



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

С. И. Васильев
Л. Н. Горбунова

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Часть 1

Учебное
пособие

УМО

ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА
И ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



С. И. Васильев
Л. Н. Горбунова

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В двух частях

Часть первая

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» направления подготовки «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» и «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования», 29.09.2009

Красноярск
СФУ
2012

УДК 658.382.3(07)
ББК 68.903я73
В191

Рецензенты:

В. Н. Анферов, доктор техн. наук, профессор кафедры «Механизация путевых погрузочно-разгрузочных и строительных работ» Сибирского государственного университета путей сообщения;

Л. А. Мамаев, доктор техн. наук, профессор кафедры СДМ, проректор по учебной работе Братского государственного университета;

М. М. Титов, доктор техн. наук, доцент Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета

Васильев, С. И.

В191 Основы промышленной безопасности : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 502 с.

ISBN 978-5-7638-2320-2

ISBN 978-5-7638-2321-9 (часть 1)

Изложены теоретические и организационные вопросы промышленной безопасности производства погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ, применения вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха, освещения, влияния шума, вибрации, излучений и др. Дан порядок расчета систем безопасности с примерами решения конкретных задач и справочными материалами.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» направления подготовки «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» и «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» и инженерно-технических работников.

УДК 658.382.3(07)
ББК 68.903я73

ISBN 978-5-7638-2320-2
ISBN 978-5-7638-2321-9

© Сибирский федеральный университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Основой повышения производительности труда любого промышленного предприятия является комплексная механизация транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ. От уровня механизации транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ зависят не только производительность труда, но и его безопасность.

Грузы классифицируют в зависимости:

от вида, способа складирования и строповки – на штучные нештабелируемые, штучные штабелируемые, насыпные, полужидкие пластичные, жидкие и газообразные.

массы – легковесные, тяжеловесные, весьма тяжелые, мертвые;

формы и размеров – габаритные и негабаритные;

степени и характера опасности – опасные, особо опасные.

В качестве перегрузочных средств и оборудования на промышленных предприятиях используют железнодорожный (вагоны, полувагоны, цистерны и др.), безрельсовый наземный (авто-, электрокары, тележки и др.), конвейерный транспорт, грузоподъемные краны, лифты и др.

Научно-технический прогресс в области механизации транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ направлен на улучшение технико-экономических показателей вновь создаваемых и модернизируемых перегрузочных средств и оборудования, повышение их мощности, энергонасыщенности, производительности, надежности и долговечности. Безопасность эксплуатации оборудования обеспечивается такими факторами, как конструктивное совершенство и качество его изготовления, ремонта и технического обслуживания, наличие исправных устройств и приборов безопасности, ограждений, уровень подготовленности и ответственности персонала, культура безопасности и др.

По данным статистики, травматизм, связанный с транспортными, погрузочно-разгрузочными и складскими работами, устойчиво занимает первое место в общем количестве несчастных случаев, а в целом на промышленном транспорте гибнет более половины от числа людей, пострадавших на производстве. Основными факторами опасности транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ являются движущиеся объекты: машины и механизмы, подвижные элементы машин, перемещаемые грузы и др.

Процессы, происходившие в промышленном производстве в связи с переходом к рыночным отношениям, привели к значительному ухуд-

шению технического состояния перегрузочных средств и оборудования, их повсеместному физическому и моральному старению, что в свою очередь явилось причиной ухудшения условий труда и повышения уровня опасности транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Так, по имеющимся оценкам, более 80 % отечественного парка грузоподъемных кранов, являющихся основным средством механизации в промышленном производстве, исчерпали нормативные сроки эксплуатации, требуют замены или модернизации. В условиях реформирования экономики разрушена устоявшаяся за многие годы система контроля и управления безопасностью. Снизилась надзорная роль профсоюзов за деятельностью администрации предприятия в обеспечении безопасных условий труда. С возникновением акционерных и частных предприятий к управлению производством пришло много инициативных, но не подготовленных в области безопасности специалистов и руководителей.

Безопасные условия труда, здоровье и благополучие работника должны быть в основе производственной деятельности любого специалиста и руководителя. Чтобы в полной мере реализовать технические возможности перегрузочных средств и оборудования, обеспечить высокую производительность труда, безопасность транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ необходимы определенные знания.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

1.1. Потенциальные опасности производственной среды и трудового процесса

Основным условием существования человеческого общества является *труд* – целесообразная деятельность человека, в процессе которой он при помощи орудий труда (механизмов, машин, инструментов и т. д.) воздействует на окружающую природную среду и использует ее в целях создания предметов, необходимых для удовлетворения своих потребностей. Труд сыграл определяющую роль в формировании человека, он содействовал появлению речи, совершенствованию органов чувств, расширению кругозора, развил мыслительную деятельность и др. Когда орудия труда стали собственностью работодателя, способность человека к труду стала товаром, т. е. появился наемный труд, для обмена его на заработную плату работник и работодатель вступают в трудовые отношения, заключая между собой трудовой договор (контракт).

Пространство, в котором совершается трудовая деятельность человека, называют *производственной средой*. Элементами производственной среды являются орудия и предметы труда, гомосфера, технологические процессы, энергия, условия труда, рабочие места, цеха, участки и др.

Гомосфера – это пространство, зона, где находится человек в процессе трудовой деятельности.

Место постоянного или временного нахождения работника в процессе трудовой деятельности называют *рабочим местом*. Рабочее место является частью *рабочей зоны* – пространства высотой до 2 м над уровнем пола или рабочей площадки.

Сочетание различных факторов производственной среды и трудового процесса определяет *условия труда работника*.

Постепенно труд от поколения к поколению становился более разнообразным, совершенным, сложным, ответственным и опасным и стал оказывать значительное влияние на работоспособность, а также на состояние здоровья как самого работника, так и его потомства.

Работоспособность – это способность к труду; состояние человека, определяемое возможностью физиологических и психических функций

организма и характеризующее его способность выполнять определенное количество работы заданного качества за требуемый интервал времени. Под влиянием множества факторов работоспособность изменяется во времени и условно подразделяется на следующие фазы (рис. 1.1):

1-я фаза – фаза вработываемости, в этот период повышается активность центральной нервной системы (ЦНС), возрастает уровень обменных процессов, усиливается деятельность сердечно-сосудистой системы, что приводит к нарастанию работоспособности;

2-я фаза – фаза относительно устойчивой работоспособности, в этот период отмечается оптимальный уровень функционирования ЦНС, эффективность труда максимальная;

3-я фаза – фаза снижения работоспособности, связанная с развитием утомления.

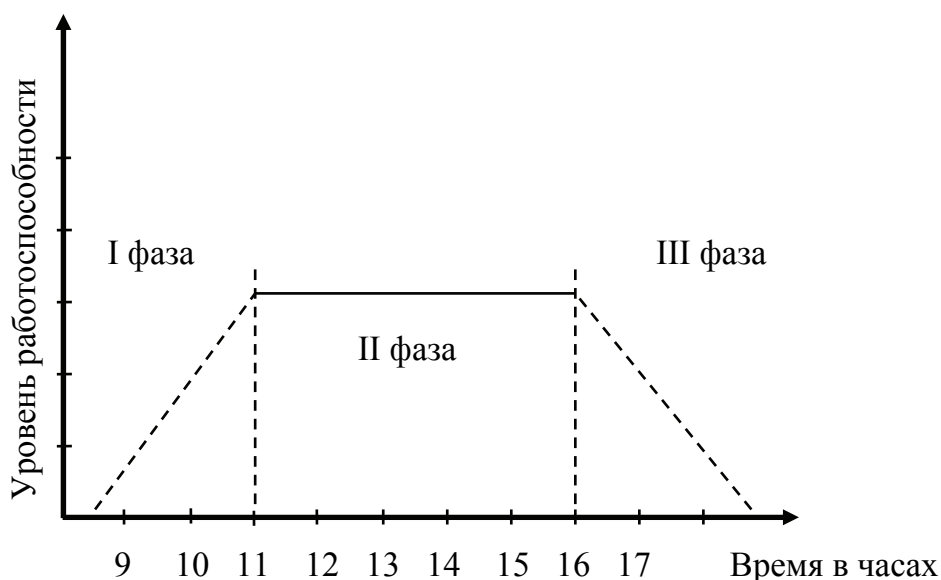


Рис. 1.1. График динамики работоспособности во времени

Продолжительность каждой из этих фаз зависит как от индивидуальных особенностей ЦНС, так и от условий труда, производственной среды, эмоционального и физического состояния организма, пола, возраста работника и др.

Здоровье – это естественное состояние организма и форма жизнедеятельности человека, которая обеспечивает ему физиологически обусловленную продолжительность жизни, достаточную удовлетворенность состоянием своего организма и отсутствием болезненных изменений. Здо-

ровье человека служит наиболее ярким и всеобъемлющим показателем и зависит от вида трудовой деятельности, продолжительности рабочего дня, условий труда, тяжести, напряженности трудового процесса и др.

Многообразные формы трудовой деятельности подразделяют на умственный и физический труд, который оказывает значительное влияние на здоровье, работоспособность и функциональное напряжение организма человека.

Функциональное напряжение может быть энергетическим (оценивается тяжестью труда), требующим определенных мышечных усилий при физическом труде, или эмоциональным, связанным с работой мозга, ЦНС при умственном труде (характеризуется напряженностью труда).

Кроме тяжести и напряженности трудового процесса на работоспособность, состояние здоровья работника и здоровья его потомства влияют опасные и вредные производственные факторы.

Опасный производственный фактор – фактор производственной среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания, внезапного резкого ухудшения состояния здоровья, повреждения органов (производственной травмы), смерти работника.

Вредный производственный фактор – фактор производственной среды и трудового процесса, воздействие которого на работника приводит к снижению работоспособности, профессиональному заболеванию, нарушению здоровья потомства.

Опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по природе их возникновения делят на четыре группы: физические, химические, биологические, психофизические.

К физическим опасным и вредным производственным факторам относят:

движущиеся машины и механизмы, подвижные элементы машин и оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

запыленность и загрязненность воздушной среды;

факторы, связанные с отклонением от нормы параметров микроклимата;

повышенный уровень шума, ультразвука, инфразвука;

повышенный уровень вибрации;

электрический ток и статическое электричество;

электромагнитное излучение, повышенный уровень магнитной и электрической составляющих;

ионизирующее излучение;
 недостаточное освещение, его пульсация, повышенное инфракрасное и ультрафиолетовое излучение и др.

К химическим опасным и вредным производственным факторам относят вещества:

общетоксические – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы организма, а также патологические изменения печени, почек;

раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов;

сенсibiliзирующие – проявляющие свое действие как аллергены;

канцерогенные – вызывающие новообразования (опухоли);

мутагенные – влияющие на репродуктивную функцию человека.

К биологическим опасным и вредным производственным факторам относят макро- и микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибки и др.).

Психофизиологическими опасными и вредными производственными факторами являются физические, нервно-психические, эмоциональные перегрузки и др.

Основные опасные и вредные производственные факторы при эксплуатации грузоподъемных кранов и транспортных средств приведены в табл. 1.1.

Пространство, в котором возможно воздействие на работника опасного и/или вредного производственного фактора, называют *опасной зоной*.

Таблица 1.1

Некоторые примеры опасных и вредных производственных факторов

Операция	Опасные и вредные производственные факторы
Подъем и перемещение груза грузоподъемным краном	Падение груза; обрыв и падение грузозахватного органа; падение стрелы грузоподъемной машины; обрыв стропов или монтажных петель и падение груза; перегруз и падение грузоподъемного крана; зажатие между поворотной и неповоротной частями грузоподъемного крана; прижатие грузом к борту полувагона (кузов автомобиля); опасный уровень напряжения в электрической цепи грузоподъемного крана; касание стрелой проводов линии электропередачи и др.

Окончание табл. 1.1

Операция	Опасные и вредные производственные факторы
Проведение приемочных, квалификационных, периодических, сертификационных испытаний, обследование грузоподъемных кранов	Вращающиеся части механизмов (шкивы, блоки, барабаны, муфты и т. п.); передвигающиеся грузоподъемные краны по крановым путям и площадкам; подъем и перемещение груза; падение груза; падение крана; обрыв каната и падение грузозахватного органа; вращающиеся части элементов грузоподъемных кранов; падение стрелы грузоподъемной машины; обрыв монтажных петель при подъеме груза; неисправность или отсутствие заземления электрооборудования или кранового пути; опасный уровень напряжения в электрической цепи грузоподъемной машины; работа грузоподъемных кранов вблизи проводов линии электропередачи и др.
Эксплуатация транспортных средств непрерывного действия	Движущиеся элементы транспортных средств и перемещаемые ими грузы, материалы, особенно при размещении этих средств в тоннелях, галереях и других стесненных условиях; вращающиеся элементы приводных, натяжных, загрузочных, разгрузочных узлов и др.; поражение электрическим током; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны и производственных помещений; недостаточная освещенность и др.
Эксплуатация напольного безрельсового колесного транспорта	Движущиеся транспортные средства, перевозимые грузы; повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенные уровни шума и вибрации на рабочем месте водителя; повышенная или пониженная влажность воздуха рабочей зоны; прямая и отраженная блескость, недостаточная освещенность; токсические воздействия этилированного бензина, паров электролита; ожоговое воздействие электролита аккумуляторной батареи, кислот и щелочей при приготовлении и работе с электролитом; высокое напряжение в цепи зажигания карбюраторных двигателей и систем привода электрических транспортных средств; высокое гидравлическое давление в системе подачи топлива в цилиндры у дизельных двигателей, в гидравлических системах приводов; вращающиеся элементы двигательной установки и трансмиссии; высокая температура жидкости в системе охлаждения двигателя; повышенное давление в шинах колес в сочетании с неисправностью замкового устройства обода колеса; пожароопасность вследствие неисправности в системе питания двигателя

К опасным зонам относятся движущиеся части производственного оборудования и рабочие органы оборудования (зубчатые, ременные, цепные и другие передачи, валы и их цапфы, цилиндры, барабаны, шкивы, маховики, муфты, диски, пуансоны, столы, ремни, шнеки, колеса, лопасти, пилы, ножи, веретена, ковши и другие элементы), а также рабочие и обрабатываемые вещества и материалы (ткань, рабочие жидкости и твердые материалы и т. д.), вращающиеся или перемещающиеся в каком-либо направлении (рис. 1.2–1.5).

Пределы опасной зоны, за которыми исключается действие и распространение опасного производственного фактора, образуют *границу опасной зоны*.

Последствиями воздействия на работника механического производственного фактора являются:

- опасность раздавливания;
- опасность ранения;
- опасность разрезания или разрыва;
- опасность запутаться;
- опасность затягивания или попадания в ловушку;
- опасность удара;
- опасность быть уколотым или проткнутым;
- опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием;
- опасности, обусловленные выбросом жидкости.

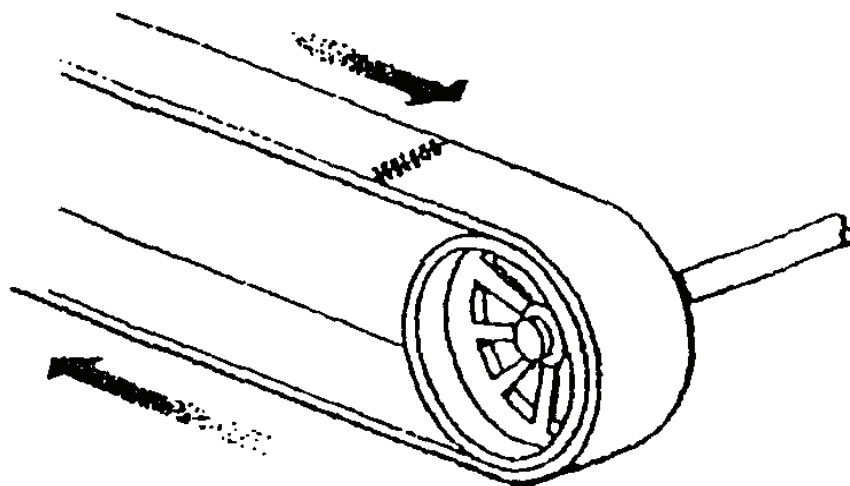


Рис. 1.2. Зона затягивания при продольном движении конвейерной ленты

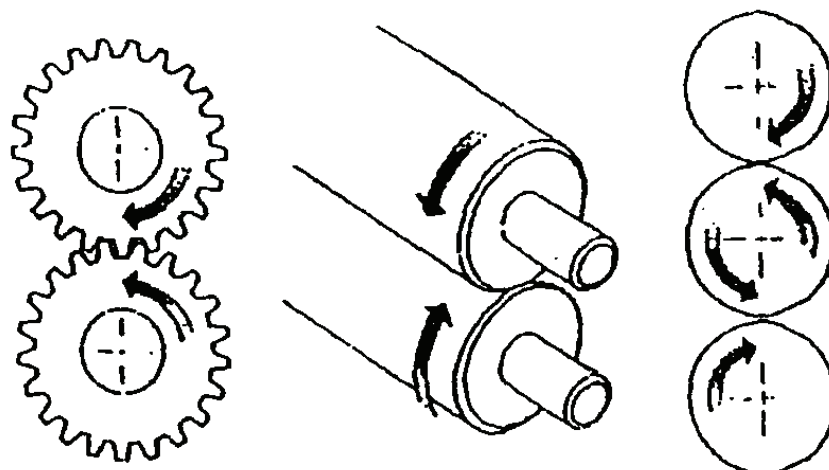


Рис. 1.3. Наиболее распространенные зоны захвата между частями машин

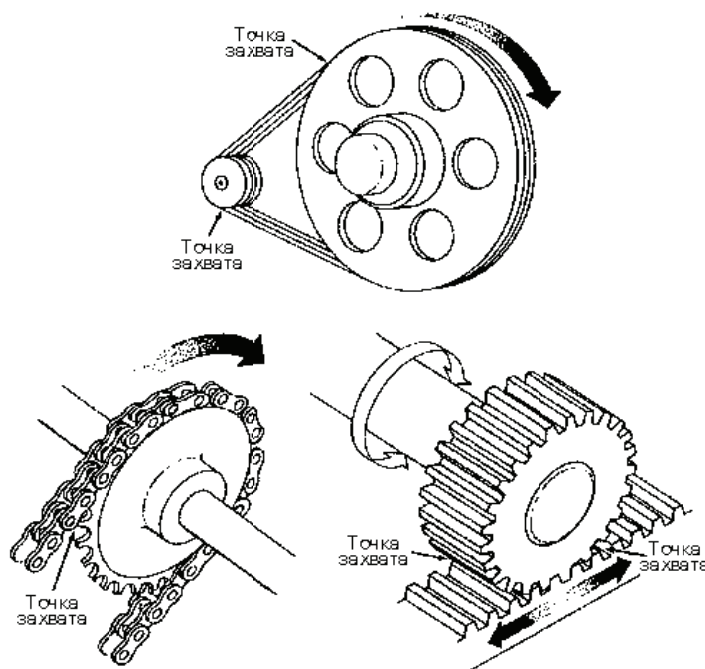


Рис. 1.4. Зоны захвата вращающимися элементами и частями оборудования с продольными движениями

Последствиями от термических опасностей могут быть: ожог, ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения или взрыва, а также теплового излучения или нанесение вреда здоровью из-за нагревающего или охлаждающего микроклимата на рабочем месте.

