещений, облегчают обнаружение очага пожара.

Легкосбрасываемые конструкции. При взрыве в производственном помещении первоочередной задачей является снижение давления до безопасного для строительных конструкций уровня путем очень быстрого удаления продуктов горения. Для этого применяют легкосбрасываемые покрытия и перекрытия в зданиях и помещениях с производствами категорий А, Б и Е. Легкосбрасываемые ограждающие конструкции разрушаются при взрыве, в результате чего давление внутри здания уменьшается и основные несущие строительные конструкции не разрушаются.

Площадь легкосбрасываемых конструкций определяется в соответствии с «Инструкцией по определению площади легкосбрасываемых конструкций» (СН 502—77), а при отсутствии расчетных данных ее принимают не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объема помещений с производствами категорий А и Е и не менее $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объема помещений с производствами категории Б.

К легкобрасываемым ограждающим конструкциям относятся, например, оконное стекло толщиной 3, 4 и 5 мм и площадью соответственно (не менее) 0,8; 1 и 1,5 м².

Обеспечение безопасной эвакуации людей. Для того чтобы предотвратить воздействие на людей опасных факторов пожара, необходимо при проектировании зданий обеспечить людям возможность быстро покинуть здание.

В начальной стадии развития пожара опасность для человека создают высокие температуры, снижение концентрации кислорода и появление токсичных веществ в воздухе помещения, а также плохая видимость вследствие задымленности. Время от начала пожара до возникновения опасной для человека ситуации именуется *критической продолжительностью пожара*. Это время зависит от многих факторов.

На основе данных о критической продолжительности пожара с учетом коэффициента безопасности СНиП II-2-80 устанавливают необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$ из помещений зданий различного назначения.

Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости в зависимости от категории производства по пожарной опасности и объема помещения приведено в табл. 25.

Таблица 25

Категория производства	Необходимое время эвакуации $t_{нб}$, мин, при объеме помещения, тыс. м ³				
	до 15	30	40	50	60 и более
А, Б, Е	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75
В	1,25	2,00	2,00	2,50	3,00
Г, Д	Не ограничивается				

Если здание имеет другой объем, то $t_{нб}$ находят интерполяцией.

Для зданий IV степени огнестойкости приведенное в таблице время уменьшается на 30%, а для зданий V степени огнестойкости — на 50%.

Устройство путей эвакуации должно обеспечивать возможность всем людям покинуть здание через эвакуационные выходы за так называемое расчетное время эвакуации t_p , которое не должно превышать необходимое время эвакуации $t_{нб}$. Расчетное время эвакуации устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей. Методика расчета приведена в СНиП II-2-80.

Выходы считаются эвакуационными, если они ведут:
из помещений первого этажа непосредственно наружу или через вестибюль, коридор, лестничную клетку;

из помещений любого этажа, кроме первого, в коридор, ведущий на лестничную клетку, или на лестничную клетку, имеющую выход непосредственно наружу, или через вестибюль, отделенный от примыкающих коридоров перегородками с дверьми;

из помещения в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными выше.

Требования к устройству путей эвакуации и эвакуационных выходов из производственных зданий и помещений содержатся в СНиП II-2-80 и II-90-81. Количество эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа зданий принимается по расчету, но обычно должно быть не менее двух. Они должны располагаться рассредоточенно. Лифты и другие механические средства транспортирования людей не относятся к путям эвакуации.

Обычно в производственных зданиях протяженность путей эвакуации измеряют от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода. Протяженность путей эвакуации для производственных зданий промышленных предприятий регламентируется СНиП II-90-81 в зависимости от степени огнестойкости здания, его объема, категории пожарной опасности производства и плотности людского потока в общем проходе. Например, для производств категорий А, Б и Е, размещенных в зданиях I и II степеней огнестойкости объемом 15 тыс. м³, расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода не должно превышать 40 м при плотности людского потока до 1 чел/м² и соответственно 15 м — при плотности свыше 3 до 5 чел/м². Для производств категорий Г и Д, размещаемых в зданиях I, II, III степеней огнестойкости любого объема, это расстояние не ограничивается. Если же здание имеет, например, V степень огнестойкости, то расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода зависит от плотности людского потока в общем проходе, составляя при плотности до 1 чел/м²—120 м, свыше 1 до 3 чел/м²—70 м и свыше 3 до 5 чел/м²—50 м.

Обеспечение пожарной безопасности складов. Склады представляют большую опасность в отношении пожаров и взрывов. На складах обычно в больших количествах хранятся материальные ценности, многие из которых являются горючими и взрывоопасными веществами. Материальный ущерб от пожаров на складах, базах, в магазинах составляет по стране около

50% общего ущерба от пожаров. Опасность усугубляется еще тем, что на складах огонь распространяется очень быстро и до прибытия пожарной команды успевает захватить большие площади. Например, скорость распространения пламени по пиломатериалам составляет около 4 м/мин, а по разлившейся горючей жидкости — до 25 м/мин.

Склады по взрыво- и пожароопасности хранящихся в них веществ и материалов по аналогии с производственными зданиями подразделяются на категории: А, Б, В, Г, Д, Е.

Противопожарные требования, предъявляемые к складам, зависят от категории пожарной опасности и размеров складов. Различают крупные, так называемые базисные склады, обслуживающие группу промышленных предприятий, магазинов, учреждений и т. п., склады сырья, готовой продукции и промежуточные склады заводов и фабрик, которые обычно располагают на территории промышленного предприятия или даже в самих производственных зданиях.

Большое значение с противопожарной точки зрения имеет специализация складов — концентрация однородных материалов в пределах всего склада, отсека или секции. Все химические вещества по возможности их совместного хранения разбиты на шесть групп с подгруппами, указанными в табл. 26, там же указан вид помещения для хранения¹.

Для ограничения размеров пожара существенное значение имеют планировочные и конструктивные решения складов, организация пожарной охраны и их оснащение необходимыми средствами тушения и оповещения о пожаре. Все эти вопросы регламентируются соответствующими нормами. В частности, такие нормы и указания имеются для складов нефти и нефтепродуктов (СНиП II-106—79), складов сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений (СНиП II-108—78), складских зданий и сооружений общего назначения (СНиП II-104—76), складов лесных материалов (СН 473—75).

§ 5. Способы и средства тушения пожаров

В соответствии с условиями, необходимыми для возникновения и распространения горения, прекращение горения может быть достигнуто следующими методами: прекращением доступа в зону горения окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества, а также снижением их поступления до величин, при которых горение невозможно; охлаждением зоны горения ниже

¹ См.: Саушев В. С. Пожарная безопасность хранения химических веществ. М., 1982.