От поражения электрическим током могут быть ожоги, электрические удары и др.

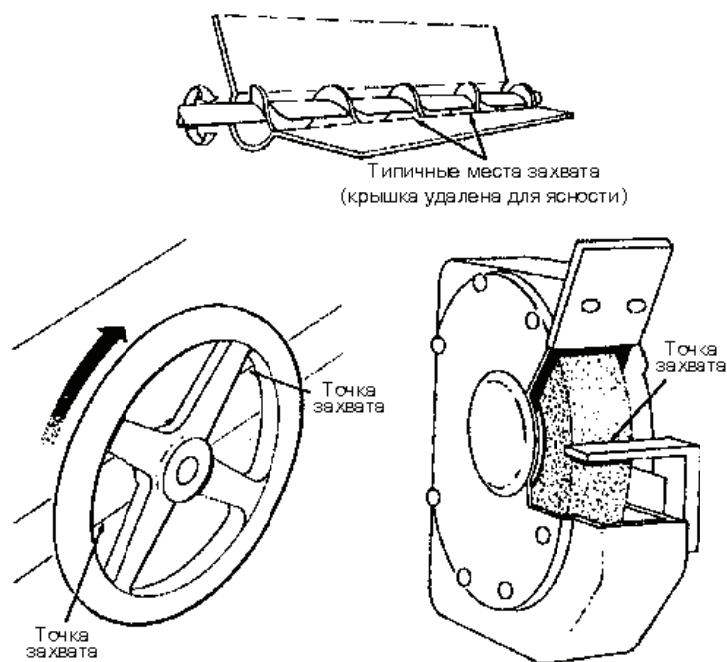


Рис. 1.5. Зоны захвата между вращающимися и неподвижными частями оборудования

Результат воздействия на работника опасного производственного фактора квалифицируют как *несчастный случай*.

Повреждение в организме работника, вызванное воздействием опасного производственного фактора, называют *производственной травмой*, а количество производственных травм за определенный период времени – *производственным травматизмом*.

Результатом воздействия на работника вредного производственного фактора являются ухудшение состояния его здоровья и (или) его потомства, а также профессиональные заболевания (отравления), некоторые из которых приведены в табл. 1.2.

Помимо профзаболеваний (отравлений) возможен летальный исход при остром воздействии (например, при тепловом ударе, внезапная смерть в результате физических и нервно-эмоциональных перегрузок), потеря функций (например, обоняния при действии раздражающих веществ), прерывание беременности при опасном происшествии, рождение ребенка с врожденными пороками развития и т. п.

Количество профессиональных заболеваний (отравлений), вновь выявленных в течение определенного времени, рассчитанное на 100, 1 000, 10 000, 100 000 работников, подвергшихся воздействию вредных производственных факторов, называют *профессиональной заболеваемостью*.

Таблица 1.2

Некоторые виды профессиональных заболеваний

Характер воздействия вредного производственного фактора	Профессиональные заболевания	Выполняемые работы
Отклонения от нормального метеорологического режима: систематическое переохлаждение, перегревание, простудные факторы	Тепловой или солнечный удар, ангионеврозы, обмороживание, хронические артриты и т. д.	Работы на кранах в кабинах закрытого типа; работы на открытом воздухе и др.
Производственный шум, систематически превышающий доступные уровни	Притупление слуха, глухота; резко выраженные хронические ларингиты	Работа с пневматическими инструментами, работа вблизи вибрационных машин и другие шумные работы
Систематическое воздействие вибрации и сотрясений с параметрами, неблагоприятными для организма человека	Ангионеврозы, вибрационная болезнь с необратимыми патологическими изменениями	Виброуплотнение бетонных смесей в формах; работа с применением пневматических и электрических вибрирующих инструментов и др.
Воздействие производственной пыли: длительное вдыхание пыли, содержащей двуокись кремния в свободном или связанном состоянии; угольной, электросварочной, пыли хромового аэрозоля и др.	Поражение органов дыхания: силикозы; пневмокониозы (в чистом виде или в сочетании с туберкулезом), бронхиальная астма	Пескоструйные работы; электросварочные работы и др.
Воздействие токсических веществ и материалов; работы с раздражающими химическими веществами (скипидар, лаки, растворители и др.)	Отравления (в том числе хронические) и их последствия; пневмосклерозы; опухоли на коже	Малярные и другие отделочные работы; травление; пропитка дерева и изоляционных материалов; производство кровельных материалов (толь, рубероид) и др.
Воздействие ионизирующих излучений радиоактивных веществ и изотопов, а также рентгеновских лучей	Острые и хронические заболевания кожи, в том числе раковые; дерматиты, экземы, язвы, лучевая болезнь	Гаммадефектоскопия и металлорентгеноскопия различных конструкций

Окончание табл. 1.2

Характер воздействия вредного производственного фактора	Профессиональные заболевания	Выполняемые работы
Систематическое длительное неизменное положение тела, напряжение мышц и связок рук	Тендовагинит (воспаление и опухание сухожилий), травматический эпикондилит (раздражение сухожилий, соединяющих предплечья и локтевой сустав), синдром канала запястья (ущемление медиального нерва руки) и др.	Переноска грузов, работа за персональным компьютером

Опасные и вредные производственные факторы зачастую носят потенциальный, т. е. скрытый характер. Процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда, называют *идентификацией*. В процессе идентификации выявляют опасные и вредные производственные факторы, вероятность их проявления, пространственную локализацию, возможные последствия и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Условия, при которых реализуются потенциальные опасные и вредные производственные факторы, называют *обстоятельствами*, а факторы, в результате которых наступают те или иные нежелательные события, называют *причинами*.

Например, при производстве работ грузоподъемными кранами происходят аварии и несчастные случаи, основными причинами которых являются:

- неправильная (ненадежная) строповка груза;
- применение для подъема груза непригодных грузозахватных приспособлений или тары;
- нахождение людей в опасной зоне или под стрелой;
- нарушение схем строповки грузов;
- нарушение технологических карт погрузочно-разгрузочных работ;
- несоблюдение схем и габаритов складирования грузов;

нахождение людей в полувагоне, на платформе, в кузове автомашины, трюме судна, траншее, котловане, колодце при подъеме или опускании груза;

нахождение людей между поворотной и неповоротной частями крана;

допуск необученных рабочих к обслуживанию крана в качестве стропальщиков;

несоблюдение требований безопасности при установке стрелового крана на опоры или при строповке грузов вблизи линии электропередачи;

нахождение людей в кабине автомашины при ее разгрузке или погрузке;

перегруз крана во время подъема примерзшего, засыпанного землей, закрепленного болтами, заземленного или залитого бетоном груза;

нахождение людей вблизи стены, колонны, штабеля или оборудования во время подъема или опускания груза;

неисправность кранового пути и тупиковых упоров;

неправильная установка стреловых кранов или кранов-манипуляторов вблизи траншеи, котлована или на свеженасыпанном грунте;

подтаскивание груза краном при наклонном положении грузовых канатов;

нахождение людей в зоне действия магнитных, грейферных и других кранов;

обрыв грузовых и стреловых канатов.

Между реализованными опасными и вредными производственными факторами и причинами существует причинно-следственная связь: опасный (вредный) производственный фактор есть следствие некоторой причины (причин), которая в свою очередь является следствием другой причины. Таким образом, причины, опасные и вредные производственные факторы образуют иерархические цепные структуры или системы. В зарубежной литературе, посвященной анализу безопасности сложных технических систем, используют термин «дерево событий».

«*Дерево событий*» – это формализованное представление нежелательного события (например, несчастного случая), при котором это событие соединяется с набором соответствующих причин (например, ошибок работника, отказов оборудования, неблагоприятных внешних воздействий и др.), образующих определенные цепи. Графическое изображение «дерева событий» напоминает диаграмму ветвящейся структуры. Диаграмма включает одно нежелательное событие (происшеств-

вие), которое размещают вверху и соединяют с другими событиями с помощью соответствующих связей и логических условий.

В качестве примера на рис. 1.6 показано «дерево событий» – наезд на человека автокрана задним ходом; зажатие человека поворотной платформой автокрана.

Наезд на человека и его зажатие поворотной платформой автокрана возможно по следующим причинам:

машинист начал движение, не имея полной информации о наличии людей в опасной зоне;

появление человека в зоне действия автокрана;

наличие помех для восприятия человеком сигналов об опасности.

Последствием реализации потенциальных опасных и вредных производственных факторов являются причинение работнику вреда (рис. 1.7):

физического (органического) – любые негативные изменения в организме, повлиявшие на работоспособность, состояние здоровья работника и др.;

морального – нравственные и (или) физические страдания работника из-за нарушения его прав на труд, жизнь, здоровье, достоинство и др.;

материального – финансовые потери работника из-за невыхода на работу и др.

Таким образом, несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания (отравления) можно рассматривать как отрицательные социальные и экономические последствия производственной деятельности.

Неудовлетворительные условия труда приводят к ухудшению экономической стабильности организации, что выражается в снижении производительности труда, финансовых потерях от производственного травматизма и профессиональных заболеваний (отравлений), недополученной прибыли, текучести кадров и др.

Финансовые потери, связанные с производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями (отравлениями), подразделяют на *прямые*, включающие заработную плату пострадавшего за период отсутствия его на работе, стоимость медицинского обслуживания, медикаментов и др., и *косвенные*, состоящие из потерь рабочего времени других лиц, кроме пострадавшего, ущерба, причиненного оборудованию, продукции компании, окружающей среде, оплаты труда юристов, штрафов и др.

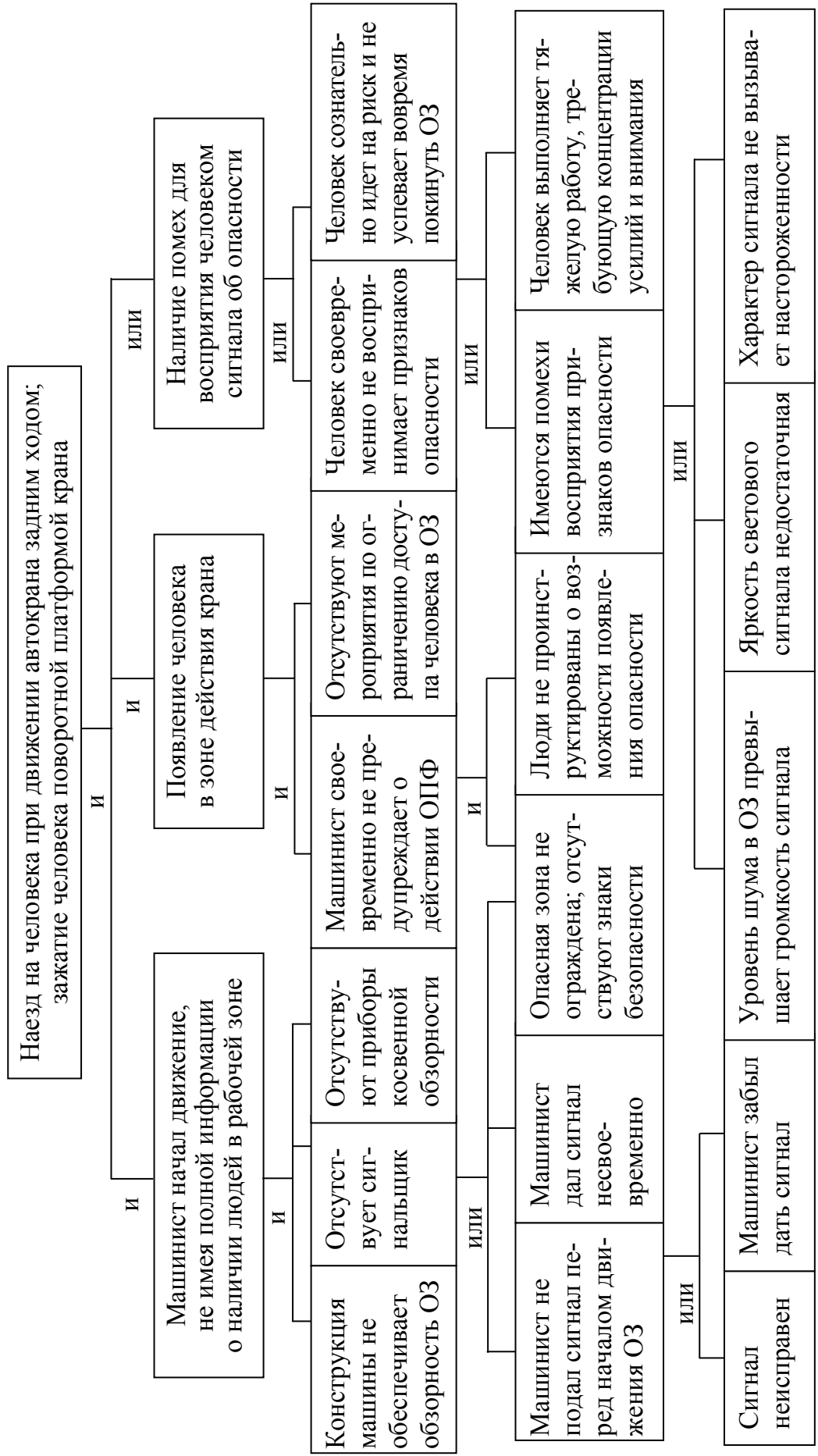


Рис. 1.6. «Дерево событий» – наезд автокрана при движении задним ходом на человека

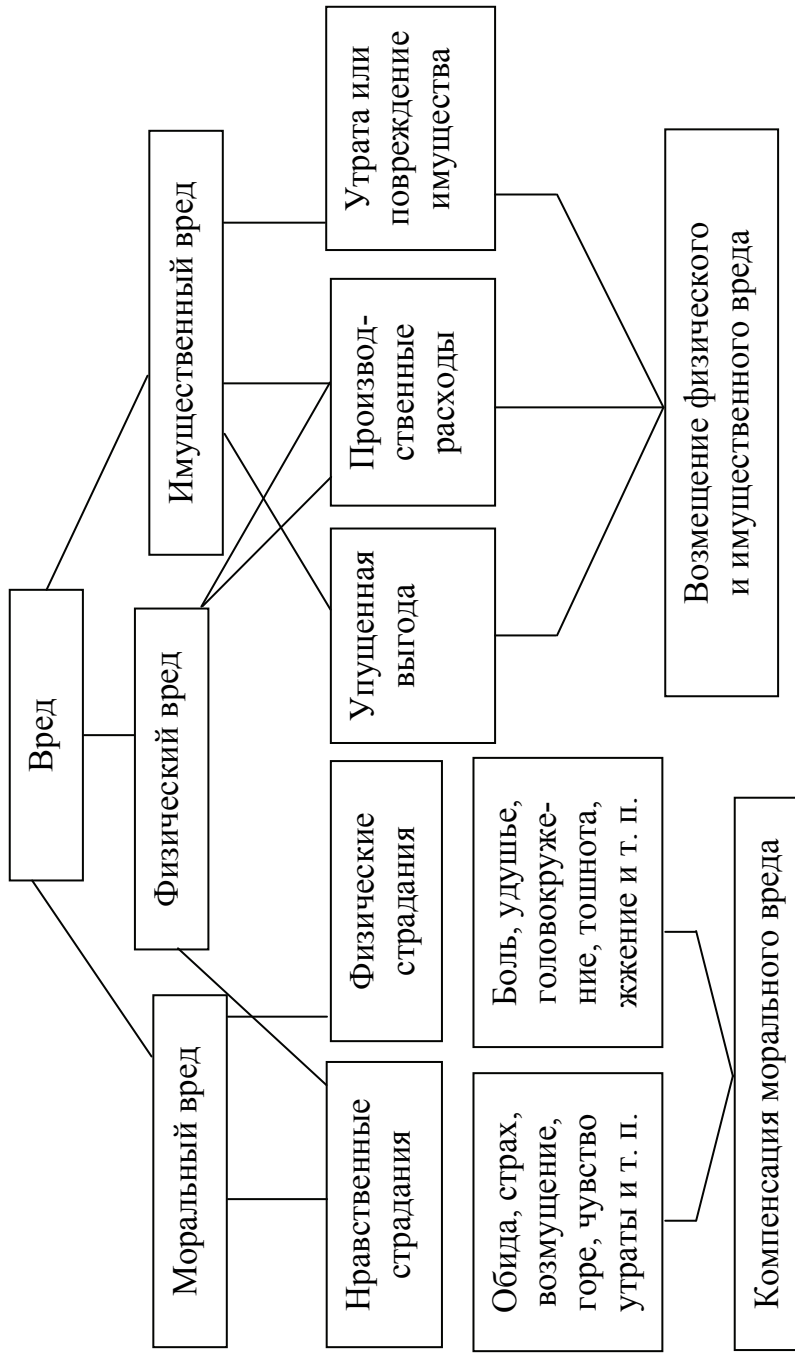


Рис. 1.7. Составляющие вреда

Таким образом, производственная безопасность является неотъемлемым элементом экономической стабильности, развития и престижа компании.

Наличие в производственной среде огромных запасов различных видов энергии, больших объемов опасных веществ, высоких давлений, температур, скоростей, крупногабаритных сооружений и др. могут порождать *аварии* (от итал. *avaria* – повреждение, ущерб).

Например, *авария при транспортировании опасных веществ* – это авария, при которой произошел взрыв опасного вещества в транспортном средстве независимо от последствий; возгорание или высвобождение опасного вещества из транспортного средства, произошедшее при транспортировании или при проведении отдельных технологических операций (работы погрузочно-разгрузочные, временное/транзитное хранение и др.), в результате которого погибли или тяжело травмированы люди.

Авария при транспортировании опасных грузов железнодорожным транспортом: взрыв опасного груза в вагоне (контейнере) независимо от последствий; возгорание в вагонах (контейнерах) опасного груза, приведшее к гибели людей, эвакуации населения из зоны аварии, нанесению ущерба окружающей природной среде.

Авария при эксплуатации объектов подъемных сооружений может повлечь за собой:

- 1) разрушение или излом металлоконструкций (моста, портала, рамы, платформы, башни, стрелы, опоры, гуська), вызвавшие необходимость в ремонте или замене их отдельных секций; разрушения, возникшие в результате падения (обрушения) грузоподъемной машины;
- 2) разрушение (обрыв) канатов грузоподъемной машины;
- 3) разрушение кабины или элементов кабины лифта, противовеса или элементов противовеса лифта (в результате их падения);
- 4) разрушение расчетных металлоконструкций, цепей эскалатора;
- 5) разрушение расчетных металлоконструкций канатной дороги, кабины (вагонетки), вагона;
- 6) разрушение (обрыв) канатов канатной дороги или фуникулера;
- 7) разрушение металлоконструкций стрелы и ходовой рамы подъемника (вышки);
- 8) разрушение краноманипуляторной установки крана-манипулятора;
- 9) разрушение выносной консоли или самого крана-трубоукладчика.

Область знаний, изучающая все аспекты аварий и разрабатывающая методы и средства их предупреждения, называют *промышленной безопасностью*. Таким образом, в системе производственной безопасности промышленную безопасность следует рассматривать как специальный раздел, в котором основное внимание уделяется авариям.

Средством достижения производственной безопасности является *охрана труда* – система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических, лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Вероятность реализации опасных и вредных производственных факторов может изменяться в широких пределах, но она никогда не равна нулю, следовательно, производственная деятельность человека обладает профессиональным риском. Это утверждение имеет аксиоматический характер.

Профессиональный риск – это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законодательством случаях.

Отрасль (подотрасль) экономики относят к определенному классу (с I по XXII) профессионального риска на основе интегрального показателя профессионального риска $I_{\text{п}}$:

$$I_{\text{п}} = 100 \cdot (\Sigma_{\text{вв}}/\Sigma_{\text{фот}}),$$

где $\Sigma_{\text{вв}}$ – суммарные затраты в отрасли (подотрасли) экономики на возмещение (истекшем календарном году) вреда, причиненного (застрахованным лицам) в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; $\Sigma_{\text{фот}}$ – размер фонда оплаты труда в этой отрасли (подотрасли) экономики, на который начислены взносы в Фонд социального страхования Российской Федерации.

Класс профессионального риска организации определяют по основному виду деятельности; он характеризует уровень производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Данные о профессиональном риске необходимы для информирования работника, при разработке и обосновании первоочередных мер по его снижению и повышению безопасности труда.

Согласно концепции риска, *безопасность* – это есть существование в условиях так называемого допустимого риска.

Под допустимым риском понимают такой уровень риска, который был бы оправдан обществом, т. е. тот, с которым общество готово мириться ради получения определенных благ в результате своей деятельности. Решение о том, какой риск считать допустимым (приемлемым), а какой нет, обычно устанавливают законодательно на основе компромисса между социальной выгодой (прежде всего сохранением работоспособности, здоровья и жизни человека) и экономическими возможностями общества. Не может быть абсолютной безопасности – некоторый остаточный риск всегда будет оставаться.

Остаточный риск – это риск, остающийся после предпринятых защитных мер. Оценку остаточного риска производит инженер-разработчик продукции – технических средств, производственных процессов на этапе проектирования и подготовки производства, а в последующем – производитель спроектированной продукции.

Способы достижения остаточного риска на этапе проектирования и производства продукции следующие (в порядке приоритетов):

- разработка безопасного в своей основе проекта;
- применение защитных устройств и персонального защитного оборудования;
- предоставление информации по безопасности;
- обучение.

Пользователь также участвует в процедуре непревышения остаточного риска путем выполнения предписаний, представленных разработчиком/поставщиком, а также организацией безопасной эксплуатации и технического обслуживания используемой продукции.

1.2. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности

В структуре общей теории безопасности принципы и методы играют эвристическую и методологическую роль и дают целостное представление о связях в рассматриваемой области знания.

Принцип (от лат. *principium* – основа, первоначало) – это основное исходное (базовое) положение, идея, мысль.

Принципы обеспечения безопасности по признаку реализации подразделяют на четыре группы: ориентирующие, технические, управленческие и организационные (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Принципы обеспечения безопасности

Ориентирующие	Технические	Организационные	Управленческие
Системности	Защиты расстоянием	Несовместимости	Управления
Деструкции	Защиты временем	Компенсации	Плановости
Ликвидации опасности	Экранирования	Эргономичности	Адекватности
Снижения опасности	Прочности	Рациональной организации труда	Обратной связи
Замены оператора	Слабого звена		Эффективности
Классификации	Недоступности		Подбора кадров
Нормирования	Блокировки Флегматизации Резервирования Вакуумирования Компрессии		Стимулирования Контроля Ответственности

Ориентирующие принципы

Ориентирующие принципы представляют собой основополагающие идеи, определяющие направление поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой.

Принцип системности заключается в том, чтобы рассматривать явления с системных концепций в их взаимной связи и целостности. Сам термин *система* (греч. *systema* – целое, составленное из частей, соединение) обозначает связь, соединение, целое. Система обладает такими свойствами, которых нет у составляющих ее элементов. Применительно к системе справедливо утверждение, что целое больше суммы частей, которые его образуют.

Такую систему будем называть определенной. Если же совокупность элементов взаимодействует так, что возможны различные результаты, то система называется неопределенной. Причем уровень неопределенности системы тем выше, чем больше различных результатов может появиться. Неопределенность порождается неполным учетом элементов и характером взаимодействия между ними.

К элементам системы относятся материальные объекты, а также отношения и связи, существующие между ними. Так, например, пожар

как физическое явление возможен при наличии: 1) горючего вещества; 2) окислителя, чаще всего кислорода в воздухе не менее 14 % по объему (об.); 3) источника воспламенения определенной мощности и совмещении перечисленных трех условий в пространстве (4) и времени (5).

В данном примере пять условий – это элементы, образующие определенную систему, так как результатом их взаимодействия является одно конкретное следствие – пожар. Устранение хотя бы одного элемента исключает возможность загорания и, следовательно, разрушает данную систему как таковую.

Рассмотрим еще один пример. Известно, что любой несчастный случай порождается совокупностью условий или причин, находящихся в иерархической соподчиненности. Эта совокупность и есть определенная система, так как взаимодействие образующих ее элементов приводит к такому нежелательному результату, как несчастный случай.

Системный подход к профилактике травматизма состоит в том, чтобы прежде всего для конкретных условий определить совокупность элементов, образующих систему, результатом которой является несчастный случай. Исключение одного или нескольких элементов разрушает систему и устраняет негативный результат.

Таким образом, рассматривая явления с системных позиций, следует различать такие понятия, как система, элементы системы и результат. Причем перечисленные понятия сами находятся в системном отношении между собой.

Различают естественные и искусственные системы. В искусственных системах результат именуют целью. При конструировании искусственных систем сначала задаются реальной целью, которую необходимо достичь, и определяют элементы, образующие систему. Такие системы можно называть целеустремленными. В вопросах безопасности эти системы играют основную роль. Задача сводится по существу к тому, чтобы на естественную систему, ведущую к нежелательному результату, наложить искусственную систему, ведущую к желаемой цели. При этом положительная цель достигается за счет исключения элементов из естественной системы или нейтрализации их элементами искусственной системы.

Таким образом, система – это не механическое сочетание элементов, а качественно новое образование. Именно поэтому, чтобы правильно квалифицировать результат или достигнуть желаемую цель, необходимо иметь полное представление об элементах, образующих систему. Принцип системности в вопросах безопасности реализуется в различ-

ных формах. Необходимо отметить, что каждая система входит в состав другой системы, которая в свою очередь является частью большей системы и т. д. Принцип системности отражает универсальный закон диалектики о взаимной связи явлений; он ориентирует на учет всех элементов, формирующих рассматриваемый результат, на полный учет обстоятельств и факторов для обеспечения БЖД.

Принцип деструкции (лат. destructio – разрушение) заключается в том, что система, приводящая к опасному результату, разрушается за счет исключения из нее одного или нескольких элементов. Принцип деструкции органически связан с рассмотренным принципом системности и имеет столь же универсальное значение.

При анализе безопасности сначала используют принцип системности, а затем, учитывая принцип деструкции, разрабатывают мероприятия, направленные на исключение некоторых элементов, что приводит к желаемой цели. Поясним на примерах.

Для возникновения и развития процесса горения необходимы горючее, окислитель и источник зажигания с определенными параметрами. Так, наибольшая скорость горения наблюдается в чистом кислороде, наименьшая – при содержании кислорода в воздухе 14 % (об.), при дальнейшем уменьшении концентрации кислорода горение большинства веществ прекращается. Температура горящего вещества также должна быть определенной. Если горящий объект охлажден ниже температуры воспламенения, то горение прекращается.

Воспламенение возможно также только при условии определенной мощности источника зажигания. Нарушение хотя бы одного из условий, необходимых для процесса горения, приводит к прекращению горения. Это обстоятельство широко используют в практике тушения пожаров. Принцип деструкции также применяют в технике предупреждения взрывов газов, пыли, паров.

Известно, что взрыв смеси горючего и окислителя происходит лишь в определенном интервале концентраций взрывчатой смеси. Минимальную концентрацию, при которой возможен взрыв, называют нижним концентрационным пределом, а максимальную концентрацию, при которой еще возможен взрыв, – верхним концентрационным пределом. Чтобы избежать взрыва, нужно тем или иным способом снизить концентрацию ниже нижнего предела или поднять выше верхнего концентрационного предела взрываемости. Другими словами, нужно применить принцип деструкции, заключающийся в данном случае в исключении такого условия, как взрывчатая смесь.

Мы рассмотрели примеры реализации принципа деструкции. При этом показали только возможность применения принципа, сами же технические способы, при помощи которых воплощается данный принцип, весьма многочисленны и основаны на технических или организационных принципах.

Принцип снижения опасности заключается в использовании решений, которые направлены на повышение безопасности, но не обеспечивают достижения желаемого или требуемого по нормам уровня. Этот принцип в известном смысле носит компромиссный характер. Приведем примеры.

Для обеспечения электробезопасности в электроустановках применяют так называемое малое (сверхнизкое) напряжение – номинальное напряжение между фазами (полюсами) и по отношению к земле не более 50 В переменного и 120 В постоянного тока. При таком напряжении опасность поражения током снижается. Однако считать такие и даже меньшие напряжения абсолютно безопасными нельзя, поскольку известны случаи поражения человека при воздействии именно малых напряжений.

Одним из средств повышения безопасности вредных и взрывопожароопасных производств является вынос оборудования на открытые площадки. Это уменьшает вероятность отравления, а также существенно снижает опасность взрыва, пожара.

Принцип ликвидации опасности состоит в устранении опасных и вредных производственных факторов, что достигается изменением технологии, заменой опасных веществ безопасными, применением более безопасного оборудования, совершенствованием научной организации труда и другими средствами. Этот принцип наиболее прогрессивен по своей сути и весьма многолик по формам реализации. С поиска способов реализации именно этого принципа следует начинать как теоретические, так и практические работы по повышению уровня безопасности жизнедеятельности.

Принцип замены оператора состоит в том, что функции оператора выполняют роботы, манипуляторы или исключаются совсем за счет технологического процесса.

Принцип нормирования состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Например, лимитирующим показателем при нормировании вредных производственных факторов является отсутствие патологических изменений в состоянии здоровья. Формой нормирования является регламентация

продолжительности рабочего дня, рабочей недели, производственного стажа, а также перерывов в работе и отпусков (см. гл. 2).

Установлены нормы выдачи спецодежды, мыла, молока, лечебно-профилактического питания.

Существуют определенные нормативные требования к устройству ограждений, заземлений и других средств защиты.

Технические принципы

Технические принципы направлены на непосредственное предотвращение действия опасностей и основаны на использовании физических законов.

Принцип недоступности – это принцип отделения тем или иным способом ноосферы от гомосферы. Частным случаем этого принципа является принцип защиты расстоянием.

Принцип защиты расстоянием заключается в установлении такого расстояния между человеком и источником опасности (вредности), при котором обеспечивается заданный уровень безопасности. Этот простой и достаточно надежный способ защиты основан на том, что действие опасных и вредных производственных факторов ослабевает по тому или иному закону или полностью исчезает в зависимости от расстояния. Приведем некоторые примеры.

Чтобы избежать распространения пожара, здания, сооружения и другие объекты располагают на определенном расстоянии друг от друга. Эти расстояния называют противопожарными разрывами.

Для защиты жилых застроек от вредных и неприятно пахнущих загрязняющих веществ, повышенных уровней шума, вибраций, ультразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, ионизирующих излучений предусматривают санитарно-защитные зоны.

Санитарно-защитная зона – это пространство между границей жилой застройки и объектами, являющимися источниками вредных факторов. Размер санитарно-защитной зоны устанавливается в соответствии с санитарной классификацией предприятий. Для предприятий классов I, II, III, IV, V размеры санитарно-защитных зон соответственно составляют 2000, 1000, 500, 300, 100 м. Размеры санитарно-защитных зон могут быть увеличены или уменьшены при надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании.

Для того чтобы люди во время пожара могли беспрепятственно и безопасно покинуть здание, регламентируется кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода наружу.

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается, в частности, недоступным расположением токоведущих частей.

Защита от ионизирующих излучений и электромагнитных полей также обеспечивается расстоянием.

Принцип защиты временем предполагает сокращение до безопасных значений длительность нахождения людей в условиях воздействия опасности. Этот принцип имеет значение при защите от ионизирующих излучений, от шума, при установлении продолжительных отпусков и в других случаях. Рассмотрим несколько примеров.

Все работники получают оплачиваемый отпуск. Это снимает накопившуюся усталость, способствует улучшению здоровья, повышению жизненного тонуса.

Там, где пока не устранены вредные и опасные условия труда, действующее законодательство предусматривает систему компенсаций профессиональных вредностей. Одним из видов компенсаций является сокращение продолжительности рабочего дня. Для значительного числа работников установлен сокращенный рабочий день продолжительностью 6 ч (36-часовая рабочая неделя), для некоторых профессий – 5 ч и даже 4 ч.

Большую опасность представляют баллоны с агрессивными сжиженными газами при их длительном хранении. Имеющаяся влага с течением времени реагирует с газом. Образующиеся при этом побочные газообразные продукты увеличивают давление в баллоне. Одновременно происходит коррозия внутренних стенок баллона, сопровождающаяся образованием водорода и солей, забивающих сифонную трубку. Снять избыточное давление в таком баллоне уже невозможно. По этой причине нельзя длительно хранить баллоны с сжиженными газами.

При внезапной остановке движущейся в трубопроводе жидкости происходит резкое повышение давления, под воздействием которого трубопровод может разрушиться. При постепенном закрывании запорных приспособлений повышение давления в трубопроводе зависит определенным образом от продолжительности закрывания задвижек: с увеличением времени давление понижается и обеспечивается защита от гидравлического удара.

Принцип прочности состоит в том, что в целях повышения уровня безопасности усиливают способность материалов, конструкций и их элементов сопротивляться разрушениям и остаточным деформациям от механических воздействий. Реализуется принцип прочности при помощи так называемого коэффициента запаса прочности, который представляет собой отношение опасной нагрузки, вызывающей недопустимые деформации или разрушения, к допускаемой нагрузке. Величину коэффициента запаса прочности устанавливают, исходя из характера действующих усилий и напряжений, механических свойств материала, опыта работы аналогичных конструкций и других факторов.

С принципом прочности связано решение вопросов устойчивости (жёсткости) конструкции. Под устойчивостью понимают способность конструкции сопротивляться возникновению больших отклонений от положения невозмущенного равновесия при возмущающих воздействиях.

Принцип прочности реализуется для защиты от электрического тока. Для защиты от поражения в электроустановках применяют изолирующие средства, обладающие высокой механической и электрической прочностью.

Рассмотрим другие случаи реализации принципа прочности. Часто для безопасности необходимо обеспечить движение жидкости или газа только в одном определенном направлении, например, при внезапной остановке насоса, работающего на нагнетание. Чтобы предупредить движение жидкости в сторону, противоположную заданной, предусматривают установку подъемных и поворотных обратных клапанов. Золотник клапана прочно перекрывает сечение, не позволяя жидкости двигаться в обратном направлении.

Принцип слабого звена состоит в применении в целях безопасности ослабленных элементов конструкций или специальных устройств, которые разрушаются или срабатывают при определенных предварительно рассчитанных значениях факторов, обеспечивая сохранность производственных объектов и безопасность персонала. Принцип слабого звена используют в различных областях техники.

Для обеспечения устойчивости зданий, внутри которых возможен взрыв, в оболочке зданий предусматривают предохранительные (легко-сбрасываемые) конструкции такой площади, через которые в течение заданного времени (исключающего разрушение здания) можно понизить давление взрыва до безопасной величины.

Для предотвращения разрушающего действия взрыва в аппаратах, газоходах и других устройствах применяют противовзрывные клапаны

различных конструкций, а также разрывные мембраны из алюминия, меди, асбеста, бумаги. Мембраны (пластинки) должны разрываться при давлении, превышающем рабочее давление не более чем на 25 %.

Сосуды, работающие под давлением, снабжают предохранительными клапанами, число и размеры которых подбирают с учетом того, чтобы в сосуде не могло возникнуть давление, превышающее расчетное более чем на 15 % при рабочем давлении $p < 6$ МПа и более чем на 10 % при давлении $p > 6$ МПа.

Принцип экранирования состоит в том, что между источником опасности и человеком устанавливается преграда, гарантирующая защиту от опасности. Применяют, как правило, разнообразные по конструкции сплошные экраны.

Распространено применение экранов для защиты от инфракрасного излучения. При этом различают экраны отражения, поглощения и теплоотвода. Для устройства экранов отражения используют светлые материалы: алюминий, белую жемчужную бумагу, алюминиевую фольгу, оцинкованное железо. Теплоотводящие экраны изготавливают в виде конструкций с пространством (змеевиком) с находящейся в нем проточной водой. Теплопоглощающие экраны изготавливают из материала с большой степенью черноты. Если необходимо обеспечить возможность наблюдения (кабины, пульта управления), применяют прозрачные экраны, выполненные из многослойного или жаропоглощающего стекла или других конструкций. Прозрачным теплопоглощающим экраном служат и водяные завесы, которые могут быть двух типов: переливные (вода подается сверху) и напорные (с подачей воды снизу под давлением).

Защитное экранирование широко применяют и для защиты от ионизирующих излучений. Оно позволяет снизить облучение до предельно допустимого уровня. Материал, используемый для экранирования, и толщина экрана зависят от природы излучения (альфа, бета, гамма, нейтроны). Толщину экрана рассчитывают на основе законов ослабления излучений в материале экрана.

Экранирование используют для защиты от электромагнитных полей. В этом случае применяют материалы с высокой электрической проводимостью (медь, алюминий, латунь) в виде листов толщиной не менее 0,5 мм или сетки с ячейками размером не более 4×4 мм. Электромагнитное поле ослабляется металлическим экраном в результате создания в его толще поля противоположного направления.

Одним из эффективных способов защиты от вибраций, вызываемых работой машин и механизмов, является виброизоляция. Роль свое-

образного экрана здесь выполняют виброизоляторы, представляющие собой упругие элементы, размещенные между машиной и ее основанием. Энергия вибрации поглощается виброизоляторами, что уменьшает передачу вибраций на основание.

Экраны используют для защиты работника от прямого воздействия шума. Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области звуковой тени, куда шум проникает лишь частично. Причем справедлива такая зависимость: чем больше длина звуковой волны, тем меньше при данных размерах экрана область звуковой тени.

Принцип экранирования применяют в таких средствах индивидуальной защиты, как очки, щитки и др.

Принцип блокировки заключается в обеспечении такого взаимодействия рассматриваемой системы, при котором достигается требуемый уровень безопасности. Например, для предотвращения одновременных движений или неправильной последовательности включений (выключений) в электрических устройствах или устройствах с электрическим управлением предусматривается возможность разрыва электрических цепей, в машинах с гидроприводом – перекрытия клапанов питающей сети и т. д.