Таблица 26

Группа	Вещества	Группы веществ, с которыми не допускается совместное хранение	Способ хранения
I	Способные образовывать взрывчатые смеси: нитраты калия, кальция, натрия, перхлорат калия, бертолетова соль	IIa, IIб, IIв, III, IVa, IVб, V, VI	Изолированные отделения огнестойких складов
II	Сжатые и сжиженные газы: а) горючие и взрывоопасные газы — ацетилен, водород, блугаз, метан, аммиак, сероводород, хлорметил, оксид этилена, бутилен, бутан, пропан и др. б) инертные и негорючие газы — аргон, гелий, неон, азот, диоксид углерода, сернистый ангидрид в) газы, поддерживающие горение — кислород и воздух в сжатом и жидком состоянии	I, IIв, III, IVa, IVб, V, VI III, IVa, IVб, V, VI I, IIa, III, IVa, IVб, V, VI	Специальные огнестойкие склады или на открытом воздухе под навесом. Допускается совместное хранение с инертными и негорючими газами Изолированные отделения общих складских помещений То же
III	Самовозгорающиеся и самовоспламеняющиеся при воздействии с водой и воздухом: а) калий, натрий, кальций, карбидкальция, кальций фосфористый, натрий фосфористый, цинковая пыль, пероксид натрия, пероксид бария, алюминиевая пыль и пудра, никелевый катализатор типа Ренея и др., фосфор белый или желтый б) триэтилалюминий, диэтилалюминий хлорид, триизобутилалюминий	I, IIa, IIб, IIв, IVa, IVб, V, VI I, IIa, IIб, IIв, IIIa, IVa, V, VI, IVб	Изолированные отделения общих складских помещений (фосфор хранится отдельно под водой) Специальные огнестойкие склады
IV	Легковоспламеняющиеся и горючие: а) жидкости — бензин, бензол, сероуглерод, ацетон, скипидар, толуол, ксилол, амилацетат, легкие сырые нефти, лигроин, керосин, алкоголи (спирты), этиловый (серный) эфир, масла органические	I, IIa, IIб, IIв, III, IVб, V, VI	Специальные огнестойкие склады, погреба, землянки, резервуары, цистерны, металлические бочки

Группа	Вещества	Группы веществ, с которыми не допускается совместное хранение	Способ хранения
V	б) твердые — целлулонд, фосфор красный, нафталин, спички зажигательные Вызывающие воспламенение — бром, азотная и серная кислоты, хромовый ангидрид, калий марганцовокислый	I, IIa, IIb, III, IVa, V, VI I, IIa, IIb, III, IVa, V, VI	Изолированно от веществ прочих групп То же
VI	Легкогорючие: хлопок, сено, вата, джут, пенька, сера, торф, несвежеобожженный древесный уголь, сажа растительная и животная	I, IIa, IIb, IIb, III, IVa, IVb, V	»

температуры самовоспламенения или понижением температуры горящего вещества ниже температуры воспламенения; разбавлением горючих веществ негорючими; интенсивным торможением скорости химических реакций в пламени (ингибированием горения), механическим срывом (отрывом) пламени сильной струей газа или воды.

На этих принципиальных методах и основаны известные способы и приемы прекращения горения в условиях пожара.

Огнегасительные вещества

Основными огнегасительными веществами являются вода, химическая и воздушно-механическая пены, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, галоидоуглеродородные огнегасительные составы и сухие огнетушащие порошки.

Вода является наиболее распространенным средством тушения пожаров. Попадая в зону горения, вода нагревается и испаряется, поглощая большое количество теплоты. При испарении воды образуется большое количество пара (из одного литра воды образуется более 1700 л пара), который затрудняет доступ воздуха к очагу горения. Кроме того, сильная струя воды может сбить пламя, что облегчает тушение пожара. Вода используется в виде компактных и распыленных струй (размер капель более 100 мкм), в тонкораспыленном состоянии (размер капель < 100 мкм) и со смачивателями. В виде компактных и распыленных струй из лафетных стволов и ручных пожарных

стволов вода применяется для тушения большинства твердых горючих веществ и материалов, тяжелых нефтепродуктов, для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара. Тонкораспыленной водой эффективно тушатся твердые вещества и материалы, горючие и даже легковоспламеняющиеся жидкости. При таком тушении снижается расход воды, минимально увлажняются и портятся материалы, снижается температура в горящем помещении и осажается дым. Для тушения веществ, плохо смачиваемых водой (например, хлопка, торфа), в воду для понижения ее поверхностного натяжения вводят специальные смачиватели.

Для тушения легковоспламеняющихся жидкостей широко применяют огнегасительную пену. Пена представляет собой массу пузырьков газа, заключенных в тонкие оболочки жидкости. Растекаясь по поверхности горячей жидкости, пена изолирует очаг горения. На практике применяют два вида пены: химическую и воздушно-механическую.

Химическая пена получается при взаимодействии щелочного и кислотного растворов в присутствии пенообразователей. При этом образуется газ (диоксид углерода). Пузырьки газа обволакиваются водой с пенообразователем, в результате создается устойчивая пена, которая может долго оставаться на поверхности жидкости. Вещества, которые необходимы для получения диоксида углерода, применяются или в виде водных растворов, или сухих пенопорошков. Применение химической пены в практике пожаротушения сокращается, ее все больше вытесняет воздушно-механическая пена.

Воздушно-механическая пена представляет собой смесь воздуха (~90%), воды (~9,7%) и пенообразователя (~0,3%). Характеристикой пены является кратность — отношение объема полученной пены к объему исходных веществ. Пену обычной кратности (до 20) получают с помощью воздушно-пенных стволов, принцип действия которых основан на том, что вода под давлением 0,3...0,6 МПа, предварительно смешанная с пенообразователем, поступает в специальное устройство, обеспечивающее подсос воздуха. За последнее время в практике тушения пожаров находит применение высокократная пена (кратность свыше 200), значительно более объемная и дольше сохраняющаяся. Она получается в генераторах высокократной пены, где воздух не подсасывается, а нагнетается под некоторым давлением.

Водяной пар применяют для тушения пожаров в помещениях объемом до 500 м³ и небольших пожаров на открытых площадках и установках. Пар увлажняет горящие предметы и снижает концентрацию кислорода. Огнегасительная концеп-

трация водяного пара в воздухе составляет примерно 35% по объему.

Инертные и негорючие газы, главным образом диоксид углерода и азот, понижают концентрацию кислорода в очаге горения и тормозят интенсивность горения. Поскольку диоксид углерода восстанавливается щелочными и щелочноземельными металлами, его нельзя применять для их тушения. Инертные газы обычно применяют в сравнительно небольших по объему помещениях. Огнегасительная концентрация инертных газов при тушении в закрытом помещении составляет 31...36% к объему помещения.

Диоксид углерода является незаменимым средством для быстрого тушения небольших очагов пожара, а также благодаря своей неэлектропроводности — для тушения загоревшихся электродвигателей и других электротехнических установок. Он хранится в стальных баллонах в сжиженном состоянии под давлением. Вследствие расширения при выпуске диоксида углерода из баллона происходит сильное охлаждение и образуются белые хлопья твердого диоксида углерода. В очаге горения твердый диоксид углерода испаряется, понижая температуру горящего вещества и уменьшая концентрацию кислорода.

Водные растворы солей относятся к числу жидких огнегасительных средств. Применяются растворы бикарбоната натрия, хлоридов кальция и аммония, глауберовой соли, аммиачно-фосфорных солей и др. Соли, выпадая из водного раствора, образуют на поверхности горящего вещества изолирующие пленки, отнимающие теплоту. При разложении солей выделяются негорючие газы.

Огнегасительное действие галоидоуглеводородных огнегасительных составов основано на химическом торможении реакции горения (ингибировании). Они являются предельными углеводородами, у которых один или несколько атомов водорода замещены атомами галоидов (фтора, хлора, брома). Широкое применение для пожаротушения нашли: тетрафтордибромметан (хладон 114В2), бромистый метилен, трифторбромметан (хладон 13В1). Применяются также составы на основе бромистого этила (3,5; 4НД; 7; СЖБ; БФ). Цифры 3,5 и 7 означают, что эти составы в 3,5 и 7 раз эффективнее диоксида углерода. В последнее время применение составов на основе бромистого этила ограничивают в связи с тем, что сам бромистый этил и его смеси с некоторыми другими веществами указанных выше составов в определенных условиях могут гореть.