Принцип флегматизации заключается в применении ингибиторов и инертных компонентов для предотвращения или замедления нежелательных процессов (например, коррозии металлов, скорости горения и др.) или превращения горючих веществ в негорючие и невзрывоопасные.

Ингибиторы химические – бромэтил C_2H_5Br , бромистый метилен CH_2Br_2 , тетрафтордибромметан $C_2F_4Br_2$ и др. являются огнетушащими веществами. Например, при разложении C_2H_5Br образуются атом брома и углеводородный остаток C_2H_5 , который, разлагаясь, окисляется в зоне реакции горения до CO и H_2O .

Принцип резервирования (дублирования) состоит в одновременном применении нескольких устройств, способов, приемов, направленных на защиту от одной и той же опасности.

Принцип вакуумирования заключается в проведении технологических процессов (например в вакуумной металлургии) при пониженном давлении по сравнению с атмосферным.

Принцип компрессии состоит в том, что в целях безопасности технологические процессы проводят под повышенным давлением по сравнению с атмосферным (например, создание повышенного давления в помещениях с чистыми технологическими процессами и др.).

Управленческие принципы

Управленческими называются принципы, определяющие взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности.

Принцип плановости означает установление на определенные периоды направлений и количественных показателей производственной деятельности. В соответствии с рассматриваемым принципом должны устанавливаться конкретные количественные задания на различных иерархических уровнях на основе контрольных цифр. Планирование в области безопасности должно ориентироваться на достижение конечных результатов, выраженных в показателях, характеризующих непосредственно условия труда. Другие показатели являются производными.

Принцип стимулирования означает учет количества и качества затраченного труда и полученных результатов при распределении материальных благ и моральном поощрении. Принцип стимулирования реализует такой важный фактор, как личный интерес.

Принцип компенсации (от лат. *compensatio* – возмещение) состоит в предоставлении различного рода льгот с целью восстановления нарушенного равновесия состояния здоровья или для предупреждения нежелательных изменений в состоянии здоровья.

Принцип эффективности состоит в сопоставлении фактических результатов с плановыми и оценке достигнутых показателей по критериям затрат и выгод. В области безопасности различают социальную, инженерно-техническую и экономическую эффективность.

Организационные принципы

К организационным принципам относятся принципы, реализующие в целях безопасности положения научной организации деятельности.

Принцип несовместимости заключается в пространственном и временном разделении объектов реального мира (веществ, материалов, оборудования, помещений, людей), основанном на учете природы их взаимодействия с позиций безопасности. Такое разделение преследует цель исключить возникновение опасных ситуаций, порождаемых взаимодействием объектов. Этот принцип весьма распространен в различных областях техники. Рассмотрим некоторые примеры использования принципа несовместимости.

Принцип несовместимости реализуется при планировке производственных и бытовых помещений: бытовые помещения изолируют от производственных. Производственные помещения планируют так, чтобы исключалось загрязнение воздуха одних помещений вредными веществами, поступающими из других цехов.

В целях повышения взрыво-, пожаробезопасности и улучшения санитарного состояния при разработке генеральных планов предприятий применяют функциональное зонирование территории. Сущность зонирования заключается в территориальном объединении в группы (зоны) различных объектов, входящих в состав предприятия по признаку технологической связи и характеру присущих им опасностей и вредностей.

Принцип эргономичности состоит в том, что для обеспечения безопасности учитываются антропометрические, психофизические и психологические свойства человека.

Антропометрические требования сводятся к учету размеров и позы человека при проектировании оборудования, рабочих мест, мебели, средств индивидуальной защиты и др.

Психофизические требования устанавливают соответствие свойств объектов особенностям функционирования органов чувств человека.

Психологические требования определяют соответствие объектов психическим особенностям человека.

Методы обеспечения безопасности

Метод – это путь, способ достижения цели, исходящий из знания наиболее общих закономерностей.

Обеспечение безопасности достигают тремя основными методами: метод А состоит в пространственном и (или) временном разделении зоны, где находится работник (гомосферы), и опасной зоны. Это достигается средствами дистанционного управления, автоматизации, роботизации и др.;

метод Б состоит в нормализации опасной зоны путем исключения опасностей. Это совокупность мероприятий, защищающих работника от шума, вредных веществ, вибрации и др. с помощью средств коллективной защиты;

метод В включает приемы и средства, направленные на адаптацию работника к соответствующей производственной среде, условиям труда

и повышению его защищенности. Данный метод реализует возможности профессионального отбора, предварительных и периодических медицинских осмотров, обучения, повышения квалификации, аттестации и др.

Средства обеспечения безопасности

Организм человека является целостным образованием органов, связанных между собой и с окружающей средой. Они образуют естественную систему защиты от опасностей, представленную анализаторами (зрительный, слуховой, тактильный, вкусовой и др.). Но естественная система защиты человека не всегда может обеспечить его безопасность в условиях производственной деятельности. Необходимы дополнительные (искусственные) средства защиты работников, которые в зависимости от функционального назначения подразделяют на три группы:

средства привлечения внимания работника к непосредственной опасности – знаки безопасности, знаки пожарной безопасности, сигнальные цвета и др.;

средства для устранения или уменьшения воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов на работника;

средства профилактики и оперативной медицинской помощи.

Средства защиты (рис. 1.8) от опасных и вредных производственных факторов подразделяют на две категории: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты.

Средство коллективной защиты (СКЗ) – это средство защиты, конструктивно и (или) функционально связанное с оборудованием, технологическим процессом, производственным помещением (зданием) или производственной площадкой. Средства коллективной защиты работников включают средства нормализации условий работы и средства снижения воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов:

воздушной среды;

освещения;

уровня шума и вибрации;

защиты от поражения электрическим током и от статического электричества;

защиты от движущихся узлов и деталей механизмов;

защиты от падения с высоты и другие средства.



Рис. 1.8. Обобщенная классификация средств защиты работника

По своему функциональному назначению, принципу действия, конструктивному исполнению, области применения СКЗ чрезвычайно многообразны и более подробно будут рассмотрены в последующих главах учебного пособия.

Средство индивидуальной защиты (СИЗ) – это средство защиты, используемое одним работником в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты, т. е. при сохранении остаточного риска. При этом учитывают следующее:

необходимость правильного использования и обслуживания СИЗ;

СИЗ могут создавать неудобства или быть вредными для здоровья, или опасными для работы;

СИЗ могут создавать ложное чувство безопасности при неправильном использовании или обслуживании.

СИЗ подразделяют по защитным свойствам и по назначению на следующие классы (табл. 1.4, 1.5):

- 1-й класс – изолирующие костюмы;
- 2-й класс – средства защиты органов дыхания;
- 3-й класс – одежда специальная защитная;
- 4-й класс – средства защиты ног;
- 5-й класс – средства защиты рук;
- 6-й класс – средства защиты комплексные;
- 7-й класс – средства защиты головы;
- 8-й класс – средства защиты глаз;
- 9-й класс – средства защиты лица;
- 10-й класс – средства защиты органов слуха;
- 11-й класс – средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства;
- 12-й класс – средства дерматологические защитные.

Таблица 1.4

Классификация спецобуви по защитным свойствам

№ п/п	Группа	Условное обозначение защитных свойств
1	Защита от механических воздействий: от истирания от проколов, порезов от вибрации от ударов в носочной части энергией 200 Дж -«- 100 Дж -«- 50 Дж -«- 25 Дж -«- 15 Дж -«- 5 Дж от ударов в тыльной части энергией 3 Дж от ударов в лодыжке энергией 2 Дж от ударов в подъемной части энергией 15 Дж от ударов в берцовой части энергией 1 Дж	Ми Мп Мв Мун 200 Мун 100 Мун 50 Мун 25 Мун 15 Мун 5 Мут 3 Мул 3 Муп 15 Муб 1
2	Защита от скольжения: по зажиренным поверхностям по обледенелым поверхностям по мокрым, загрязненным и другим поверхностям	Сж Сл См

Окончание табл. 1.4

№ п/п	Группа	Условное обозначение защитных свойств
3	Защита от повышенных температур: от повышенных температур, обусловленных климатом от теплового излучения от открытого пламени от искр, брызг расплавленного металла, окалины от контакта с нагретыми выше 45 °С поверхностями	Тк Ти То Тр Тп
4	Защита от пониженных температур: от температур до –20 °С от температур до –30 °С от температур до –40 °С	Тн 20 Тн 30 Тн 40
5	Защита от электрического тока, электростатических зарядов, электрического и электромагнитного полей: от электрического тока напряжением до 1 000 В от электрического тока напряжением свыше 1 000 В от электрических зарядов, полей от электромагнитных полей	Эн Эв Эс Эм

Таблица 1.5

Классификация спецодежды по защитным свойствам

№ п/п	Группа	Условное обозначение защитных свойств
1	Защита от пониженных температур: воздуха воздуха и от ветра	Тн Тнв
2	Защита от механических воздействий: от истирания от проколов, порезов	Ми Мп
3	Защита от общих производственных загрязнений	З
4	Защита от повышенных температур: обусловленных климатом от теплового излучения от открытого пламени от искр, брызг расплавленного металла, окалины	Тк Ти То Тр

Окончание табл. 1.5

№ п/п	Группа	Условное обозначение защитных свойств
5	Защита от воды и растворов нетоксичных веществ: водонепроницаемая водоупорная от растворов ПАВ	Вн Ву Вп
6	Защита от растворов кислот: от кислот концентрацией выше 80 % (по серной кислоте); от кислот концентрацией от 50 до 80 % (по серной кислоте); от кислот концентрацией от 20 до 50 % (по серной кислоте); от кислот концентрацией до 20 % (по серной кислоте)	Кк К80 К50 К20
7	Защита от вредных биологических факторов: от микроорганизмов от насекомых	Бм Бн
8	Защита сигнальная	Со
9	Защита от нефти, нефтепродуктов, масел, жиров от сырой нефти; от продуктов легкой фракции; от нефтяных масел и тяжелых фракций; от растительных и животных масел и жиров	Нс Нп Нм Нж

Выдачу СИЗ осуществляют в соответствии с Инструкцией о порядке обеспечения рабочих и служащих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты и Типовыми отраслевыми нормами (табл. 1.6).

Специальная сигнальная одежда повышенной видимости производится в соответствии с ГОСТ Р 12.4.219–99 «Одежда специальная сигнальная повышенной видимости» из флуоресцентных материалов, она обеспечивает хорошую видимость человека в дневное время, а изготовленная из световозвращающих материалов, расположенных определенным способом, – предусматривает обеспечение хорошей видимости человека в темное время суток.

Флуоресцентный материал, пропитанный специальными красками и пигментами, преобразует невидимые ультрафиолетовые лучи в видимый свет. Фоновый материал, изготовленный из флуоресцентного материала желтого, оранжевого и красного цвета, обеспечивает высокую видимость в дневное время. Световозвращающий материал является рет-

рорефлектором и обладает светоотражательными свойствами. Комбинированный материал обладает свойствами световозвращающего и фоновочного материала одновременно.

Таблица 1.6

Обеспечение рабочих специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты

Рабочий	Специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты
Машинист электрического мостового крана, оператор крана-штабелера	Комбинезон хлопчатобумажный; галоши диэлектрические; перчатки диэлектрические. <i>На наружных работах зимой дополнительно:</i> куртка на утепляющей прокладке; брюки на утепляющей прокладке; валенки
Стропальщик	Комбинезон хлопчатобумажный; рукавицы комбинированные; каска защитная. <i>При занятости на горячих участках работ дополнительно:</i> ботинки кожаные с металлическим носком. <i>На наружных работах зимой дополнительно:</i> куртка на утепляющей прокладке; брюки на утепляющей прокладке; валенки
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования кранов	Комбинезон хлопчатобумажный; галоши диэлектрические; перчатки диэлектрические
Заведующий складом	<i>На складе металла, угля, леса и других материалов:</i> халат хлопчатобумажный; рукавицы комбинированные; ботинки кожаные или сапоги кирзовые <i>Зимой при работе в неотапливаемых помещениях и на наружных работах дополнительно:</i> куртка, брюки хлопчатобумажные на утепляющей прокладке; валенки. <i>На складе горючих и смазочных материалов:</i> фартук прорезиненный с нагрудником; рукавицы комбинированные. <i>На складе кислот, щелочей и других материалов:</i> костюм хлопчатобумажный с кислотозащитной пропиткой; сапоги резиновые, перчатки резиновые, очки защитные
Водитель авто- или электропогрузчика	Комбинезон хлопчатобумажный; сапоги резиновые; рукавицы комбинированные. <i>На наружных работах зимой дополнительно:</i> куртка хлопчатобумажная на утепляющей прокладке; брюки хлопчатобумажные на утепляющей прокладке

Окончание табл. 1.6

Рабочий	Специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты
Рабочий, выполняющий погрузочно-разгрузочные и складские работы	<p>При выполнении работы по погрузке и выгрузке вне цехов: <i>угля, песка, кокса, торфа и битума:</i> комбинезон хлопчатобумажный с капюшоном из пыленепроницаемой ткани; ботинки кожаные; рукавицы брезентовые; очки защитные; респиратор; каска защитная;</p> <p><i>пылящих грузов:</i> комбинезон хлопчатобумажный с капюшоном из пыленепроницаемой ткани; рукавицы брезентовые; очки защитные; респиратор</p>
Рабочий, выполняющий работы с минеральными удобрениями и пестицидами	<p><i>С пылящими, сыпучими и твердыми минеральными удобрениями и пестицидами:</i> комбинезон хлопчатобумажный и шлем из пыленепроницаемой ткани; рукавицы комбинированные; сапоги резиновые; респиратор; очки защитные;</p> <p><i>с жидкими ядохимикатами:</i> комбинезон хлопчатобумажный и шлем с кислотозащитной пропиткой; фартук прорезиненный с нагрудником; сапоги резиновые; перчатки резиновые; нарукавники прорезиненные; респиратор; очки защитные</p>

В соответствии с ГОСТ Р 12.4.219–99 устанавливается три основных цвета (желтый, оранжевый, красный) фоновых материалов для изготовления специальной сигнальной одежды, каждый из которых обеспечивает оптимальную видимость при дневном освещении на фоне практически любого городского или сельского ландшафта. Окончательный выбор цвета осуществляет работодатель, который учитывает преобладающий окружающий фон, при котором должна выполняться защита, и выбрать цвета, дающие наибольший контраст.

В соответствии с ГОСТ Р 12.4.219–99 установлено три класса защиты специальной сигнальной одежды в зависимости от площади установленных на ней сигнальных элементов. Минимальные площади сигнальных элементов из фоновых и световозвращающих материалов должны быть не менее нижеуказанных значений. При этом специальная сигнальная одежда должна одновременно содержать элементы необходимой площади, изготовленные из фонового и световозвращающего материала, или содержать элементы необходимой площади, изготовленные из комбинированного материала:

класс 1 (низшая степень защиты) – фоновый материал – 0,14 м², световозвращающий материал – 0,10 м² или комбинированный материал – 0,20 м²;

класс 2 (средняя степень защиты) – фоновый материал 0,50 м², световозвращающий материал – 0,13 м²;

класс 3 (высшая степень защиты) – фоновый материал – 0,80 м², световозвращающий материал – 0,2 м².

При усилении опасности возникновения несчастного случая, связанного с наездом транспортного средства на работающего в условиях недостаточной видимости, жилеты сигнальные могут заменяться на костюмы сигнальные 3-го класса защиты или костюмы сигнальные на утепляющей прокладке 3-го класса защиты.

Для работающих во взрыво- и пожароопасных условиях и условиях пониженной видимости вместо сигнальных костюмов можно применять хлопчатобумажные костюмы с огнестойкой световозвращающей лентой. Площадь ленты должна соответствовать 3-му классу защиты сигнальной специальной одежды повышенной видимости.

Типовые нормы бесплатной выдачи сигнальной одежды работникам некоторых отраслей экономики приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Типовые нормы бесплатной выдачи специальной сигнальной одежды повышенной видимости работникам

№ п/п	Профессия	Наименование сигнальной спецодежды	Класс защиты	Норма выдачи (единиц или комплектов)
Порты				
1	Водитель автомобиля, водитель электро- и автотележки	Жилет сигнальный	2	1
2	Машинист крана	Жилет сигнальный	2	1
3	Механизатор комплексной бригады погрузочно-разгрузочных работ	Костюм сигнальный Плащ непромокаемый с капюшоном сигнальным <i>На наружных работах зимой дополнительно:</i> костюм сигнальный на утепляющей прокладке	3 3 3	1 Дежурный 1

Продолжение табл. 1.7

№ п/п	Профессия	Наименование сигнальной спецодежды	Класс защиты	Норма выдачи (единиц или комплектов)
Порты				
3	Механизатор комплексной бригады погрузочно-разгрузочных работ	<i>При работах на трюмных, вагонных и складских машинах, работающих на перегрузке навалочных и сыпучих грузов:</i> жилет сигнальный	2	1
		<i>При перегрузке кислот и других едких веществ:</i> костюм сигнальный кислото-защитный	3	1
		<i>При выполнении работ по выгрузке древесины из воды:</i> жилет сигнальный	3	1
		<i>При выполнении работ по перегрузке пека:</i> жилет сигнальный	2	1
		<i>При выполнении работ по перегрузке пылящих грузов, зерна, угля, саж и апатитового концентрата:</i> жилет сигнальный	2	Дежурный
3	Механизатор комплексной бригады погрузочно-разгрузочных работ	<i>При выполнении обязанностей сигнальщика:</i> плащ непромокаемый сигнальный	2	1
		жилет сигнальный	2	1
4	Водитель погрузчика	Жилет сигнальный	2	1
Железные дороги				
5	Машинист, помощник машиниста крана, подсобный рабочий, занятый выгрузкой топлива из вагона	Жилет сигнальный	2	2
Общие профессии				
6	Машинист бульдозера, скрепера, экскаватора, помощник машиниста экскаватора	Жилет сигнальный	2	1

Продолжение табл. 1.7

№ п/п	Профессия	Наименование сигнальной спецодежды	Класс защиты	Норма выдачи (единиц или комплектов)
Общие профессии				
7	Машинист вагонопрокидывателя, машинист перегружателя	Жилет сигнальный	2	1
8	Машинист крана, машинист конвейера	Жилет сигнальный	2	1
9	Стропальщик	Жилет сигнальный	2	1
10	Такелажник	Жилет сигнальный	2	1
11	Такелажник на монтаже	Комбинезон сигнальный или костюм сигнальный <i>На наружных работах зимой дополнительно:</i> костюм сигнальный на утепляющей прокладке	3 3	1 По поясам (табл. 1.8)
12	Тракторист	Жилет сигнальный	2	1
13	Машинист буровой установки	Жилет сигнальный	2	1
14	Машинист подъемника грузопассажирского строительного	Жилет сигнальный	2	1
15	Машинист подъемника мачтового, стоечного и шахтного	Жилет сигнальный	2	1
16	Машинист установки по продавливанию и горизонтальному бурению грунта	Жилет сигнальный	2	1
Машиностроительное и металлообрабатывающее производства				
17	Машинист крана	<i>При работе на тельфере по транспортировке горячего металла:</i> жилет сигнальный	2	1
Кузнечно-прессовые и штамповочные работы				
18	Машинист крана	<i>При работе на тельфере по транспортировке горячего металла:</i> жилет сигнальный	2	1

Окончание табл. 1.7

№ п/п	Профессия	Наименование сигнальной спецодежды	Класс защиты	Норма выдачи (единиц или комплектов)
Разборка, ремонт, сборка и испытание тягачей, автомобилей и тракторов				
19	Водитель-испытатель	Жилет сигнальный	2	1

Специальная одежда, находящаяся в собственности организации, а также в хозяйственном ведении или оперативном управлении, учитывается до передачи в производство (или эксплуатацию) в составе оборотных активов организации по счету «Материалы».

Определение непригодности и решение вопроса о списании специальной одежды осуществляется в организации постоянно действующей инвентаризационной комиссией.

Учитывая объем работ, их специальный характер, организации могут создавать рабочие инвентаризационные комиссии.

Функциями комиссии в части вопросов использования специальной одежды являются:

непосредственный осмотр объектов специальной одежды, предъявленных к списанию, и установление их непригодности к дальнейшему использованию или возможности (невозможности) и целесообразности их восстановления;

определение причин выхода из строя (нормальный износ, нарушение нормальных условий эксплуатации, авария, пожар и т. д.);

выявление лиц, по вине которых объект специальной одежды преждевременно вышел из строя, внесение руководству организации предложений о привлечении этих лиц к ответственности, установленной законодательством;

определение возможности использования отдельных узлов, деталей, материалов и других частей списываемого имущества;

составление акта на списание специальной одежды и представление акта на утверждение руководителю организации или уполномоченному им лицу;

осуществление контроля за разборкой списанных объектов (после утверждения акта о списании), за изъятием из них годных узлов, деталей, в том числе содержащих драгоценные металлы, материалов и других годных частей.

Специальная одежда, находящаяся в производстве (эксплуатации), списывается по остаточной стоимости (фактической себестоимости имущества за вычетом части ее стоимости, списанной на себестоимость продукции (работ, услуг)) с кредита счета «Материалы» в дебет счета «Недостачи и потери от порчи ценностей» с одновременным списанием в соответствующих случаях фактической себестоимости специальной одежды с забалансового учета.

Таблица 1.8

Климатические регионы (пояса) Российской Федерации

Климатический регион (пояс) и соответствующие ему температура воздуха** и скорость ветра***	Регион Российской Федерации*	Представительные города
Ia («особый»), (–25 °С, 6,8 м/с)	Магаданская область (районы: Омсукчанский, Ольский, Северо-Эвенский, Среднеканский, Сусуманский, Тенькинский, Хасынский, Ягоднинский), Республика Саха (Якутия) (Оймяконский район), территория, расположенная севернее Полярного круга (кроме Мурманской) области, Томская область (территории Александровского и Каргасокского районов, расположенных севернее 60° северной широты), Тюменская область (районы Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, расположенных севернее 60° северной широты), Чукотский автономный округ	Норильск, Тикси, Диксон
Iб (IV), (–41 °С, 1,3 м/с)	Архангельская область (кроме районов, расположенных за Полярным кругом), Иркутская область (районы: Бодайбинский, Катангский, Киренский, Мамско-Чуйский), Камчатская область, Республика Карелия (севернее 63° северной широты), Республика Коми районы, расположенные южнее Полярного круга), Красноярский край (территории Эвенского автономного округа и Туруханского района, расположенного южнее Полярного круга), Курильские острова	Якутск, Оймякон, Верхоянск, Туруханск, Уренгой, Надым, Салехард, Магадан, Олекминск

Продолжение табл. 1.8

Климатический регион (пояс) и соответствующие ему температура воздуха** и скорость ветра***	Регион Российской Федерации*	Представительные города
Iб (IV), (–41 °С, 1,3 м/с)	Магаданская область (кроме Чукотского автономного округа и районов, перечисленных ниже), Мурманская область, Республика Саха (Якутия) (кроме Оймяконского района и районов, расположенных севернее Полярного круга), Сахалинская область (районы: Ногликский, Охтинский), Томская область (районы: Бакчарский, Верхнекетский, Кривошеинский, Молчановский, Парабельский, Чаинский и территории Александровского и Кургасокского районов, расположенных южнее 60° северной широты), Тюменская область (районы Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, кроме районов, расположенных севернее 60° северной широты), Хабаровский край (районы: Аяно-Майский, Николаевский, Охотский, им. Полины Осипенко, Тугуро-Чумиканский, Ульчский)	
II (III), (–18 °С, 3,6 м/с)	Республика Алтай, Амурская область, Республика Башкортостан, Республика Бурятия, Вологодская область, Иркутская область (кроме районов, перечисленных ниже), Республика Карелия, Кемеровская область, Кировская область, Костромская область, Красноярский край (кроме районов, перечисленных ниже), Курганская область, Новосибирская область, Омская область, Оренбургская область, Пермская область, Сахалинская область (кроме районов, перечисленных ниже), Свердловская область, Республика Татарстан, Томская область (кроме районов, перечисленных ниже), Республика Тыва, Тюменская область (кроме районов, перечисленных ниже), Удмуртская Республика, Хабаровский край (кроме районов, перечисленных ниже), Челябинская область, Читинская область	Новосибирск, Омск, Томск, Челябинск, Тюмень, Чита, Сургут, Тобольск, Иркутск, Хабаровск, Пермь, Оренбург

Окончание табл. 1.8

Климатический регион (пояс) и соответствующие ему температура воздуха** и скорость ветра***	Регион Российской Федерации*	Представительные города
III (II), (-9,7 °С, 5,6 м/с)	Астраханская область, Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Волгоградская область, Воронежская область, Ивановская область, Калужская область, Курская область, Ленинградская область, Липецкая область, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Калмыкия, Московская область, Нижегородская область, Новгородская область, Орловская область, Ростовская область	Астрахань, Белгород, Санкт-Петербург, Москва, Мурманск, Нижний Новгород
IV (I), (-1,0 °С, 2,7 м/с)	Калининградская область, Ставропольский край, Краснодарский край, республики: Дагестан, Кабардино-Балкарская, Чеченская, Ингушетия, Северная Осетия	Ставрополь, Сочи, Краснодар, Майкоп, Туапсе, Нальчик, Махачкала

*Приведено районирование по поясам, разработанное в целях бесплатной выдачи работнику теплой спецодежды и теплой спецобуви (постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 31.12.97 № 70). При несоответствии метеорологических условий в том или ином регионе Российской Федерации приведенным в первой графе величинам, следует определять принадлежность климатического региона в соответствии со средними значениями температуры воздуха и наиболее вероятными величинами скорости ветра в данной местности;

** средняя температура воздуха зимних месяцев;

*** средняя скорость ветра из наиболее вероятных величин в зимние месяцы.

К средствам обеспечения безопасности также относятся инструктаж по охране труда, обучение безопасным приемам и методам работы, стажировка на рабочем месте, культура безопасного поведения и пропаганда здорового образа жизни, рационализация режимов труда и отдыха, контроль и надзор за соблюдением требований законодательства о труде и об охране труда и др.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается роль и назначение классификации опасных и вредных производственных факторов?
2. Что входит в понятие идентификация? Приведите примеры.
3. Что следует из аксиомы о потенциальной опасности деятельности человека?
4. Что такое профессиональный риск?
5. Что такое допустимый риск?
6. В чем заключается отличие остаточного риска от допустимого?
7. Какими методами достигается обеспечение безопасности труда?
8. Какие существуют средства обеспечения безопасности труда?
9. Как реализуется в условиях производства принцип активности оператора?
10. Как реализуется в системах обеспечения безопасности принцип блокировки?
11. Приведите примеры реализации принципа слабого звена.
12. Приведите примеры реализации принципа прочности.
13. Приведите примеры реализации принципа информации.
14. Приведите примеры реализации принципа резервирования.
15. Приведите примеры реализации принципа нормирования.
16. Приведите примеры реализации принципа экранирования.
17. Что такое класс профессионального риска?
18. Назовите классы СИЗ.
19. Что такое физический вред?
20. Что такое моральный вред?

Глава 2. ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О ТРУДЕ И ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

2.1. Законодательные, нормативные и правовые акты о труде и об охране труда

Правовую основу охраны труда составляют законодательные, нормативные и правовые акты, имеющие различную юридическую силу. По этому признаку их можно разделить на следующие группы:

- законодательные акты;
- подзаконные акты;
- нормативные правовые акты;
- руководящие документы.

Группу законодательных актов о труде и об охране труда составляют:

Конституция Российской Федерации (принята по результатам референдума 12 декабря 1993 г.);

Трудовой кодекс Российской Федерации (введен в действие с 1 февраля 2002 г.);

Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля 1998 г. № ФЗ-125;

Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г. № ФЗ-69;

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 20 июня 1997 г. № ФЗ-116;

Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № ФЗ-184 и др.

В Конституции Российской Федерации исходя из общепризнанных принципов и норм международного права, закрепленных Всемирной организацией здравоохранения Организации Объединенных Наций (ВОЗ ООН), Международной организацией труда ООН (МОТ ООН), содержится ряд статей (7, 37, 41, 42), имеющих отношение к труду и охране труда.

Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) устанавливает цели и задачи трудового законодательства, принципы правового регулирования трудовых отношений: права и обязанности работодателя, работни-

ка, взаимные соглашения сторон при заключении трудового договора (контракта). Он определяет понятие коллективного договора и устанавливает порядок его разработки. ТК РФ устанавливает продолжительность рабочего времени и времени отдыха, регламентирует применение труда женщин, лиц моложе 18 лет, инвалидов, вопросы оплаты труда в зависимости от вида и условий работы, устанавливает льготы и компенсации за неблагоприятные условия труда.

Конституционные положения по охране труда приведены в прил. 1.

ТК РФ определяет обязанности администрации по обеспечению безопасных и здоровых условий труда, материальную ответственность работодателя за ущерб, причиненный работникам повреждением их здоровья.

ТК РФ устанавливает правовые основы регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и направлен на создание условий труда, соответствующих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. ТК РФ содержит определение основных понятий, в частности, что такое охрана труда, условия труда, вредный и опасный производственный фактор, определяет законодательство Российской Федерации об охране труда, сферу его применения (ст. 209) и т. д. В ТК РФ указаны основные направления государственной политики в области охраны труда (ст. 204).

Статьи 164 и 165 ТК РФ содержат права и гарантии работников на труд в условиях, соответствующих требованиям охраны труда. Впервые предусмотрено личное участие работника в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве. Запрещено применение труда женщин и лиц моложе 18 лет на тяжелых работах с вредными и опасными условиями труда.

Принципиально новым в ТК РФ является положение о службе охраны труда в организации (ст. 217): «... работодатель, численность работников которого превышает 50 человек, создает службу охраны труда или вводит должность специалиста по охране труда».

Статья 419 ТК РФ предусматривает ответственность за нарушение требований трудового законодательства.

Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» устанавливает правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве. Закон определяет порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей. В этом

Законе впервые между работником (субъектом страхования) и работодателем (страхователем) встает страховщик (Фонд социального страхования), который берет на себя определенные обязательства и гарантирует их выполнение, даже при ликвидации или банкротстве предприятия (страхователя).

В группу подзаконных актов входят: указы Президента Российской Федерации; постановления Правительства Российской Федерации; решения судов и арбитражных судов; постановления министерств и ведомств, палат Федерального Собрания Российской Федерации, а также нормативные акты, издающиеся исполнительными органами власти, в пределах своей компетенции.

Важнейшими подзаконными актами являются:

Постановление Правительства Российской Федерации от 31 августа 1999 г. № 935 «Об утверждении Правил отнесения отраслей (подотраслей) экономики к классу профессионального риска»;

Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 8 февраля 2000 г. № 4 «Об утверждении Рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации»;

Постановление Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 24 февраля 2005 г. № 160 «Об утверждении Схемы определения тяжести несчастных случаев на производстве»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 653 «О формах документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и особенностях расследования несчастных случаев на производстве»;

Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации «Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» от 24 октября 2002 г. № 73 и др.

Перечень видов нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда (табл. 2.1), утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 2000 г. № 399.

Государственные нормативные требования охраны труда, содержащиеся в нормативных правовых актах, указанных в табл. 2.1, разрабатываются и утверждаются в следующем порядке:

межотраслевые правила и типовые инструкции по охране труда разрабатываются с участием заинтересованных федеральных органов

исполнительной власти и утверждаются Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России);

отраслевые правила и типовые инструкции по охране труда разрабатываются и утверждаются соответствующими федеральными органами исполнительной власти по согласованию с Минсоцразвития России;

правила и инструкции по безопасности, правила устройства и безопасной эксплуатации, строительные и санитарные нормы и правила, гигиенические нормативы и государственные стандарты безопасности труда, своды правил по проектированию и строительству в части государственных нормативных требований охраны труда разрабатываются и утверждаются соответствующими федеральными органами исполнительной власти по согласованию с Минздравсоцразвития России.

Таблица 2.1

Нормативные акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда

Нормативный акт	Федеральный орган исполнительной власти, утверждающий акт
Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М), межотраслевые инструкции по охране труда (ТИ Р М)	Минздравсоцразвития России
Отраслевые правила по охране труда (ПОТ Р О), типовые инструкции по охране труда (ТИ Р О)	Федеральные органы исполнительной власти
Правила безопасности (ПБ), правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), инструкции по безопасности (ИБ)	Ростехнадзор
Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (ГОСТ Р ССБТ)	Ростехрегулирование, Госстрой России
Строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству (СП)	Госстрой России
Санитарные правила (СП), гигиенические нормативы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПиН), санитарные нормы (СН)	Минздравсоцразвития России

Разрабатываемые нормативные правовые акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда, подлежат направлению для рассмотрения и согласования в соответствующие профсоюзные органы.

Государственные нормативные требования охраны труда утверждаются сроком на пять лет и могут быть продлены не более чем на два срока.

Решение о продлении срока действия государственных нормативных требований охраны труда либо об их досрочной отмене может быть принято не позднее чем за девять месяцев до окончания срока их действия.

При изменении законодательства Российской Федерации об охране труда, межотраслевых правил и типовых инструкций по охране труда, при внедрении новой техники и технологий, а также по результатам анализа производственного травматизма, профессиональных заболеваний, аварий и катастроф в Российской Федерации государственные нормативные требования охраны труда подлежат пересмотру независимо от установленного срока их действия.

Руководящий документ по охране труда – это организационно-методический и нормативный документ по охране труда. К руководящим документам относятся:

- правила по охране труда отраслевые (ПОТ О);
- типовые отраслевые инструкции по охране труда (ТОИ);
- отраслевые положения, методические указания, рекомендации.

Руководящие документы должны содержать единые нормативные требования по охране труда:

- при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов;
- конструировании машин, механизмов и оборудования;
- разработке технологических процессов.

При разработке руководящего документа устанавливаются следующие стадии:

- организация разработки, составление, согласование и утверждение технического задания;
- разработка первой редакции проекта документа и рассылка на отзыв;
- рассмотрение отзывов, разработка окончательной редакции проекта документа;
- подготовка, согласование и внесение проекта документа на утверждение;
- рассмотрение проекта документа, его утверждение и регистрация;
- издание руководящего документа и рассылка на предприятия.

Техническое задание должно разрабатываться ведущей организацией-разработчиком руководящего документа с участием организации-исполнителя.

Техническое задание утверждает орган, с которым заключен договор по согласованию с организацией-разработчиком (исполнителем).

Первую редакцию проекта руководящего документа с пояснительной запиской исполнитель должен разослать на отзыв в организации по перечню, установленному техническим заданием. Пояснительная записка к проекту руководящего документа должна содержать:

- основание для разработки руководящего документа;
- цели и задачи разработки руководящего документа;
- предлагаемый срок введения документа в действие;
- взаимосвязь с другими документами;

сведения о рассылке на отзыв (количество организаций, приславших отзывы, от общего количества организаций, которым рассылали проект документа; результаты их рассмотрения).

Отзывы по проекту руководящего документа должны представляться организации-разработчику не позднее чем через 30 дней со дня поступления проекта документа на отзыв. С учетом представленных отзывов организация-разработчик подготавливает окончательную редакцию и сводку заключений по проекту руководящего документа. При наличии принципиальных замечаний по существу проекта руководящего документа организация-разработчик должна проводить согласительное совещание, на которое приглашаются представители заинтересованных предприятий и организаций, уполномоченные принимать решения.

Решение согласительного совещания оформляется протоколом, подписанным председателем и секретарем совещания. По руководящему документу, подлежащему доработке, в протоколе должны отмечаться конкретные недостатки. Окончательная редакция проекта руководящего документа, разработанная на основании рассмотрения отзывов и решений, принятых на согласительном совещании, представляется на согласование в Управление промышленной безопасности и охраны труда. Проект руководящего документа, представленный на согласование, следует рассмотреть в срок, не превышающий 30 дней со дня его поступления.

После согласования с Управлением промышленной безопасности и охраны труда руководящий документ должен быть согласован с федеральными органами надзора (Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и др.) в части вопросов, относящихся к их компетенции. Если согласование руководящего документа с федеральными органами надзора не требуется, то руководящий документ представляется на утверждение руководству Минздравсоцразвития Российской Федерации. Согласованный с федеральными органами надзора

руководящий документ также представляется на утверждение руководству отраслевого министерства.

При регистрации руководящего документа присваивается условное обозначение, которое состоит:

из индекса;

порядкового номера по книге регистрации;

последних двух цифр года утверждения.

Пример: ПОТ РО-01-003–95,

где ПОТ – правила по охране труда; Р – Российская Федерация; О – отраслевые; 01 – код отрасли; 003 – регистрационный номер; 95 – год утверждения.

Пример: ТОИ Р-01-001–95,

где ТОИ – типовая отраслевая инструкция; Р – Российская Федерация; 01 – код отрасли; 001 – регистрационный номер; 95 – год утверждения.

Организация-разработчик руководящего документа после его регистрации хранит один экземпляр утвержденного документа со всеми материалами в архиве. Пересмотр и переутверждение руководящих документов осуществляются не реже одного раза в пять лет. Если руководящий документ утверждается взамен действующего с тем же названием, то сохраняется его прежний индекс с соответствующим изменением цифр года утверждения. При переиздании руководящего документа, в который были внесены изменения и дополнения, последние вносят в нормативный документ. В этом случае индекс руководящего документа сохраняется с дополнением – звездочкой, свидетельствующей о переиздании с изменениями и дополнениями.

Пример: ТОИ О-01-001–95*.

2.2. Техническое регулирование и стандартизация

В связи с предстоящим вступлением Российской Федерации во Всемирную торговую организацию предусматривается радикальное изменение существующих требований безопасности путем постепенного создания и введения в действие системы технического законодательства – технического регулирования.

Техническое регулирование – это правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установ-

ления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Техническое регулирование предполагает ревизию нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда (см. табл. 2.1), их систематизацию с учетом современного состояния экономики и производственного потенциала страны, перспектив и тенденций его развития, а также мирового опыта и международных стандартов.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» все обязательные требования, предъявляемые к экономической деятельности, должны быть представлены в технических регламентах.