Галоидоуглеводородные составы имеют большую плотность, что повышает эффективность пожаротушения, а низкие

температуры замерзания позволяют использовать их при низких температурах воздуха.

Огнетушащие порошки представляют собой мелко измельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими их слеживанию и комкованию. Они обладают хорошей огнетушащей способностью, в несколько раз превышающей способность таких сильных ингибиторов горения, как галоидоуглеводороды, а также универсальностью применения, так как подавляют горение материалов, которые нельзя потушить водой и другими средствами (например, металлов и некоторых металлосодержащих соединений). Различают порошки общего и специального назначения. Основным компонентом состава ПСБ-3 является бикарбонат натрия; ПФ — диаммоний фосфат; П-1А — аммофос; СИ-2 — силикагель, насыщенный хлоридом (114В2) и др. Состав СИ-2 эффективно тушит некоторые пирофорные элементоорганические соединения.

Выбор огнегасительного вещества зависит от класса пожара. В настоящее время все пожары делят на пять классов — А, В, С, D, Е. В табл. 27 приведена классификация пожаров и рекомендуемые огнегасительные вещества¹.

Таблица 27

Класс пожара	Характеристика горючей среды или объекта	Огнетушащие средства
А	Обычные твердые горючие материалы (дерево, уголь, бумага, резина, текстиль и др.)	Все виды огнетушащих средств (прежде всего вода)
В	Горючие жидкости и плавающие при нагревании материалы (мазут, бензин, лаки, масла, спирты, стеарин, каучук, синтетические материалы)	Распыленная вода, все виды пен, составы на основе галоидалкилов, порошки
С	Горючие газы (водород, ацетилен, углеводороды и др.)	Газовые составы: инертные разбавители (CO ₂ , N ₂), галоидоуглеводороды, порошки, вода (для охлаждения)
D	Металлы и их сплавы (калий, натрий, алюминий, магниевый и др.)	Порошки (при спокойной подаче на горящую поверхность)
Е	Электроустановки, находящиеся под напряжением	Галоидоуглеводороды, диоксид углерода, порошки

¹ См.: Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. М., 1982.

Оборудование для тушения пожаров (пожарная техника)

Все виды пожарной техники, предназначенной для защиты объектов, подразделяются на следующие группы: пожарные машины (автомобили и мотопомпы); установки пожаротушения; огнетушители; средства пожарной и охранно-пожарной сигнализации; пожарные спасательные устройства; пожарный ручной инструмент; пожарный инвентарь (ГОСТ 12.4.009—75).

Каждое промышленное предприятие должно быть оснащено определенным количеством тех или иных видов пожарной техники в соответствии с общесоюзными или ведомственными нормами.

Места размещения каждого вида пожарной техники должны быть обозначены указательными знаками по ГОСТ 12.4.026—76. Подходы к огнетушителям и другому оборудованию, требующему ручного обслуживания, должны быть удобны и не загромождены. Для лучшей видимости элементы строительных конструкций (участки колонн и ограждений, пола) у мест расположения пожарной техники рекомендуется выделять красными полосами шириной 200...400 мм, а саму пожарную технику (огнетушители, пожарный инструмент и инвентарь, элементы установок пожаротушения и др.) окрашивать в красный цвет.

Для ликвидации небольших загораний на предприятиях используют первичные средства пожаротушения: пожарные стволы (водяные и воздушно-пенные), действующие от внутреннего противопожарного водопровода (внутренних пожарных кранов), огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла и другой пожарный инвентарь.

На производствах категорий А, Б, В и Е применяются стационарные установки пожаротушения, которые подразделяются на аэрозольные (галоидоуглеводородные), жидкостные, водяные (спринклерные и дренчерные), водяные с лафетными стволами, паровые, порошковые.

Под стационарными средствами пожаротушения подразумеваются такие, в которых все элементы смонтированы и постоянно находятся в готовности к действию. Такие установки могут быть автоматические или дистанционные. Автоматические установки при возникновении пожара приводятся в действие и при отсутствии в здании людей. Дистанционные установки приводятся в действие людьми.

Наибольшее распространение в настоящее время приобрели спринклерные установки, являющиеся автоматическими установками пожаротушения распыленной водой (рис. 40). Они представляют собой сеть водопроводных труб, расположенных

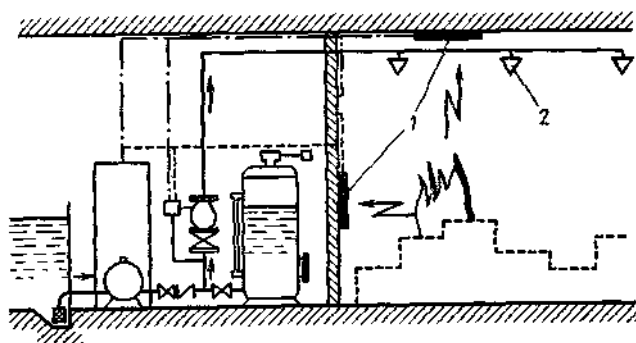


Рис. 40. Схема автоматической установки водяного пожаротушения:

1 — извещатель, 2 — ороситель

под перекрытием. В трубах постоянно находится вода (в неотапливаемых помещениях — воздух) под давлением и вмонтированы оросительные головки (спринклеры), их число выбирают из условия орошения одним спринклером 9...12 м² площади пола (рис. 41, а). При обычных температурах воздуха в помещении отверстие в спринклерной головке, через которое выходит вода, закрыто легкоплавким замком — клапаном. При повышении температуры этот замок плавится и выбрасывается, вода поступает в головку, ударяется о розетку и разбрызгивается. Температура плавления припоя замка около 72 °С. Существуют замки и с другими температурами плавления припоя (93, 141, 182 °С). Спринклерная система обеспечивает подачу воды непосредственно в очаг пожара. Как только при пожаре вскрывается хотя бы один спринклер, специальный контрольный сигнальный клапан подает сигнал тревоги.

В спринклерных установках вскрываются лишь головки, оказавшиеся в зоне высокой температуры, кроме того, спринклеры обладают сравнительно большой инерционностью — вскрываются через 2...3 мин после повышения температуры в помещении. Иногда такая инерционность неприемлема и целесообразно подавать воду сразу на всю площадь помеще-

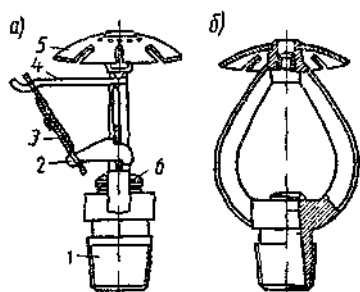


Рис. 41. Оросители водяные:

а — спринклер ОВС, б — дренчер ОВД; 1 — насадок; 2, 4 — рычаги; 3 — легкоплавкий замок; 5 — розетка; 6 — клапан

ния. В таких случаях применяют дренчерные установки группового действия. В них вместо спринклерных головок установлены дренчеры — открытые оросительные головки без замков (рис. 41, б). В обычное время выход воды в сеть закрыт клапаном группового действия. Клапан открывается автоматически или вручную, при этом также подается сигнал тревоги. Кроме водяных имеются пенные спринклерные и дренчерные установки. Для соединения воздушно-механической пены они оборудуются специальными оросителями и генераторами.

На предприятиях находят применение и другие стационарные установки пожаротушения — паровые, воздушно-пенные, автоматические установки объемного (газового) тушения. Последние с успехом применяются для тушения пожаров в небольших закрытых помещениях.

Находят применение установки для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах методом перемешивания. Этот метод можно применять, если температура горючей жидкости ниже температуры вспышки ее паров не менее чем на 5°C. При этом в нижнюю часть резервуара подается сжатый воздух, который перемешивает продукт, охлаждая его. При тушении пожаров в резервуарных парках применяют установки, представляющие собой размещаемые на резервуарах пенно-сливные камеры разных конструкций. Для приведения этих установок в действие необходимо выполнить ряд манипуляций, например присоединить рукав и т. п.

Огнетушители предназначены для тушения загораний и пожаров в начальной стадии их развития. По виду огнетушительных веществ их подразделяют на воздушно-пенные, химические пенные, жидкостные, углекислотные, аэрозольные и порошковые. В зависимости от объема огнетушители бывают малолитражные (до 5 л); промышленные ручные (до 10 л); передвижные (более 10 л). Огнетушители маркируются буквами, характеризующими вид огнетушителя и одной — тремя цифрами, обозначающими его вместимость.

Наиболее распространены химические пенные огнетушители ОХП-10, ОП-М и ОП-9ММ. Огнетушитель ОХП-10 (рис. 42) представляет собой стальной сосуд объемом около 10 л с горловиной, закрытой крышкой с запорным устройством. Запорное устройство, имеющее шток, пружину и резиновый клапан, предназначено для того, чтобы закрывать вставленный внутрь огнетушителя полиэтиленовый стакан для кислотной части заряда огнетушителя. На горловине сосуда имеется насадка с отверстием (спрыск). Отверстие закрыто мембраной, которая предотвращает вытекание жидкости из огнетушителя. Мембрана разрывается (вскрывается) при давлении 0,08...0,14 МПа.

В корпусе огнетушителя находится щелочная часть заряда — водный раствор двууглекислой соды (бикарбоната натрия) с небольшой добавкой пенообразователя. Кислотная часть является смесью серной кислоты с сульфатом железа (III) и сульфатом алюминия. Для приведения огнетушителя в действие поворачивают ручку запорного устройства на 180°, переворачивают огнетушитель вверх дном и направляют струей в очаг загорания. При повороте ручки открывается кислотный стакан, кислотная и щелочная части заряда смешиваются, в результате их взаимодействия образуется углекислый газ (диоксид углерода), который интенсивно перемешивает жидкость, образуя пену. Давление в корпусе огнетушителя повышается и пена выбрасывается через струйку наружу. Перед использованием огнетушителя необходимо прочистить струйку прикреплённой к огнетушителю шпилькой.

Выпускаются также густопенный химический (ОП-М) и химический воздушно-пенный (ОХВП-10) огнетушители.

Воздушно-пенные огнетушители бывают ручные (ОВП-5 и ОВП-10) и стационарные (ОВП-100 и ОВПУ-250). Зарядом в них является 6%-ый водный раствор пенообразователя

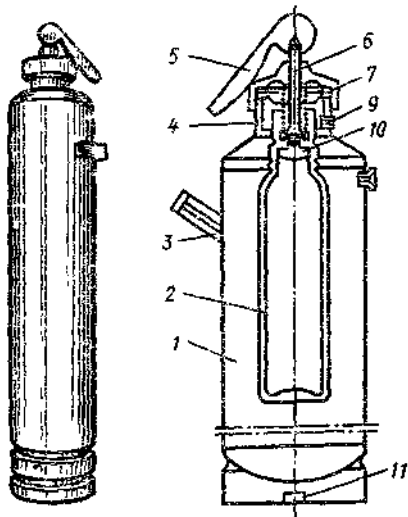


Рис. 42. Огнетушитель химический пенный ОХВП-10:

1 — корпус; 2 — кислотный стакан; 3 — боковая ручка; 4 — горловина; 5 — рукоятка; 6 — шток; 7 — крышка; 8 — струйка; 9 — клапан; 10 — предохранитель; 11 — нижняя ручка

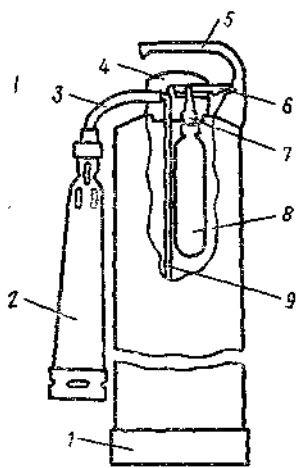


Рис. 43. Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП):

1 — корпус; 2 — пенный насадок; 3 — трубка; 4 — крышка; 5 — рукоятка; 6 — пусковой рычаг; 7 — шток; 8 — баллончик со сжатым воздухом; 9 — сифонная трубка

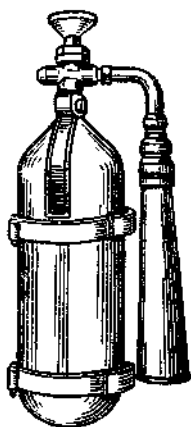


Рис. 44. Огнетушитель углекислотный ОУ-2

ска воздуха), а также электроустановок под напряжением до 10 кВ.

Диоксид углерода находится в баллонах огнетушителей в жидком виде под давлением 6 МПа (ручные) и 15 МПа (пере-

ПО-1. Давление в корпусе огнетушителей создается сжатым диоксидом углерода, находящимся в специальных баллонах, расположенных внутри (или снаружи) огнетушителей. Воздушно-механическая пена образуется в растребе, где раствор, выходящий из корпуса, перемешивается с воздухом. На рис. 43 показан ручной огнетушитель ОВП-10.

СО₂-огнетушители служат для тушения загораний диоксидом углерода в газообразном или твердом (снегообразном) виде. Промышленность выпускает углекислотные огнетушители в ручном (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) и транспортном (ОУ-25, ОУ-80, ОУ-400) вариантах. Эти огнетушители предназначены для тушения различных веществ (кроме способных гореть без допуска воздуха), а также электроустановок под напряжением до 10 кВ.

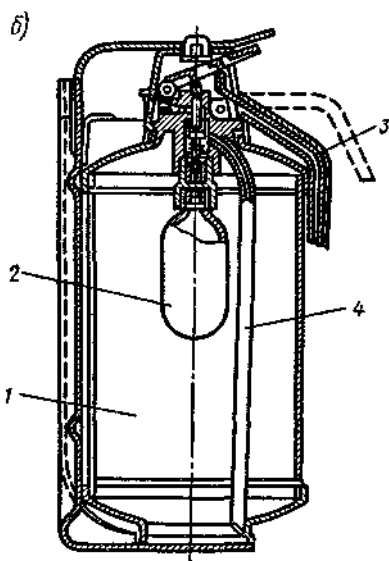
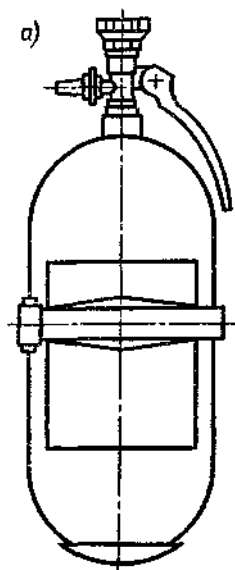


Рис. 45. Огнетушители углекислотно-бромэтиловый и аэрозольный: а — ОУБ-3; б — ОА-3; 1 — корпус; 2 — баллончик; 3 — рукоятка; 4 — сифонная трубка

движные). Для получения твердого диоксида углерода огнетушители оборудуют специальными раструбами. Для приведения в действие огнетушителя его раструб направляют на очаг горения и нажимают курок затвора. Ручные огнетушители нельзя держать в горизонтальном положении и переворачивать вверх дном. На рис. 44 показан огнетушитель ОУ-2.