Технический регламент – это документ (рис. 2.1), который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (ОТР). Сфера действия технических регламентов как законодательных актов распространяется:

на материальные объекты (различные виды продукции, в том числе здания, строения, сооружения);

технологические процессы (производство, эксплуатация, хранение, перевозка, реализация и утилизация).

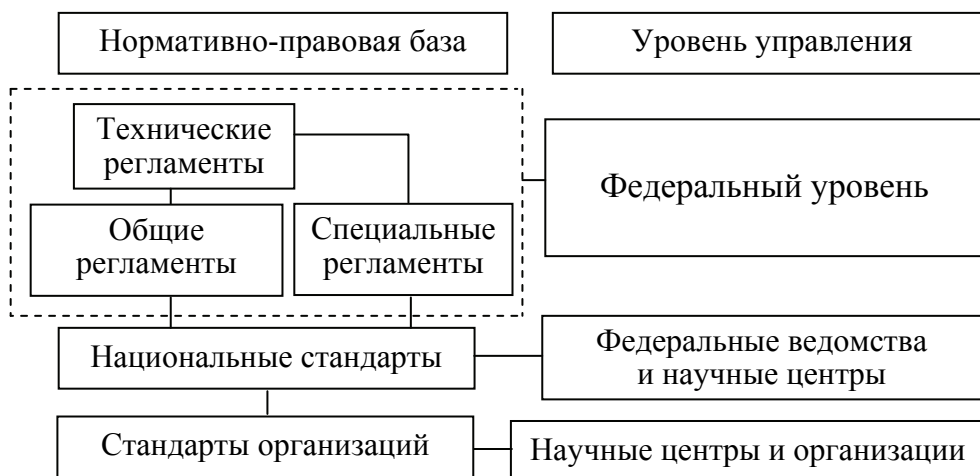


Рис. 2.1. Система общих и специальных технических регламентов

Требования к ОТР формируются таким образом, чтобы их соблюдение могло предотвратить опасные проявления свойств ОТР. Требования должны быть выражены в техническом регламенте в виде некоторого набора свойств и (или) параметров процесса и значений физических величин, характеризующих свойства. Одновременно должны быть описаны критерии выбора этих свойств и величин. Регламентированию будут подлежать характеристики, влияющие согласно ст. 7 Федерального закона «О техническом регулировании» на безопасность защищаемых объектов: от излучений, биологических воздействий, взрывов, механических воздействий, пожаров, промышленных опасностей, термических воздействий, химических воздействий, поражений электрическим током и электромагнитными полями, ядерного и радиационного влияния.

Будут регламентироваться также характеристики, обеспечивающие электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, единство измерений.

Одним из элементов технического регулирования является стандартизация. основополагающей в национальной системе стандартизации в области безопасности производственной деятельности является Система стандартов безопасности труда (ССБТ), которой присвоен индекс 12; она разделена на 10 классификационных групп:

0 – основополагающие стандарты, устанавливающие структуру и терминологию в области безопасности труда, классификацию опасных и вредных производственных факторов, организацию обучения работника безопасности труда;

1 – требования и нормы по видам опасных и вредных факторов устанавливают предельно допустимые уровни опасных и вредных факторов, методы и средства защиты от опасностей и способы контроля;

2 – требования безопасности к производственному оборудованию (к конструкции в целом и отдельным узлам, органам управления, средствам защиты, сигнализации и контроля);

3 – требования безопасности к производственным процессам регламентируют размещение оборудования и рабочих мест, режимы работы, требования к материалам, хранению и транспортировке сырья, изделий и отходов производства, применение средств защиты;

4 – требования к средствам защиты работника устанавливают необходимые конструктивные, эксплуатационные, защитные и гигиенические свойства средств защиты в зависимости от действующих опасностей и вредностей, а также методы испытаний и оценки;

5 – требования к зданиям и сооружениям;

6–9 – резервные группировки.

В качестве основы при разработке национальных стандартов используют международные стандарты – стандарты, принятые международной организацией, например, Международной электротехнической комиссией и др.

Документ, подразумевающий добровольное исполнение только организацией, принявшей его, называется стандартом организации; он вводится в действие приказом руководителя организации и согласовывается с представительным органом трудового коллектива.

Национальные и международные стандарты могут использоваться в качестве основы для разработки технических регламентов и содействия соблюдению их требований.

2.3. Аттестация рабочих мест по условиям труда

Аттестация рабочих мест по условиям труда представляет систему анализа и оценки состояния условий труда на рабочих местах (рис. 2.2) комиссией предприятия для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работников с условиями труда, сертификации работ по охране труда, подтверждения или отмены права предоставления компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда.

Подготовка к аттестации рабочих мест по условиям труда заключается в составлении перечня всех рабочих мест и выявлении опасных и вредных факторов производственной среды, подлежащих инструментальной оценке, с целью определения фактических значений их параметров. При аттестации рабочих мест проводится гигиеническая оценка условий труда, оценка травмобезопасности оборудования и приспособлений. При этом учитываются обеспеченность работников СИЗ средствами коллективной защиты, а также эффективность этих средств.

Уровни опасных и вредных производственных факторов определяют на основе инструментальных измерений. Инструментальные измерения физических, химических, биологических и психофизиологических факторов, эргономические исследования выполняют в процессе работы. Измерения параметров опасных и вредных производственных факторов, определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса осуществляют лабораторные подразделения организации.

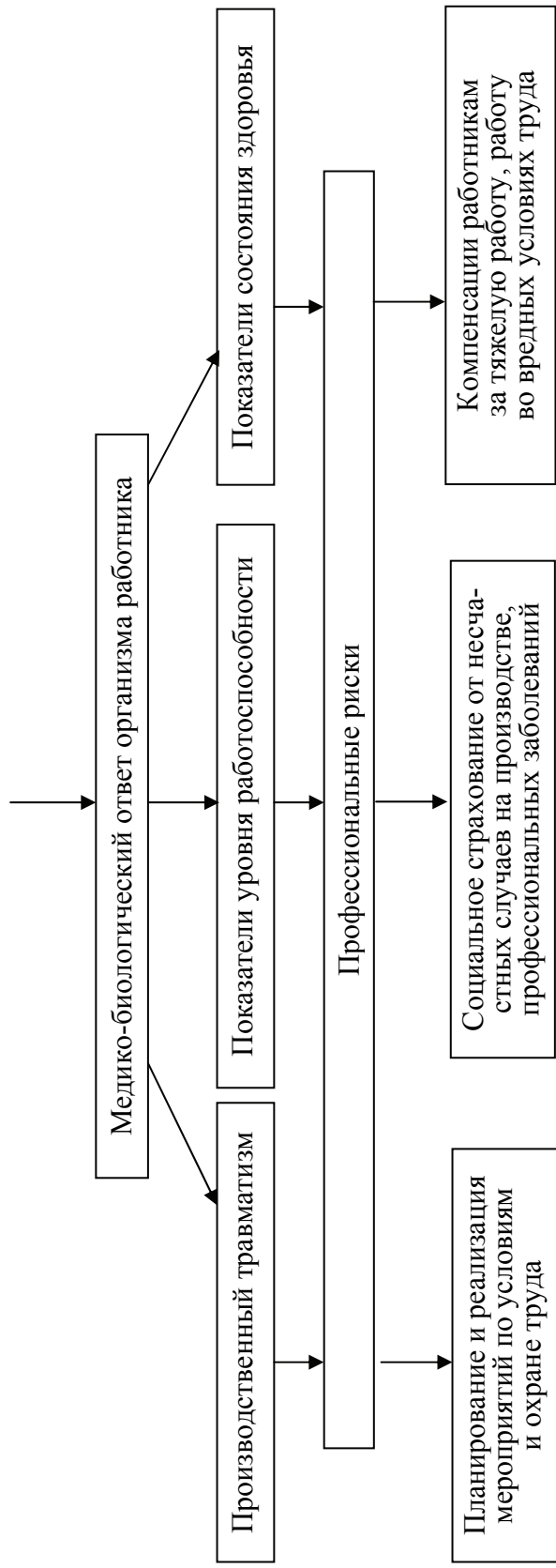


Рис. 2.2. Цели и задачи аттестации рабочих мест по условиям труда (окончание)

При отсутствии у организации необходимых для этого технических средств и нормативно-справочной базы привлекаются центры государственного санитарно-эпидемиологического надзора, лаборатории органов Федеральной службы по труду и занятости населения и другие лаборатории, аккредитованные (аттестованные) на право проведения указанных измерений.

Инструментальные измерения уровней производственных факторов оформляют протоколами.

На каждое рабочее место (или группу аналогичных по характеру выполняемых работ и по условиям труда рабочих мест) составляется карта аттестации рабочих(его) мест(а) по условиям труда.

При отсутствии на рабочем месте опасных и вредных производственных факторов или соответствии их фактических значений оптимальным (условия труда класса 1) или допустимым (условия труда класса 2) величинам, а также при выполнении требований по травмобезопасности и обеспеченности работников СИЗ согласно гигиеническим критериям оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса (Р 2.2.755–99) условия труда на рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и требованиям безопасности. Рабочее место признается аттестованным.

В случаях, когда на рабочем месте значения опасных и вредных производственных факторов превышают существующие нормы или требования по травмобезопасности и обеспеченности работников СИЗ не соответствуют существующим нормам, условия труда на таком рабочем месте относят к вредным и (или) опасным.

При отнесении условий труда к 3-му классу (вредному) рабочее место признается условно аттестованным с указанием соответствующего класса и степени вредности (3.1, 3.2, 3.3, 3.4, а также 3.0 – по травмобезопасности) и внесением предложений по приведению его в соответствие с нормативными правовыми актами по охране труда в план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации.

При отнесении условий труда к 4-му классу (опасному) рабочее место признается не аттестованным и подлежит незамедлительному переоснащению или ликвидации.

По результатам аттестации рабочих мест заполняют:

ведомость рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в подразделении;

сводную ведомость рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в организации;

протокол аттестации рабочих мест по условиям труда.

После завершения работы по аттестации руководитель предприятия издает приказ, в котором дает оценку проведенной работы и утверждает ее результаты, которые доводят до сведения работников.

Сроки проведения аттестации устанавливаются предприятием исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в пять лет с момента проведения последних измерений. Обязательной переаттестации подлежат рабочие места после замены производственного оборудования, изменения технологического процесса, реконструкции средств коллективной защиты и др., а также по требованию органов Федеральной службы по труду и занятости населения при выявлении нарушений при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. Результаты переаттестации оформляются в виде приложения по соответствующим позициям к карте аттестации рабочего места по условиям труда.

Документы аттестации рабочих мест по условиям труда являются материалами строгой отчетности и подлежат хранению в течение 45 лет.

Государственный контроль за качеством проведения аттестации рабочих мест по условиям труда выполняют органы федеральной службы по труду и занятости населения. Ответственность за проведение аттестации рабочих мест по условиям труда несет руководитель организации.

Результаты аттестации рабочих мест по условиям труда используют в целях:

планирования и проведения мероприятий по охране и условиям труда в соответствии с действующими нормативными правовыми документами;

обоснования предоставления льгот и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда, в предусмотренном законодательством порядке;

решения вопроса о связи заболевания с профессией при подозрении на профессиональное заболевание, установлении диагноза профзаболевания, в том числе при решении споров, разногласий в судебном порядке;

рассмотрения вопроса о прекращении (приостановлении) эксплуатации цеха, участка, производственного оборудования, изменении технологий, представляющих непосредственную угрозу для жизни и (или) здоровья работников;

включения в трудовой договор (контракт) условий труда работников;

ознакомления работающих с условиями труда на рабочих местах;
составления статистической отчетности о состоянии условий труда, льготах и компенсациях за работу с вредными и опасными условиями труда;

применения административно-экономических санкций (мер воздействия) к виновным должностным лицам в связи с нарушением законодательства об охране труда.

С учетом результатов аттестации рабочих мест по условиям труда аттестационная комиссия разрабатывает предложения о порядке подготовки подразделений организации к их сертификации на соответствие требованиям по охране труда и намечает мероприятия, конкретизирующие содержание такой подготовки.

2.4. Система сертификации работ по охране труда

Система сертификации работ по охране труда (ССОТ) – проверка и оценка соответствия элементов деятельности работодателя по обеспечению охраны труда государственным нормативным требованиям охраны труда с учетом проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и особенностей организации работ по охране труда в той или иной отрасли экономики. Основной целью ССОТ является содействие методами и средствами сертификации поэтапному решению проблемы создания здоровых и безопасных условий труда на основе их достоверной оценки, а также учета результатов сертификации при реализации механизма экономической заинтересованности работодателей в улучшении условий труда.

Объектами сертификации в ССОТ являются работы по охране труда, выполняемые организациями независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, в том числе:

деятельность работодателя по обеспечению безопасных условий труда в организации;

деятельность службы охраны труда;

работы по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда;

организация и проведение инструктажа по охране труда работников и проверки их знаний.

Организационную структуру ССОТ, обеспечивающую ее деятельность, образуют: Минздравсоцразвития России; Центральный орган ССОТ; центральные органы отраслевых подсистем ССОТ; аккредитованные органы по сертификации; аккредитованные испытательные лаборатории (центры).

ССОТ включает следующие этапы:

подачу заявки на проведение сертификации работ по охране труда, рассмотрение заявки и принятие по ней решения;

проведение проверки и оценки соответствия работ по охране труда на предприятии установленным государственным нормативным требованиям охраны труда;

анализ полученных результатов проверки и оценки соответствия работ по охране труда установленным государственным нормативным требованиям охраны труда, принятие решения о возможности выдачи (отказе в выдаче) сертификата безопасности;

выдачу сертификата безопасности;

инспекционный контроль за сертифицированными работами по охране труда

Проверку соответствия работ по охране труда установленным государственным нормативным требованиям охраны труда осуществляет комиссия, формируемая руководителем органа по сертификации, в которую входят представители органа по сертификации, включая экспертов по сертификации.

Процедура подтверждения соответствия работ по охране труда включает оценку:

соответствия деятельности работодателя по обеспечению безопасных условий труда в организации;

деятельности службы охраны труда;

деятельности работодателя по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда.

Орган по сертификации на основе анализа результатов проверки и оценки соответствия работ по охране труда на предприятии установленным государственным нормативным требованиям охраны труда принимает решение о возможности выдачи сертификата безопасности. При отрицательных результатах анализа проверки и оценки соответствия работ по охране труда установленным государственным нормативным требованиям охраны труда орган по сертификации принимает решение об отказе в выдаче сертификата безопасности с указанием причин отказа и доводит его до сведения заявителя.

2.5. Государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и об охране труда

Государственный надзор и контроль осуществляют специально уполномоченные на то органы и инспекции.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) – это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по принятию нормативных правовых актов, контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия (в том числе в области обращения с отходами производства и потребления), безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, охраны недр, промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии, безопасности электрических и тепловых установок и сетей (кроме бытовых установок и сетей), безопасности гидротехнических сооружений на объектах промышленности и энергетики, безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения, а также специальные функции в области государственной безопасности в указанной сфере.

Федеральная инспекция труда – это единая федеральная централизованная система органов, осуществляющих государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации о труде и охране труда всеми юридическими и физическими лицами, на которых это законодательство распространяется; находится в ведении Минздравсоцразвития России.

Федеральная служба по труду и занятости населения – это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по надзору и контролю в сфере труда, по оказанию государственных услуг в сфере содействия занятости населения и защиты от безработицы, регулирования коллективных трудовых споров и др.; находится в ведении Минздравсоцразвития России.

Федеральная противопожарная служба – составная часть Государственной противопожарной службы МЧС России; выполняет следующие основные задачи:

организацию и осуществление государственного пожарного надзора;

контроль за исполнением федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской

Федерации, органами местного самоуправления и организациями федеральных законов, технических регламентов и иных нормативных правовых актов в области пожарной безопасности и др.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) – уполномоченный федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, защиты прав потребителей и потребительского рынка; находится в ведении Минздравсоцразвития России.

Федеральная служба по надзору в сфере транспорта – это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по контролю и надзору в сфере гражданской авиации, морского (включая морские торговые, специализированные, рыбные порты, кроме портов рыбопромысловых колхозов), внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного (кроме вопросов безопасности дорожного движения), промышленного транспорта и дорожного хозяйства; находится в ведении Министерства транспорта Российской Федерации;

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции в сфере технического регулирования и метрологии; находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации;

Государственная инспекция безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации (ГИБДД МВД России) – это инспекция, осуществляющая специальные контрольные, надзорные и разрешительные функции в области обеспечения безопасности дорожного движения.

Федеральная служба государственной статистики (Росстат) – это уполномоченный федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции в сфере государственной статистической деятельности, формирование официальной статистической информации о социальном, экономическом, демографическом и экологическом положении страны, а также в порядке и случаях, установленных законодательством Российской Федерации, функции по контролю в сфере государственной статистической деятельности.

Министерства и ведомства осуществляют ведомственный (внутриведомственный) контроль за соблюдением законодательства о труде и об охране труда на подчиненных им предприятиях.

Высший надзор за исполнением законодательства о труде и об охране труда осуществляет Генеральный прокурор Российской Федерации с подчиненными ему нижестоящими прокурорами.

2.6. Ответственность за нарушение законодательства о труде и об охране труда

Ответственность за состояние охраны труда в организации несет работодатель. Ответственность за выполнение требований правил, норм и инструкций по охране труда несут должностные лица, которым работодатель по системе управления делегировал в этой области как часть прав, обязанностей, так и ответственности.

В зависимости от характера нарушений и их последствий должностные лица несут ответственность в дисциплинарном, административном и уголовном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Работники при невыполнении ими требований, изложенных в инструкциях по охране труда по их профессиям или видам работ, в зависимости от характера нарушений несут ответственность в дисциплинарном, административном или уголовном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Дисциплинарная ответственность – это вид юридической ответственности, которая выражается в применении уполномоченным органом (должностным лицом) на подчиненных им в той или иной форме нарушителей дисциплинарного взыскания: замечания, выговора, строгого выговора, предупреждения о неполном служебном соответствии, увольнения. Вопрос о привлечении к дисциплинарной ответственности ставят уполномоченные органы (должностные лица), которым это право предоставлено законодательством Российской Федерации.

Административная ответственность предусматривается в отношении физических и юридических лиц в соответствии с Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП РФ). В области нарушения законодательства о труде и об охране труда определены следующие административные правонарушения (см. прил. 3):

- посягающие на права граждан (гл. 5 КоАП РФ), общественный порядок и общественную безопасность (гл. 20 КоАП РФ);
- в промышленности, строительстве, энергетике (гл. 9 КоАП РФ).

За совершение административных правонарушений могут устанавливаться и применяться следующие административные наказания:

- 1) предупреждение;
- 2) административный штраф;
- 3) возмездное изъятие орудия совершения или предмета административного правонарушения;
- 4) конфискация орудия совершения или предмета административного правонарушения;
- 5) лишение специального права, предоставленного физическому лицу;
- 6) административный арест;
- 7) административное выдворение за пределы Российской Федерации иностранного гражданина или лица без гражданства;
- 8) дисквалификация;
- 9) административное приостановление деятельности.

В отношении юридического лица могут применяться административные наказания, перечисленные в пп. 1–4, 9.

Предупреждение, административный штраф, лишение специального права, предоставленного физическому лицу, административный арест, дисквалификация и административное приостановление деятельности могут устанавливаться и применяться только в качестве основных административных наказаний.

Возмездное изъятие орудия совершения или предмета административного правонарушения, конфискация орудия совершения или предмета административного правонарушения, а также административное выдворение за пределы Российской Федерации иностранного гражданина или лица без гражданства может устанавливаться и применяться в качестве как основного, так и дополнительного административного наказания.

За одно административное правонарушение может быть назначено основное либо основное и дополнительное административное из наказаний, указанных в санкции применяемой статьи Особенной части КоАП РФ или закона субъекта Российской Федерации об административной ответственности.

Уголовная ответственность – это юридическая ответственность в соответствии с уголовным правом лица, совершившего уголовно наказуемое деяние (преступление); за нарушение законодательства об охране труда она предусмотрена в статьях 143, 215, 216, 217, 218, 219, 269 Уголовного кодекса Российской Федерации (см. прил. 4). Вопрос о привлечении к уголовной ответственности ставит прокуратура по данным рас-

следования аварий, несчастных случаев и передает материалы в суд. Вид наказания (штраф, лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, ограничение свободы, лишение свободы на определенный срок и др.) определяет приговор суда.

Смешанная ответственность – это ответственность работодателя и самого пострадавшего; применяется в том случае, если повреждение здоровья работника наступило не только по вине работодателя, но и вследствие грубой неосторожности пострадавшего. Основанием для смешанной ответственности работодателя за повреждение здоровья работника является любая степень неосторожной вины работодателя в обеспечении безопасных условий труда, принимается во внимание не только грубая, но и простая (легкая) неосторожность.

Вина пострадавшего учитывается при условии, если он допустил грубую неосторожность. Неосторожность действий проявляется в том, что работник не предвидел последствий своих поступков, хотя и должен был их предвидеть (небрежность), или в том, что он предвидел эти последствия, но легкомысленно рассчитывал их предотвратить (самонадеянность). Грубая неосторожность устанавливается в исключительных случаях с учетом целого ряда конкретных обстоятельств, при которых произошло нарушение работником правил по охране труда. Учитываются, как правило, конкретная обстановка, при которой произошел несчастный случай, физическое и психологическое состояние здоровья пострадавшего, степень его профессиональной подготовки, возраст и т. п. Согласно судебной практике грубой неосторожностью признается нетрезвое состояние пострадавшего, содействовавшего возникновению или увеличению вреда.

Для применения смешанной ответственности необходима причинная связь между виновным поведением не только работодателя, но и самого работника и повреждением его здоровья. Когда же между виновным действием потерпевшего и повреждением его здоровья причинная связь не установлена, принцип смешанной ответственности неприменим, даже если потерпевший допустил грубую неосторожность.

Ввиду того, что работодатель отвечает за любую степень вины, а учет вины потерпевшего происходит только при его грубой неосторожности, вина работодателя определяется, как правило, в большем проценте, чем вина самого пострадавшего. Такая практика основана на том, что работодатель не только отвечает за создание здоровых и безопасных условий труда, но и располагает значительно большими возможностями по предотвращению несчастных случаев. Поэтому на работодателя возлага-

ется ответственность не только при прямом нарушении должностными лицами правил по охране труда, но и в том случае, когда администрация могла исключить обстоятельства, которые привели к несчастному случаю.

При определении степени вины потерпевшего рассматривается заключение профсоюзного комитета предприятия, учреждения, организации или иного уполномоченного работниками представительного органа по этому вопросу. Это обстоятельство является серьезной правовой гарантией для потерпевшего, а если он умер – для лиц, имеющих право на возмещение вреда в связи с потерей кормильца.

Придя к выводу о наличии смешанной ответственности за повреждение здоровья работника, работодатель направляет все имеющиеся в его распоряжении материалы на заключение в профком или иной уполномоченный работниками представительный орган, причем в сопроводительном письме работодатель может высказать свое мнение о степени вины потерпевшего. Получив от работодателя документы, профсоюзный комитет или иной орган может провести дополнительную проверку обстоятельств дела, заключение по делу дает не единолично председатель профкома, а профсоюзный комитет в целом как коллегиальный орган. Вопрос о степени виновности потерпевшего рассматривается на заседании профкома, куда, как правило, приглашают представителя работодателя, потерпевшего, а при необходимости и государственного инспектора по охране труда. В своем заключении профком определяет степень вины потерпевшего в процентах.

Обязанность работодателя при определении степени вины потерпевшего рассматривать заключение профсоюзного комитета не означает, что он должен принимать решение в точном соответствии с заключением профкома. При наличии разногласий, например, при установлении работодателем большей степени вины потерпевшего, чем определено в заключении профсоюзного комитета, спор рассматривается судом. Профсоюзный комитет предприятия или иной уполномоченный работниками представительный орган вправе с согласия заинтересованных граждан обратиться в суд и принять участие в процессе.

2.7. Возмещение и компенсация вреда при нарушении законодательства о труде и об охране труда

В соответствии с законодательством, действующим в Российской Федерации, работник, которому при исполнении обязанностей по трудовому договору (контракту) причинен физический, моральный, мате-

риальный вред, имеет право на возмещение физического, материального вреда и компенсацию морального вреда (рис. 2.3).

Порядок возмещения физического вреда работнику (застрахованному лицу) при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) устанавливает Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний представляет собой страховую защиту имущественных интересов застрахованного лица.

Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний представляет собой страховую защиту имущественных интересов застрахованного лица. Страховыми случаями являются:

временная утрата трудоспособности;
наступление инвалидности (постоянная утрата трудоспособности);
смерть застрахованного в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания.

Степень утраты профессиональной трудоспособности выражается в процентах стойкого снижения способности работника осуществлять профессиональную деятельность. Степень утраты профессиональной трудоспособности можно определить следующим образом:

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Профессиональная} \\ \text{трудоспособность} \\ \text{после несчастного} \\ \text{случая} \end{array}} : \boxed{\begin{array}{l} \text{Профессиональная} \\ \text{трудоспособность} \\ \text{до несчастного} \\ \text{случая} \end{array}} \cdot 100 \% = \boxed{\begin{array}{l} \text{Степень утраты} \\ \text{трудоспособности} \end{array}}$$

Страховой случай влечет за собой возникновение обязательств страховщика:

1) в виде пособия по временной нетрудоспособности, выплачиваемого за счет средств на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

2) в виде страховых выплат:

единовременной страховой выплаты застрахованному либо лицам, имеющим право на получение такой выплаты в случае его смерти;

ежемесячных страховых выплат застрахованному либо лицам, имеющим право на получение таких выплат в случае его смерти;

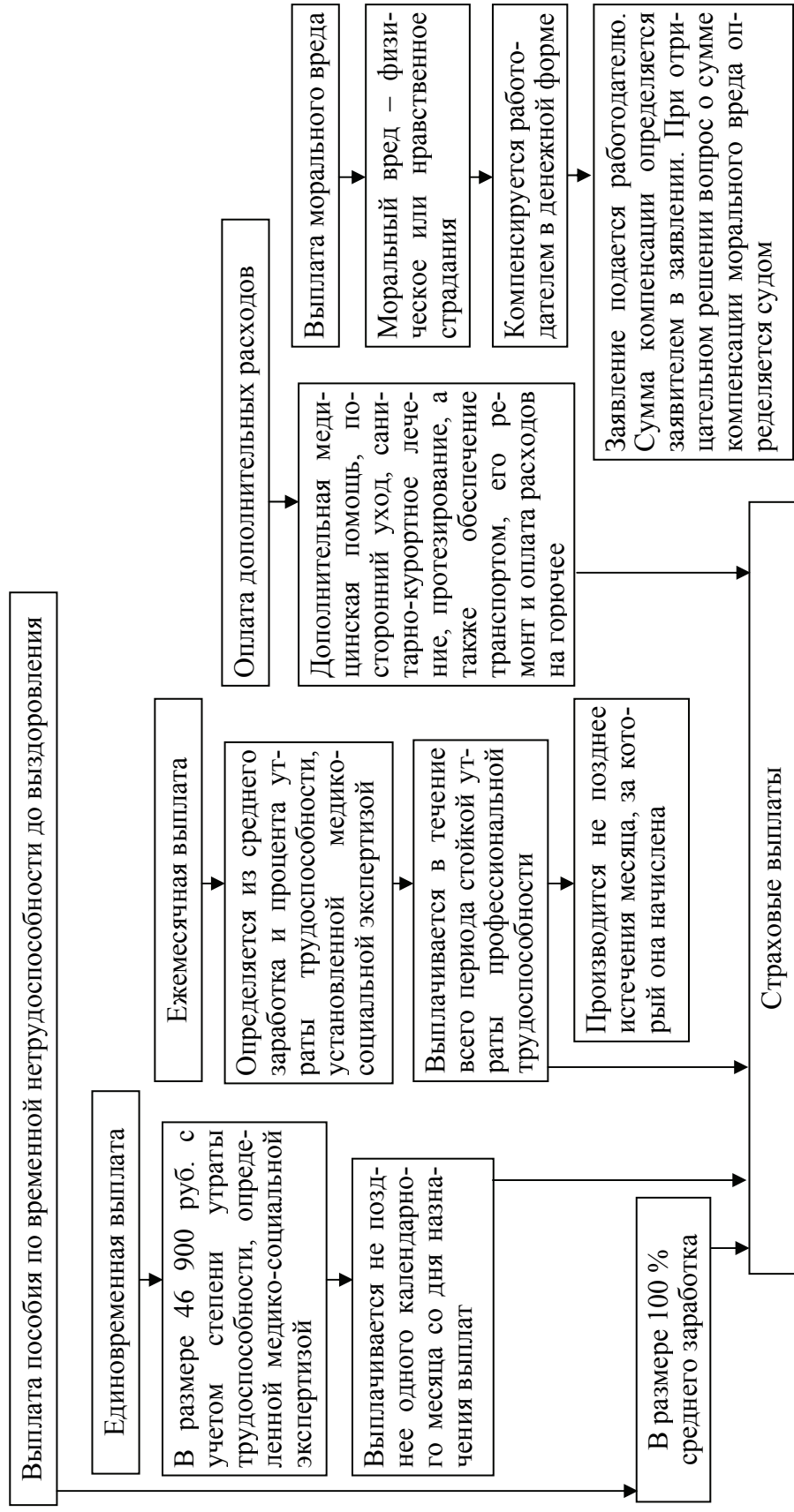


Рис. 2.3. Виды возмещения вреда, причиненного здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей

3) в виде оплаты дополнительных расходов, связанных с медицинской, социальной и профессиональной реабилитацией застрахованного при наличии прямых последствий страхового случая:

на лечение (приобретение лекарств, изделий медицинского назначения и индивидуального ухода);

посторонний (специальный медицинский и бытовой) уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;

проезд застрахованного;

медицинскую реабилитацию в организациях, оказывающих санитарно-курортные услуги;

изготовление, ремонт протезов, протезно-ортопедических изделий; профессиональное обучение (переобучение).

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием выплачивается на весь период временной нетрудоспособности застрахованного до его выздоровления или установления стойкой утраты профессиональной трудоспособности в размере 100 % его среднего заработка.

Единовременные страховые выплаты и ежемесячные страховые выплаты назначаются и выплачиваются:

застрахованному – если результатом наступления страхового случая стала утрата им профессиональной трудоспособности;

лицам, имеющим право на их получение, – если результатом наступления страхового случая стала смерть застрахованного.

Ежемесячные страховые выплаты выплачиваются застрахованному в течение всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности, а в случае смерти застрахованного – лицам, имеющим право на их получение, в периоды, установленные федеральным законодательством.

Размер единовременной страховой выплаты по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний определяется в соответствии со степенью утраты профессиональной трудоспособности застрахованного лица исходя из максимальной суммы 46 900 руб. В случае смерти застрахованного лица единовременная страховая выплата устанавливается в размере 46 900 руб.

Размер ежемесячной страховой выплаты устанавливается как доля среднего месячного заработка застрахованного, исчисленная в соответствии со степенью утраты им профессиональной трудоспособности:

Среднемесячный зарботок потерпевшего (до наступления несчастного случая)	:	Процент утраты профессиональной трудоспособности	: 100 % =	Ежемесячная страховая выплата
--	---	--	-----------	-------------------------------------

Если грубая неосторожность застрахованного лица содействовала возникновению или увеличению физического вреда, то в зависимости от степени вины пострадавшего размер ежемесячных страховых выплат соответственно уменьшается, но не более чем на 25 %. Размер ежемесячных страховых выплат не может быть уменьшен в случае смерти застрахованного.

В случае смерти застрахованного право на страховые выплаты имеют:

нетрудоспособные лица, состоявшие на иждивении умершего или имевшие ко дню его смерти право на получение от него содержания;

ребенок умершего, родившийся после его смерти;

один из родителей, супруг (супруга) либо другой член семьи, который не работает и занят уходом за состоявшими на иждивении умершего детьми, внуками, братьями, сестрами, не достигшими возраста 14 лет либо достигшими указанного возраста, но по заключению учреждения государственной службы медико-социальной экспертизы или лечебно-профилактического учреждения государственной системы здравоохранения признанными нуждающимися по состоянию здоровья в постороннем уходе;

лица, состоявшие на иждивении умершего, ставшие нетрудоспособными в течение 5 лет со дня его смерти.

Страховые выплаты в случае смерти застрахованного выплачивают:

несовершеннолетним – до достижения ими 18-летнего возраста;

учащимся старше 18 лет – до окончания учебы в учебных учреждениях очной формы обучения, но не более чем до 23 лет;

женщинам, достигшим возраста 55 лет, и мужчинам, достигшим возраста 60 лет, – пожизненно;

инвалидам – на срок инвалидности;

одному из родителей, супругу (супруге) либо другому члену семьи, неработающему и занятому уходом за находящимися на иждивении умершего его детьми, внуками, братьями, сестрами, – до достижения ими возраста 14 лет либо изменения состояния здоровья.

В соответствии с законодательством компенсацию морального вреда потерпевшему производит причинитель вреда. Потерпевший подает исковое заявление в суд. Суд устанавливает размер компенсации морального вреда потерпевшему, учитывая степень вины потерпевшего; степень вины причинителя вреда; характер правонарушения; тяжесть вреда.

Квалифицирующими признаками тяжести вреда, причиненного здоровью человека, являются:

- а) в отношении тяжкого вреда:
 - вред, опасный для жизни человека;
 - потеря зрения, речи, слуха либо какого-либо органа или утрата органом его функций;
 - прерывание беременности, психическое расстройство;
 - заболевание наркоманией либо токсикоманией;
 - неизгладимое обезображивание лица;
 - значительная стойкая утрата общей трудоспособности не менее чем на одну треть;
 - полная утрата профессиональной трудоспособности;
- б) в отношении средней тяжести вреда:
 - длительное расстройство здоровья;
 - значительная стойкая утрата общей трудоспособности менее чем на одну треть;
- в) в отношении легкого вреда:
 - кратковременное расстройство здоровья;
 - незначительная стойкая утрата общей трудоспособности.

Для определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека, достаточно наличия одного из квалифицирующих признаков. При наличии нескольких квалифицирующих признаков тяжесть вреда, причиненного здоровью человека, определяют по тому признаку, который соответствует большей степени тяжести вреда.

Степень тяжести вреда, причиненного здоровью человека, устанавливает в медицинских учреждениях государственной системы здравоохранения врач – судебно-медицинский эксперт.

В соответствии с законодательством компенсацию морального вреда пострадавшему (в случае гибели пострадавшего – лицам, имеющим право на компенсацию морального вреда) производит причинитель вреда добровольно по соглашению или по решению суда.

При определении размера компенсации морального вреда можно использовать формулу

$$D = d \cdot f_{\text{в}} \cdot i \cdot c \cdot (1 - f_{\text{п}}),$$

где d – начальный размер компенсации презюмируемого морального вреда (табл. 2.2); $f_{\text{в}}$ – степень вины причинителя вреда; i – коэффициент индивидуальных особенностей потерпевшего, $0 \leq i \leq 2$; c – коэффициент, учитывающий фактические обстоятельства причинения морального вреда, $0 \leq c \leq 2$; $f_{\text{п}}$ – степень вины потерпевшего, $0 \leq f_{\text{п}} \leq 1$.

Таблица 2.2

Размеры компенсации морального вреда

Правонарушение	Размер компенсации, количество МРОТ
Причинение смерти близкому родственнику	216
Причинение тяжкого вреда здоровью	576
Причинение средней тяжести вреда	216
Причинение легкого вреда здоровью	24
Незаконное увольнение	72
Иное нарушение трудовых прав	36

При расчете размера компенсации морального вреда принимают следующие допущения относительно степени вины причинителя вреда:

$f_{\text{в}} = 0,25$ – при наличии простой неосторожности;

$f_{\text{в}} = 0,50$ – при наличии грубой неосторожности;

$f_{\text{в}} = 0,75$ – при наличии косвенного умысла;

$f_{\text{в}} = 1,0$ – при наличии прямого умысла.

В случае смерти потерпевшего право на компенсацию морального вреда имеют: супруги; родственники первой и второй степени; усыновители и усыновленные; фактические воспитатели и воспитанники; лица, находящиеся в фактических брачных отношениях, если они совместно проживали и вели общее хозяйство (сожители).

Исковое заявление о компенсации морального вреда подается самостоятельно каждым лицом, имеющим право на компенсацию морального вреда.

Задача

С электрослесарем И. И. Ивановым 1 февраля 2008 г. произошел несчастный случай, связанный с производством, который был оформлен соответствующим актом по форме Н-1. Степень утраты профессиональ-

ной трудоспособности $U_{пр} = 100 \%$, факт которой был установлен 30 мая 2008 г. Средний дневной заработок И. И. Иванова до факта установления утраты им профессиональной трудоспособности составил $Z_{дпл} = 205$ руб., а средний месячный заработок за последние 12 месяцев – $Z_{мпл} = 8\,160$ руб. Судом установлена грубая неосторожность И. И. Иванова, содействовавшая возникновению вреда, и определена степень его вины в размере 25 %.

Рассчитать пособие по временной нетрудоспособности и страховые выплаты, подлежащие взысканию с регионального отделения Фонда социального страхования Российской Федерации.

Решение

1. Пособие $P_{нет}$ по временной нетрудоспособности И. И. Иванову в связи с несчастным случаем на производстве должно быть выплачено за весь период временной нетрудоспособности, который составляет $T_{нет} = 86$ рабочих дней, т. е. с 1 февраля до 30 мая 2008 г.:

$$P_{нет} = Z_{дпл} \cdot T_{нет} = 205 \cdot 86 = 17\,630 \text{ руб.}$$

2. Поскольку степень утраты профессиональной трудоспособности застрахованного составила 100 %, то размер ежемесячной страховой выплаты равен среднемесячному заработку застрахованного (см. с. 73), т. е. 8 160 руб.