Углекислотно-бромэтиловые огнетушители ОУБ-3 и ОУБ-7 содержат заряд, состоящий из 97 % бромистого этила, 3 % сжиженного диоксида углерода и сжатого воздуха, вводимого в огнетушители для создания рабочего давления, равного 0,9 МПа. На рис. 45, а, б показано устройство огнетушителя ОУБ-3.

Порошковые огнетушители получают все большее распространение. Они выпускаются типов: ОП-1 «Мрмент», ОП-2А, ОП-10А, ОПС-10, ОП-100, ОППС-10, ОП-250, СП-120.

Порошковый ручной огнетушитель ОП-10 служит для тушения небольших загораний щелочных металлов (натрия, калия), древесины, пластмассы и др. Для создания давления в корпусе и выталкивания порошка служит сжатый газ (азот, диоксид углерода, воздух), находящийся в небольшом специальном баллончике под давлением 15 МПа. Огнетушитель ОПС-10 (рис. 46) отличается только составом порошка, служащего для тушения металлоорганических соединений и гидридов металлов, и приспособлением для подачи порошка.

Кроме описанных существует много других видов огнетушителей. Например, огнетушитель аэрозольный хладоновый (ОАХ-0,5), огнетушители хладоновые (ОХ-3 и ОХ-7), огнетушители жидкостные (ОЖ-5 и ОЖ-10), огнетушители автоматические (УАП-А5, УАП-А8, УАП-А16) и др.

§ 6. Средства извещения и сигнализации о пожаре

Для успешного тушения пожаров решающее значение имеет быстрое обнаружение пожара и своевременный вызов пожарных подразделений к месту пожара. Каждый объект народ-

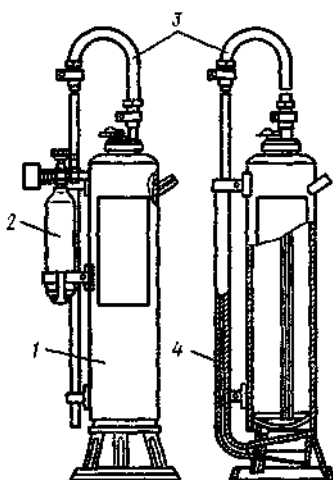


Рис. 46. Огнетушитель порошковый ОПС-10:

1 — сосуд с порошком; 2 — баллончик; 3 — шланг; 4 — насадок

ного хозяйства должен быть обеспечен надежными средствами извещения или сигнализации о пожаре.

В связь извещения о пожаре входит городская и местная телефонная связь, специальная пожарная телефонная связь с наиболее важными объектами и электрическая пожарная сигнализация. Различные системы электрической пожарной сигнализации (ЭПС) предназначены для обнаружения самой начальной стадии пожара (загорания) и сообщения о месте его возникновения. ЭПС делятся на пожарную и охранно-пожарную, основными элементами которой являются: пожарные извещатели, приемные станции, линии связи, источники питания, звуковые или световые сигнальные устройства.

Пожарные извещатели бывают ручного и автоматического действия; последние делятся на тепловые, дымовые, световые и комбинированные. Тепловые извещатели срабатывают при повышении температуры окружающей среды. Их чувствительными элементами являются биметаллические пластинки или спирали, пружинящие пластинки со спаянными легкоплавким припоем концами, терморезисторы (полупроводниковые сопротивления), термпары и др. К ним относятся извещатели АТП-3В, АТИМ-1, АТИМ-3, ДТЛ, ДПС-038, ПОСТ-1 и др.¹

В извещателях, реагирующих на дым, чувствительным элементом являются фотоэлементы или ионизационные камеры с радиоактивными веществами. Дым, попадая в ионизационную камеру, уменьшает степень ионизации воздуха, что приводит в конечном счете к срабатыванию исполнительного реле приемной станции. В извещателе РИД-1, например, используется радиоактивный элемент плутоний-239. К дымовым фотоэлектрическим извещателям относится извещатель ИДФ-1.

Комбинированные извещатели имеют ионизационную камеру и терморезисторы. Комбинированный извещатель КИ-1 показан на рис. 47, а, б.

В световых извещателях используется явление фотоэффекта. Фотоэлемент реагирует на ультрафиолетовую или инфракрасную часть спектра пламени. К таким извещателям относятся СИ-1, АИП-М, ДПИД и др.

Ультразвуковой датчик ДУЗ-4 служит для обнаружения в закрытых помещениях движущихся объектов (колеблющееся пламя, идущий человек и т. п.).

Пожарные извещатели ручного действия бывают кнопочные и кодовые, последние имеют более сложное устройство, обеспечивающее передачу заранее обусловленного кода. Кнопочные

¹ См.: Федоров Н. В., Козловский Г. Я., Матросов А. А. Связь в пожарной охране. М., 1976.

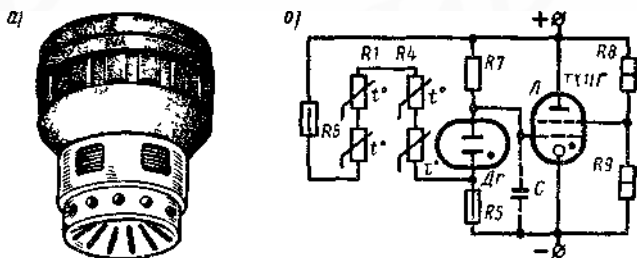


Рис 47 Извещатель КИ-1

а — общий вид, б — схема

извещатели в основном применяют для дублирования автоматических извещателей. Они устанавливаются как внутри, так и вне зданий при температуре воздуха от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$.

Для приема сигналов от ручных и автоматических извещателей предназначены приемные станции пожарной сигнализации. Широко используются на предприятиях два типа станций: ТОЛ-10/100 (тревожная, оптическая, лучевая) и концентратор «Комар-сигнал 12АМ». В системах охранно-пожарной сигнализации применяются приемные станции ТЛО-20/30-2М, концентраторы «Сигнал-12», «Сирень-2М» и др.

Установка типа ФЭУП (фотоэлектрическое устройство для охраны помещений) работает за счет преобразования инфракрасного излучения в электрическую энергию. Охрана объекта достигается путем создания невидимого инфракрасного луча вдоль заданного направления и выдачи сигнала тревоги, если происходит ослабление луча в результате задымления или он пересекается движущимся объектом.

Необходимо следить за исправностью извещателей. Например, тепловые извещатели проверяют не реже одного раза в год с помощью переносного источника теплоты (электролампы мощностью 150 Вт с рефлектором). Дымовые и комбинированные извещатели проверяют не реже одного раза в месяц переносными источниками дыма и теплоты. Световые извещатели проверяют пламенем свечи или спички.

§ 7. Организация пожарной охраны предприятия

Ответственность за пожарную безопасность предприятия возлагается на руководителей предприятия. Руководители предприятия обязаны назначить приказом должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность отдельных объектов

(цехов, участков, установок, лабораторий, складов и т. п.). Фамилии этих лиц должны быть вывешены на видных местах.

В обязанности руководителей предприятий входит: организация пожарной охраны объекта, организация обучения рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, разработка перспективных планов внедрения средств пожаротушения и мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности предприятия; разработка инструкции о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, а также инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникшем пожаре; изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности и т. п.

В помощь пожарной охране на каждом предприятии организуются добровольные пожарные дружины (ДПД) и пожарнотехнические комиссии. В состав пожарнотехнической комиссии, назначаемой приказом руководителя предприятия, входят: главный инженер (председатель), начальник пожарной охраны, главный энергетик, главный технолог, главный механик, инженер по охране труда и другие специалисты. Задачами пожарнотехнической комиссии являются выявление нарушений и недостатков технологических процессов, которые могут привести к возникновению пожаров, и разработка мероприятий по их устранению; содействие органам пожарного надзора в их работе; создание строгого противопожарного режима; организация массовой разъяснительной работы среди персонала.

Государственный пожарный надзор. В целях поддержания высокого уровня пожарной безопасности в нашей стране организован Государственный пожарный надзор, который осуществляется Главным управлением пожарной охраны Министерства внутренних дел СССР, управлениями (отделами) пожарной охраны министерств внутренних дел союзных и автономных республик и управлениями внутренних дел исполнительных комитетов окружных, городских, районных Советов народных депутатов.

Основными задачами органов государственного пожарного надзора являются: совершенствование работы по предотвращению пожаров и обеспечению пожарной безопасности городов, других населенных пунктов и объектов народного хозяйства, повышение эффективности борьбы с пожарами, осуществление контроля за выполнением пожарнотехнических мероприятий и установленных требований пожарной безопасности.

§ 8. Определение экономической эффективности мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности промышленных объектов

Пожары наносят обществу большой материальный ущерб и часто приводят к гибели людей. Поэтому практически все мероприятия, направленные на повышение уровня пожарной безопасности промышленных объектов, имеют большой социальный и экономический эффект. Подсчет экономической эффективности пожарно-профилактических мероприятий производится по разработанной Всесоюзным научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО) МВД СССР «Инструкции по определению экономической эффективности новой пожарной техники, пожарно-профилактических мероприятий, изобретений и рационализаторских предложений в области пожарной защиты» (1980 г.), которая устанавливает единые методические принципы определения экономической эффективности новых технических решений в области пожарной защиты.

Под пожарно-профилактическими мероприятиями понимается комплекс организационных мероприятий и технических средств (в дальнейшем — технических решений), направленных на уменьшение возможности возникновения пожара или на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

Определение годового экономического эффекта основано на сопоставлении приведенных затрат по базовому и новому техническим решениям.

Приведенные затраты представляют собой сумму текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности:

$$Z = C + KE_n,$$

где Z — приведенные затраты на единицу продукции (работ), руб.; C — себестоимость единицы продукции (работ), руб.; K — удельные капитальные вложения, руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Годовой экономический эффект определяется по выражению

$$\begin{aligned} \Theta = & \left[3_1 \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \right. \\ & \left. + \frac{(I_1 - I_2) - E_n(K'_2 - K'_1) + (\Pi_1 - \Pi_2)}{P_2 + E_n} - 3_2 \right] A_2, \end{aligned}$$

где Z_1 и Z_2 — приведенные затраты на единицу продукции (работ) по базовому и новому вариантам (если, например, в качестве базового варианта принимается объект без пожарной защиты, то $Z_1 = 0$); P_1 и P_2 — доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) базового и нового технического решения (они рассчитываются как величины, обратные срокам службы технических решений, определяемых с учетом их морального износа); I_1 и I_2 — годовые эксплуатационные издержки при использовании сравниваемых вариантов технического решения; Π_1 и Π_2 — годовые потери народного хозяйства по базовому и новому вариантам; K_1 и K_2 — сопутствующие капитальные вложения по сравниваемым вариантам; A_2 — объем внедрения — условная единица; *единицей* внедрения может быть здание, мероприятие, объект, защищаемая площадь или объем.

Потери народного хозяйства базового варианта определяются следующим образом:

$$\Pi_1 = (\Pi_{пр} - \Pi_{кос})f + \Pi_{гг}f_{гг}$$

где $\Pi_{пр}$ — годовые прямые потери от одного пожара, руб.; $\Pi_{кос}$ — годовые косвенные потери, руб.; $\Pi_{гг}$ — годовые потери от гибели людей или получения ими телесных повреждений, руб.; f — вероятность возникновения пожара (определяется по «Методике определения вероятности возникновения пожара в пожароопасном узле (элементе) объекта» ВНИИПО МВД СССР); $f_{гг}$ — вероятность гибели людей.

Под прямыми потерями понимается сумма материального ущерба, причиненного пожаром. Состав и порядок определения прямого ущерба изложены в «Инструкции по учету пожаров (загораний) и определению материального ущерба», утвержденной МВД СССР 6 февраля 1979 г.

Для базового варианта прямые потери определяются по фактически причиненному материальному ущербу за период не менее чем в 5 лет.

В состав косвенных потерь $\Pi_{кос}$ включаются: заработная плата рабочим за время простоя; доплата рабочим высшей квалификации, привлеченным для ликвидации последствий пожара; оплата демонтажных работ и работ по расчистке и уборке строительных конструкций; потери от снижения прибыли из-за недовыпуска продукции; потери части условно-постоянных расходов (цеховые и общезаводские расходы); оплата штрафов за недоставку продукции; капитальные вложения на восстановление основных фондов.

В случае гибели людей или получения ими телесных повреждений в народнохозяйственные потери включаются: выплата

пенсий и пособий в случае потери кормильца; выплата пособий пострадавшим при пожаре; стоимость клинического или санаторно-курортного лечения; оплата по временной нетрудоспособности.

Для нового варианта потери народного хозяйства Π_2 определяется по выражению

$$\Pi_2 = \Pi_1 / K_k,$$

где K_k — коэффициент качества пожарно-профилактических мероприятий, который подсчитывается по выражению

$$K_k = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{n_q},$$

где q_1 — относительный показатель, учитывающий степень огнестойкости конструкции, сооружения; $q_1 = C_{02}/C_{01}$, где C_{01} и C_{02} — степень огнестойкости конструкции (здания, сооружения) базового и нового вариантов, мин; q_2 — относительный показатель, учитывающий площадь горения;

$$q_2 = \Pi_{гор1} / \Pi_{гор2},$$

где $\Pi_{гор1}$ и $\Pi_{гор2}$ — площадь горения базового и нового вариантов, m^2 ; q_3 — относительный показатель, учитывающий время свободного горения; $q_3 = C_{т1}/C_{т2}$, где $C_{т1}$ и $C_{т2}$ — время свободного горения базового и нового вариантов, мин; q_4 — относительный показатель, учитывающий расход огнетушащего средства; $q_4 = P_{ос1}/P_{ос2}$, где $P_{ос1}$ и $P_{ос2}$ — расход огнетушащего средства при тушении базового и нового вариантов, $kg/(m^2 \cdot c)$; n_q — число относительных показателей.

При невозможности приведения вариантов в сопоставимый вид экономический эффект от внедрения пожарно-профилактических мероприятий определяется по выражению

$$\Xi = (\Pi_1 - E_n K) A_2.$$

Пример расчета ожидаемого экономического эффекта от разработки и внедрения рекомендаций по пожарной защите объекта.

Разработка и внедрение установки порошкового пожаротушения УСП-500 дает возможность уменьшить вероятность возникновения пожара и размер материального ущерба. В качестве базового варианта принимается объект без пожарной защиты.

1. *Исходные данные:*

Таблица 28

№ п/п	Наименование показателей	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя		Источник получения данных	
				базовый вариант	новый вариант	базовый вариант	новый вариант
1	Балансовая стоимость оборудования установки	C_b	руб.	—	3000	—	Данные проекта
2	Себестоимость установки УСП-500	C_y	»	—	2637	—	То же
3	Количество установок УСП-500 в системе пожарной защиты	n	шт.	—	3	—	»
4	Срок службы установки УСП-500	$T_{сл}$	год	—	8	—	»
5	Доля отчислений на реновацию	P	—	—	0,0874	—	Методика (основные положения) по определению экономической эффективности новой техники (1977 г.)
6	Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	—	—	0,15	—	То же
7	Масса огнетушащего порошка ПСБ-3	$M_{ос}$	кг	—	500	—	Данные проекта
8	Цена 1 т огнетушащего порошка ПСБ-3	$C_{ос}$	руб.	—	300	—	Прейскурант 05-01
9	Норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт	$A_{кр}$	%	—	4,1	—	Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства
10	Отчисления на текущий ремонт и техническое обслуживание	α_c	%	—	4,5	—	Данные проекта

№ п/п	Наименование показателей	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя		Источник получения данных	
				базовый вариант	новый вариант	базовый вариант	новый вариант
11	Предпроизводственные затраты	K_n	руб.	—	48 285	—	Данные ПФО ВНИИПО Данные объекта То же
12	Прямые потери от пожара	Π	руб.	228 000	—	—	
13	Вероятность возникновения пожара	f	—	0,125	—	—	
14	Степень огнестойкости	C_0	мин	100	100	—	»
15	Площадь горения	$\Pi_{гор}$	м ²	68	10	—	»
16	Время свободного горения	C_T	мин	32	16	—	»
17	Расход огнетушащего средства	$P_{ос}$	кг/ (м ² ·с)	2,0	0,9	—	»

2. Определение приведенных затрат производится по выражению

$$Z = C + E_n K;$$

по базовому варианту:

$$Z_1 = 0 \text{ (базовый вариант без пожарной защиты);}$$

по новому варианту:

$$Z_2 = C_2 + E_n K_2;$$

где C_2 — себестоимость пожарной защиты объекта;

$$C_2 = C_{ул} \cdot C_2 = 2637 \cdot 3 = 7911 \text{ руб.}$$

В удельные капитальные вложения нового варианта входят предпроизводственные затраты:

$$K_2 = 3000 \cdot 3 + 48 285 = 57 285 \text{ руб.};$$

$$Z_2 = 7911 + 0,15 \cdot 57 285 = 16 503 \text{ руб.}$$

3. Определение текущих затрат производится по выражению:

$$И = S_m + S_{кр} + S_3;$$

$I_1 = 0$ (базовый вариант пожарной защиты отсутствует). По новому варианту:

$$I_2 = (S_{\text{м2}} + S_{\text{кр2}} + S_{\text{2}})n,$$

где $S_{\text{кр2}}$ — затраты на капитальный ремонт;

$$S_{\text{кр2}} = \frac{\text{Ц}_{62} \cdot A_{\text{кр}}}{100} = \frac{3000 \cdot 4,1}{100} = 123 \text{ руб.},$$

где Ц_{62} — расчетно-балансовая стоимость, руб.; $A_{\text{кр}}$ — отчисления на капитальный ремонт, %; S_{2} — эксплуатационные затраты, в них входят затраты на текущий ремонт, которые определяются по формуле

$$S_{\text{2}} = S_{\text{гр2}} = \frac{\text{Ц}_{62} \alpha_c}{100} = \frac{3000 \cdot 4,5}{100} = 135 \text{ руб.}$$

$S_{\text{м2}}$ — затраты на материалы (огнетушащие средства), они определяются по формуле

$$S_{\text{м2}} = \text{Ц}_{\text{ос}} M_{\text{ос}} = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ руб.}$$

$$I_2 = (150 + 123 + 135)3 = 1224 \text{ руб.}$$

6. Коэффициент качества пожарно-профилактических мероприятий определяется по выражению

$$K_x = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{n_q},$$

где n_q — число относительных показателей. Относительные показатели q_1, q_2, q_3, q_4 определяются по формулам:

$$q_1 = C_{02}/C_{01} = \frac{100}{100} = 1,0;$$

$$q_2 = \frac{I}{\Pi_{\text{гор1}}/\Pi_{\text{гор2}}} = \frac{68}{10} = 6,8;$$

$$K_x = \frac{1,0 + 6,8 + 2,0 + 2,2}{4} = 3,0;$$

$$q_3 = C_{т1}/C_{т2} = 32/16 = 2,0;$$

$$q_4 = P_{\text{ос1}}/P_{\text{ос2}} = 2,0/0,9 = 2,2.$$

7. *Определение народнохозяйственных потерь производится по формуле*

$$\Pi_1 = (\Pi_{\text{пр}} + \Pi_{\text{кос}})f + \Pi_{\text{рт}}f_{\text{г}};$$

по базовому варианту:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= (228\,000 + 0)0,125 + 0 \cdot 0,0001 = 28\,500 \text{ руб.}; \\ f &= 0,125 \text{ (1 пожар за 8 лет);} \end{aligned}$$

по новому варианту народнохозяйственные потери определяются по формуле

$$\Pi_2 = \Pi_1 \frac{1}{K_k} = 28\,500 \cdot \frac{1}{3} = 9\,500 \text{ руб.}$$

8. *Определение ожидаемого экономического эффекта производится по формуле*

$$\begin{aligned} \Theta &= \left[3_1 \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(И_1 - И_2) - E_n(K_2' - K_1') + (\Pi_1 - \Pi_2)}{P_2 + E_n} - \right. \\ &\quad \left. - 3_2 \right] A_2 = \\ &= \left[0 \cdot \frac{0}{0,0874 + 0,15} + \frac{(0 - 1224) - 0,15(0 - 0) + (28\,500 - 9\,500)}{0,0874 + 0,15} - \right. \\ &\quad \left. - 16503 \right] 1,0 = \frac{-1224 + 28\,500 - 9\,500}{0,23} - 16\,503 = 60\,784 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Расчет показывает, что разработка и внедрение на предприятии установок порошкового пожаротушения экономически эффективны.

ЛИТЕРАТУРА

- Бринза В. Н., Зиньковский М. М.* Охрана труда в черной металлургии. М., 1982.
- Кельберт Д. Л.* Охрана труда в текстильной промышленности. М., 1977.
- Кушелев В. П., Орлов Г. Г., Сорокин Ю. Г.* Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М., 1983.
- Макушин В. Г.* Совершенствование условий труда на промышленных предприятиях. М., 1981.
- Никитин Л. И.* Охрана труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности. М., 1977.
- Орлов Г. Г.* Охрана труда в строительстве. М., 1984.
- Охрана труда в авиационной промышленности/Под ред. Н. Н. Колотилова. М., 1973.
- Охрана труда в электроустановках/Под ред. Б. А. Князевского. М., 1983.
- Охрана труда в машиностроении/Под ред. Е. Я. Юдина и С. В. Белова. 2-е изд. М., 1983.
- Охрана труда в химической промышленности/Макаров Г. В., Стрельчук Н. А., Кушелев В. П. и др. М., 1977.
- Панов Г. Е.* Охрана труда при разработке нефтяных и газовых месторождений. М., 1982.
- Полтев М. К.* Охрана труда в машиностроении. М., 1980.
- Справочник по гигиене труда/Под ред. Б. Д. Карпова, В. Е. Ковшило. Л., 1979.
- Теория управления социалистическим производством/Под ред. О. В. Козловой. М., 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5

Раздел первый

Социально-экономические, правовые и организационные вопросы охраны труда	9
--	---

Глава 1. Задачи и значение охраны труда в СССР	9
--	---

§ 1. Охрана труда в СССР и капиталистических странах	9
§ 2. Развитие охраны труда в СССР	12
§ 3. Научно-технический прогресс и охрана труда	15
§ 4. Международное сотрудничество в области охраны труда	19

Глава 2. Условия труда	20
----------------------------------	----

§ 1. Факторы, воздействующие на формирование условий труда	20
§ 2. Опасные и вредные производственные факторы	22
§ 3. Категории тяжести труда	4

Глава 3. Травматизм и заболеваемость на производстве	38
--	----

§ 1. Понятие о производственных травмах и профессиональных заболеваниях	38
§ 2. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве	39
§ 3. Порядок расследования и учета профессиональных отравлений и профессиональных заболеваний	45
§ 4. Относительные показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости	45
§ 5. Причины производственного травматизма и профессиональной заболеваемости	47
§ 6. Методы анализа травматизма	50

Глава 4. Правовые и нормативные основы охраны труда	54
---	----

§ 1. Основные законодательные акты	54
§ 2. Охрана труда женщин и молодежи	57

§ 3.	Ответственность за нарушение законодательства об охране труда	59
§ 4.	Нормативно-техническая документация по охране труда	61
§ 5.	Стандартизация в области охраны труда	63
Глава 5. Управление охраной труда		69
§ 1.	Сущность и содержание управления охраной труда	69
§ 2.	Планирование работ по охране труда	71
§ 3.	Организация, координация, учет и анализ как функции управления охраной труда	73
§ 4.	Контроль за состоянием охраны труда	75
§ 5.	Стимулирование работы по охране труда	79
§ 6.	Информация в системе управления охраной труда	81
§ 7.	Обучение работающих безопасности труда	82
Глава 6. Экономические вопросы охраны труда		86
§ 1.	Экономическое значение мероприятий по улучшению условий и охране труда	86
§ 2.	Показатели эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда	92
§ 3.	Затраты на мероприятия по улучшению условий и охране труда	95
§ 4.	Методы оценки социальной и социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда	99
§ 5.	Методы экономической оценки народнохозяйственных социальных результатов улучшения условий и охраны труда	101
§ 6.	Методы определения козрасчетного экономического результата мероприятий по улучшению условий и охране труда	107
§ 7.	Методы расчетов экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда	110
Раздел второй		
Основы производственной санитарии		112
Глава 7. Общие санитарно-гигиенические требования к устройству промышленных предприятий		112
§ 1.	Основные санитарные требования к размещению предприятия и планировке его территории	112
§ 2.	Основные санитарные требования к производственным зданиям и помещениям	115
§ 3.	Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий	116

Глава 8. Защита от вредных веществ и неблагоприятных метеорологических условий	118
§ 1. Действие вредных веществ на организм человека	118
§ 2. Гигиеническое нормирование вредных веществ	122
§ 3. Защита от вредных веществ в промышленности	123
§ 4. Влияние неблагоприятных метеорологических условий на организм человека	128
§ 5. Гигиеническое нормирование производственного микроклимата	133
§ 6. Способы нормализации микроклимата производственных помещений	135
§ 7. Вентиляция производственных помещений	138
Глава 9. Защита от излучений	145
§ 1. Ионизирующие излучения, их действие на организм человека и гигиеническое нормирование	145
§ 2. Защита от воздействия ионизирующих излучений	150
§ 3. Электромагнитные излучения, их действие на организм человека и принципы гигиенического нормирования и защиты	154
§ 4. Лазерное излучение, его действие на организм человека и гигиеническое нормирование	159
§ 5. Обеспечение лазерной безопасности	162
§ 6. Ультрафиолетовое излучение	164
Глава 10. Производственное освещение	166
§ 1. Основные понятия и гигиенические требования к производственному освещению	166
§ 2. Виды производственного освещения и его нормирование	169
§ 3. Источники искусственного света	176
§ 4. Методы расчета искусственного освещения	180
Глава 11. Защита от шума, ультразвука, инфразвука и вибрации	182
§ 1. Шум, его влияние на организм человека и гигиеническое нормирование	182
§ 2. Средства и методы защиты от шума	188
§ 3. Ультразвук, его действие на организм человека, гигиеническое нормирование и принципы защиты	193
§ 4. Инфразвук	196
§ 5. Вибрация, ее действие на организм человека и гигиеническое нормирование	197
§ 6. Обеспечение вибробезопасных условий труда	202

Раздел третий

Основы техники безопасности	205
---------------------------------------	-----

Глава 12. Безопасность технологических процессов и оборудования 205

§ 1. Общие требования безопасности к производственным процессам	205
§ 2. Механизация и автоматизация производства	208
§ 3. Общие требования безопасности к производственному оборудованию	209
§ 4. Обеспечение безопасности применения промышленных роботов	212
§ 5. Общие требования безопасности к сосудам, работающим под давлением	214
§ 6. Обеспечение безопасной эксплуатации баллонов со сжатыми, сжиженными и растворенными газами	217
§ 7. Обеспечение безопасности при эксплуатации цистерн и бочек для перевозки сжиженных газов	219
§ 8. Обеспечение безопасной эксплуатации компрессорных установок	220
§ 9. Безопасная эксплуатация подъемно-транспортных машин и механизмов	221
§ 10. Защитные устройства и знаки безопасности	223

Глава 13. Обеспечение электробезопасности 235

§ 1. Действие электрического тока на организм человека	235
§ 2. Классификация электроустановок и помещений по электроопасности	239
§ 3. Анализ условий поражения человека электрическим током	240
§ 4. Обеспечение электробезопасности	244
§ 5. Электрозащитные средства и предохранительные приспособления	249
§ 6. Оказание первой доврачебной помощи пораженному электрическим током	251

Раздел четвертый

Основы обеспечения пожаро- и взрывобезопасности промышленных объектов	253
---	-----

Глава 14. Основные сведения о процессе горения, пожарах и взрывах на производстве 253

§ 1. Основные понятия	253
§ 2. Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ	255
§ 3. Причины пожаров и взрывов на производстве	260

Глава 15. Способы предотвращения пожаров и взрывов на производстве	265
§ 1. Системы предотвращения пожаров и взрывов	265
§ 2. Электрооборудование для взрыво- и пожароопасных зон	267
§ 3. Защита от статического электричества в производственных условиях	273
§ 4. Молниезащита	278
Глава 16. Пожарная защита промышленных объектов	283
§ 1. Общие требования к системам пожарной защиты и взрывозащиты	283
§ 2. Оценка пожарной опасности производства	284
§ 3. Огнестойкость зданий и сооружений	285
§ 4. Меры пожарной безопасности при строительном проектировании промышленных предприятий	287
§ 5. Способы и средства тушения пожаров	292
Огнегасительные вещества	294
Оборудование для тушения пожаров (пожарная техника)	298
§ 6. Средства извещения и сигнализации о пожаре	303
§ 7. Организация пожарной охраны предприятия	305
§ 8. Определение экономической эффективности мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности промышленных объектов	307
Литература	314