3. Поскольку судом установлена грубая неосторожность И. И. Иванова, то размер ежемесячной страховой выплаты уменьшается соответственно степени его вины:

$$8\,160 \cdot 0,25 = 2\,040 \text{ руб.}$$

Поэтому окончательный размер ежемесячных страховых выплат составит:

$$8\,160 - 2\,040 = 6\,120 \text{ руб.}$$

Размер ежемесячной страховой выплаты индексируется с учетом инфляции в пределах средств, предусмотренных на эти цели в бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на соответствующий финансовый год.

4. Так как степень утраты профессиональной трудоспособности застрахованного составила 100 %, то размер единовременной страховой выплаты по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний определяется исходя из максимальной суммы 46 900 руб.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите виды нормативных актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда.
2. Кто принимает и утверждает нормативные акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда?
3. Что такое грубая неосторожность потерпевшего?
4. Какие виды ответственности предусмотрены за нарушение законодательства о труде и об охране труда?
5. Что такое техническое регулирование?
6. Назовите объекты технического регулирования.
7. Что такое ССБТ?
8. Назовите классы условий труда.
9. Каков порядок проведения аттестации рабочих мест по охране труда?
10. Что такое карта аттестации рабочего места по условиям труда?
11. Что такое сертификат безопасности?
12. Назовите цели и задачи проведения сертификации работ по охране труда.
13. Каков порядок возмещения физического вреда застрахованному лицу?
14. Каков порядок компенсации морального вреда потерпевшему?

Глава 3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

3.1. Система управления охраной труда

Система управления охраной труда (СУОТ) является частью общей системы управления организацией, представляющая собой комплекс правовых, организационных, технических, социально-экономических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических и иных мер, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда.

СУОТ имеет следующие три уровня управления: федеральный, территориальный (уровень субъекта Российской Федерации) и местный.

На федеральном уровне СУОТ осуществляется Правительством Российской Федерации (рис. 3.1) непосредственно и по его поручению Минздравсоцразвития России и другими федеральными органами исполнительной власти, в круг обязанностей которых входят вопросы управления охраной труда.

Министерства и ведомства создают в своей структуре департаменты охраны труда, которые реализуют государственную политику в области охраны труда. Для координации деятельности министерств и ведомств создается межведомственная комиссия по охране труда, которая выполняет следующие задачи:

- рассматривает вопросы, связанные с реализацией экономического механизма обеспечения охраны труда;

- организует при необходимости рабочие группы для разработки концепций федеральных программ по охране труда, привлекая по согласованию с соответствующими министерствами и ведомствами, объединениями профсоюзов высококвалифицированных специалистов и научных работников;

- координирует разработку межрегиональных, межотраслевых и международных проектов по охране труда;

- представляет по поручению Правительства Российской Федерации интересы российской стороны при сотрудничестве с международными и зарубежными организациями.

СУОТ на региональном уровне осуществляется руководством администрации субъекта Российской Федерации; выполняются следующие задачи:

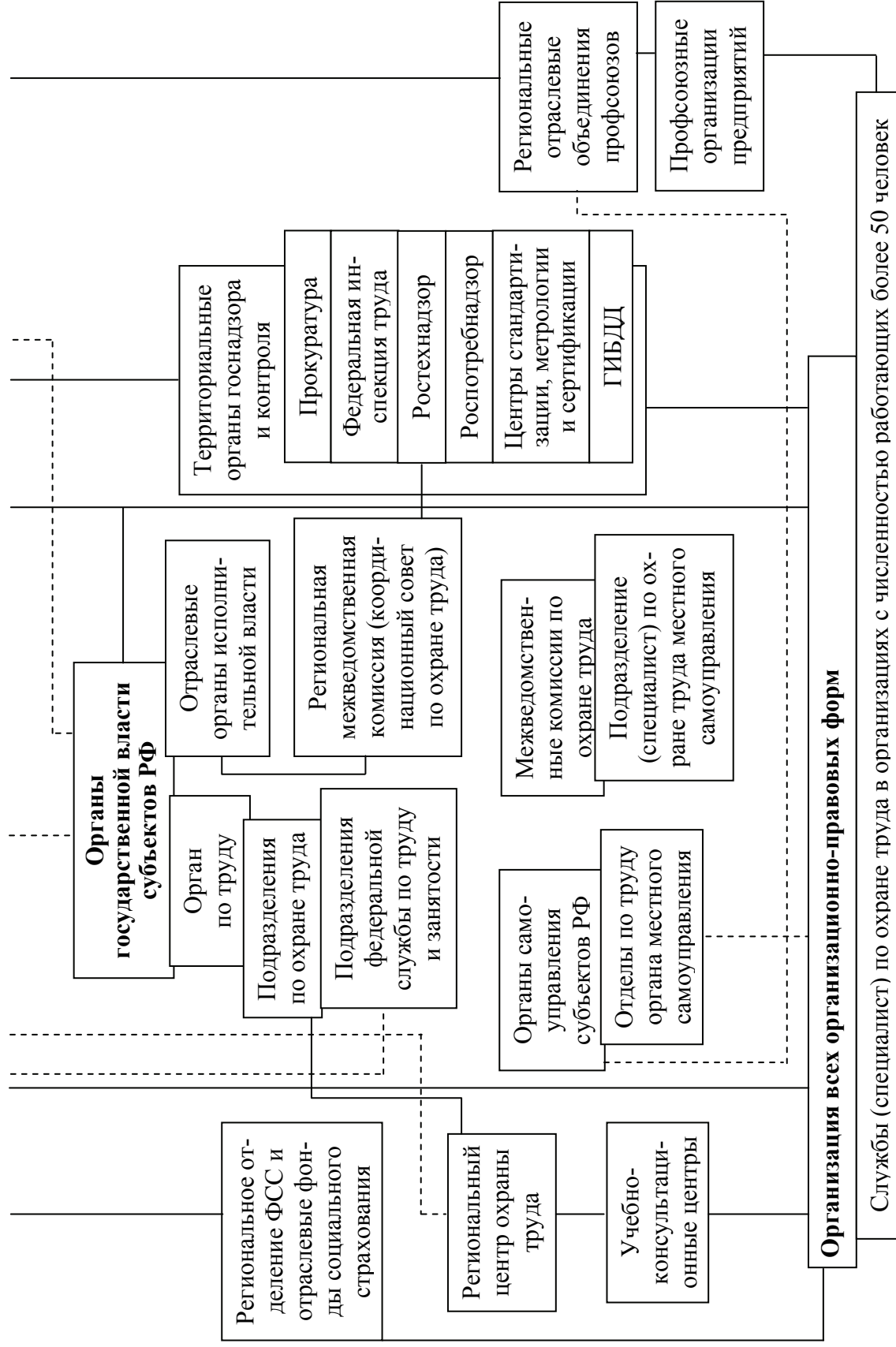


Рис. 3.1. Окончание

контроль за соблюдением в организациях законодательных и иных нормативных актов по охране труда;
организация аттестации рабочих мест по условиям труда;
уведомительная регистрация коллективных договоров и анализ соглашений по охране труда и контроль за их выполнением;
организация обучения и аттестации руководителей и специалистов по охране труда, оказание им в этом методической помощи;
организация профилактических медосмотров работников;
участие в расследовании групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаев на производстве;
анализ состояния условий и охраны труда, причин негативных явлений, выработка мер по их преодолению и др.

Руководство организации обеспечивает разработку, внедрение и функционирование СУОТ в соответствии с установленными требованиями согласно ГОСТ Р 12.0.006–2002. ССБТ. Управление охраной труда в организации.

Целью СУОТ (рис. 3.2) является обеспечение безопасных и благоприятных условий труда, снижение травматизма, профессиональных заболеваний и чрезвычайных происшествий в процессе производственной деятельности организаций.

Объектом управления охраной труда является деятельность коллективов и отдельных работников по обеспечению безопасных и здоровых условий труда.

Субъектом управления охраной труда являются руководители (работодатели) и должностные лица, действующие в рамках своей компетенции.

СУОТ включает организационную структуру, деятельность по распределению ответственности работодателя, должностных лиц и работников в области охраны и безопасности труда, а также по планированию и финансированию мероприятий по охране труда. В должностные инструкции руководителей высшего звена, руководителей структурных подразделений и участков, а также в трудовые договоры рабочих независимо от места их работы вносят обязанности по соблюдению требований охраны труда и промышленной безопасности.

Работодатель должен обеспечить:

безопасность при эксплуатации производственных зданий, сооружений, оборудования, безопасность технологических процессов и применяемых в производстве сырья и материалов, а также эффективную эксплуатацию средств коллективной и индивидуальной защиты;

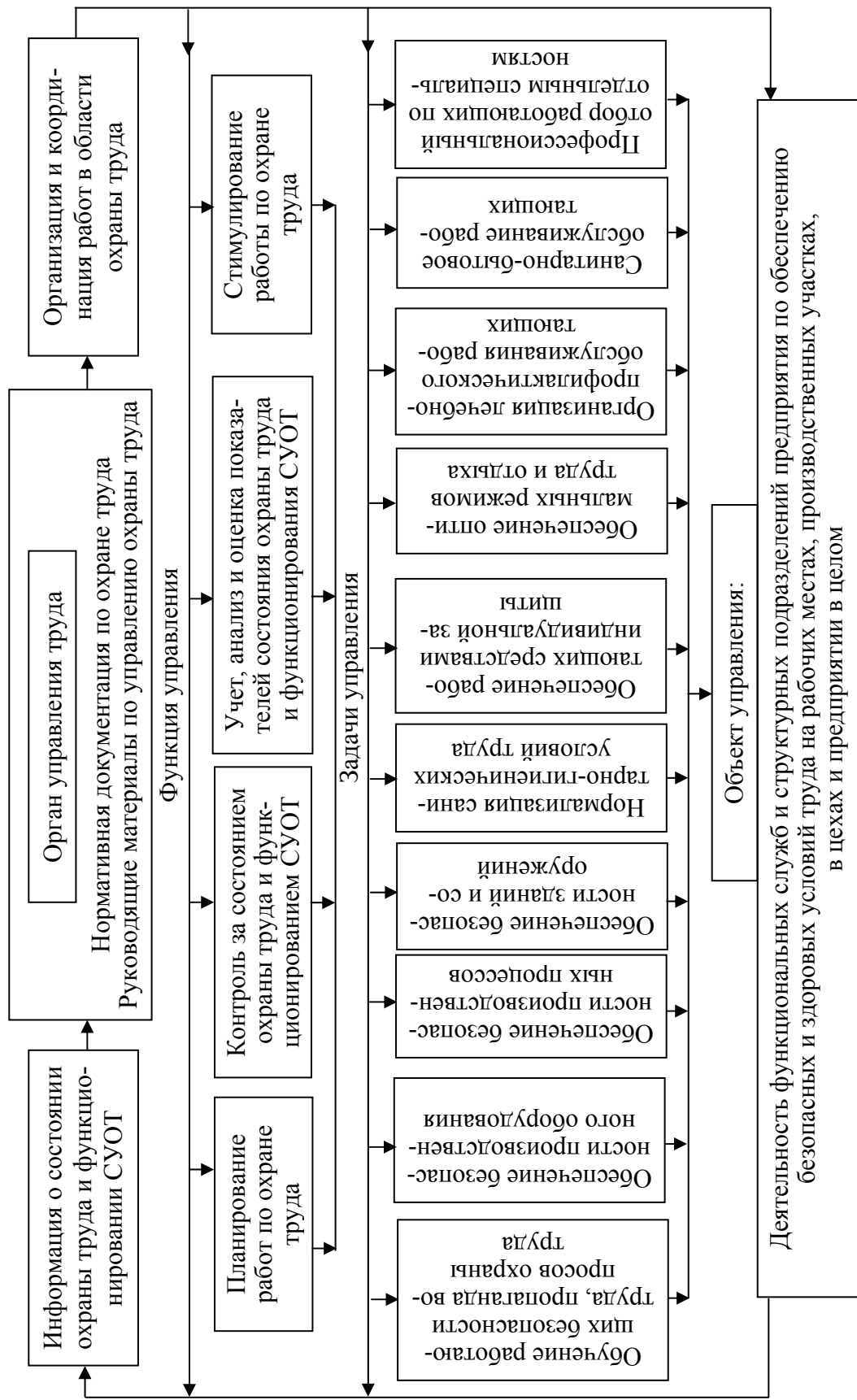


Рис. 3.2. Структура системы управления охраной труда в организации

соответствующие требованиям законодательства об охране труда условия труда на каждом рабочем месте;

организацию надлежащего санитарно-бытового и лечебно-профилактического обслуживания работников;

выдачу спецодежды, спецобуви и других СИЗ, смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с нормами работникам, занятым с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением;

режим труда и отдыха работников согласно законодательству;

эффективный контроль за уровнем воздействия вредных или опасных производственных факторов на здоровье работников;

возмещение вреда, причиненного работникам увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением ими трудовых обязанностей;

обучение, инструктаж работников и проверку знаний работниками норм, правил и инструкций по охране труда;

информирование работников о состоянии условий и охраны труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся работникам СИЗ, компенсациях и льготах;

беспрепятственный допуск представителей органов государственного надзора и контроля и общественного контроля для проведения проверок состояния условий и охраны труда на предприятиях и соблюдения законодательства об охране труда, а также для расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

своевременную уплату штрафа, наложенного органами государственного надзора и контроля за нарушения законодательства об охране труда и нормативных актов по безопасности и гигиене труда;

необходимые меры по обеспечению сохранения жизни и здоровья работников при возникновении аварийных ситуаций, в том числе надлежащие меры по оказанию первой помощи пострадавшим;

предоставление органам надзора и контроля необходимой информации о состоянии условий и охраны труда на предприятии, выполнении их предписаний, а также о всех подлежащих регистрации несчастных случаях и повреждениях здоровья работников на производстве;

обязательное страхование работников от временной нетрудоспособности вследствие заболевания, а также от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Кроме того, работодатель:

устанавливает обязанности, права и ответственность в области охраны труда должностных лиц и осуществляет допуск их к работе после изучения нормативных документов по охране труда и проверки знаний;

назначает лиц, ответственных за состояние и эффективность средств коллективной защиты работающих, а также за безопасную эксплуатацию объектов повышенной опасности;

дает разрешение на начало эксплуатации законченных строительством, расширением и реконструкцией объектов только при обеспечении на них условий труда в соответствии с требованиями безопасности, производственной санитарии, обученного персонала и необходимой технологической документации;

организует техническую экспертизу состояния оборудования, зданий и сооружений по истечении амортизационного срока или срока, установленного нормативами для определения их пригодности к дальнейшей эксплуатации;

назначает комиссию по расследованию несчастных случаев на производстве, обеспечивает сообщение и направление материалов по групповым и смертельным несчастным случаям в органы надзора и контроля;

создает условия для работы уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда профсоюза или трудового коллектива, поощряет работников за безаварийную работу и улучшение условий труда;

привлекает к ответственности лиц, нарушающих законодательство о труде и охране труда, требования правил и инструкций по охране труда, не выполняющих приказы, распоряжения, предписания и свои должностные обязанности.

Работодатель и лица, представляющие работодателя (должностные лица), организуют и контролируют работу по охране труда:

руководитель – в организации в целом;

заместители руководителя, главные специалисты, руководители функциональных служб – в сфере деятельности;

руководители производственных подразделений (производств, цехов, участков и др.) – в своих подразделениях.

Должностные лица обеспечивают на своих участках:

соблюдение законодательства об охране труда, стандартов безопасности труда, правил, норм и других нормативных правовых документов по охране труда;

выполнение соглашений по охране труда, приказов, распоряжений, предписаний органов надзора, службы охраны труда организации и мероприятий по актам расследования несчастных случаев и аварий;

содержание территории, производственных помещений, сооружений в соответствии с правилами и нормами по охране труда;

выполнение работ в соответствии с технологическими регламентами, картами, схемами, правилами технической эксплуатации оборудования, инструкциями по охране труда по каждой профессии и с использованием соответствующей спецодежды, спецобуви и других СИЗ работающих;

соблюдение правил внутреннего трудового распорядка.

Должностные лица в пределах своих должностных обязанностей имеют право:

давать распоряжения об устранении нарушений правил и норм по охране труда;

отстранять от работы лиц, допускающих нарушения правил и норм по охране труда;

запрещать эксплуатацию оборудования и производство работ при возникновении угрозы для здоровья и жизни работающих или же аварийной ситуации;

вносить предложения по поощрению и наказанию подчиненных им работников.

Работник обязан:

соблюдать нормы, правила и инструкции по охране труда;

правильно применять СИЗ и коллективные средства защиты;

немедленно сообщать своему непосредственному руководству о любом несчастном случае, происшедшем на производстве, о признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей.

Работник имеет право:

на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

обеспечение средствами коллективной защиты и СИЗ в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

профессиональную переподготовку за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения требований охраны труда;

запрос о проведении проверки условий и охраны труда на его рабочем месте органами государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда работниками, осуществляющими государственную экспертизу условий труда, а также органами профсоюзного контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда;

обращение в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления, к работодателю, в объединения работодателей, а также в профессиональные союзы, их объединения и иные уполномоченные работниками представительные органы по вопросам охраны труда;

личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

внеочередной медицинский осмотр (обследование) в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра (обследования);

компенсации, установленные законом, коллективным договором, соглашением, трудовым договором, если он занят на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Для проведения работы по охране труда работодатель создает службу охраны труда, которая подчиняется руководителю или по его поручению одному из его заместителей. Служба охраны труда проводит свою работу совместно с другими подразделениями предприятия и взаимодействует с комитетом профсоюзов, инспекцией труда Минздравсоцразвития России и другими государственными инспекциями.

Служба охраны труда выполняет следующие функции:

оказание помощи в проведении замеров опасных и вредных производственных факторов;

методическое руководство аттестацией рабочих мест;

участие в работе комиссий по обследованию технического состояния зданий, сооружений, оборудования, машин, СИЗ и др.;

участие в работе комиссий по приемке в эксплуатацию законченных после строительства или реконструкции зданий, помещений;

организация и руководство кабинетом по охране труда.

Работники службы охраны труда имеют право:

в любое время суток посещать производственные, бытовые и служебные помещения;

предъявлять руководителю и должностным лицам предприятия предписание об устранении нарушений по охране труда;

требовать отстранения от работы лиц, не имеющих допуска к работе, не прошедших медицинские осмотры;

направлять руководителям подразделений, цехов предписания о привлечении к ответственности лиц, нарушающих требования по охране труда;

направлять руководителям подразделений, цехов предложения о поощрении работников за соблюдение правил, норм и инструкций по охране труда.

3.2. Планирование и финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда

Работы по улучшению условий и охраны труда в организации выполняют в соответствии с годовым планом на уровне организации и текущими планами на уровне служб и подразделений.

Годовой план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации (рис. 3.3) составляет аттестационная комиссия по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда; предусматривает мероприятия по улучшению техники и технологии, применению средств индивидуальной и коллективной защиты, оздоровительные мероприятия, а также мероприятия по организации и охране труда. В плане предусматривают приведение всех рабочих мест в соответствие с требованиями по охране труда.

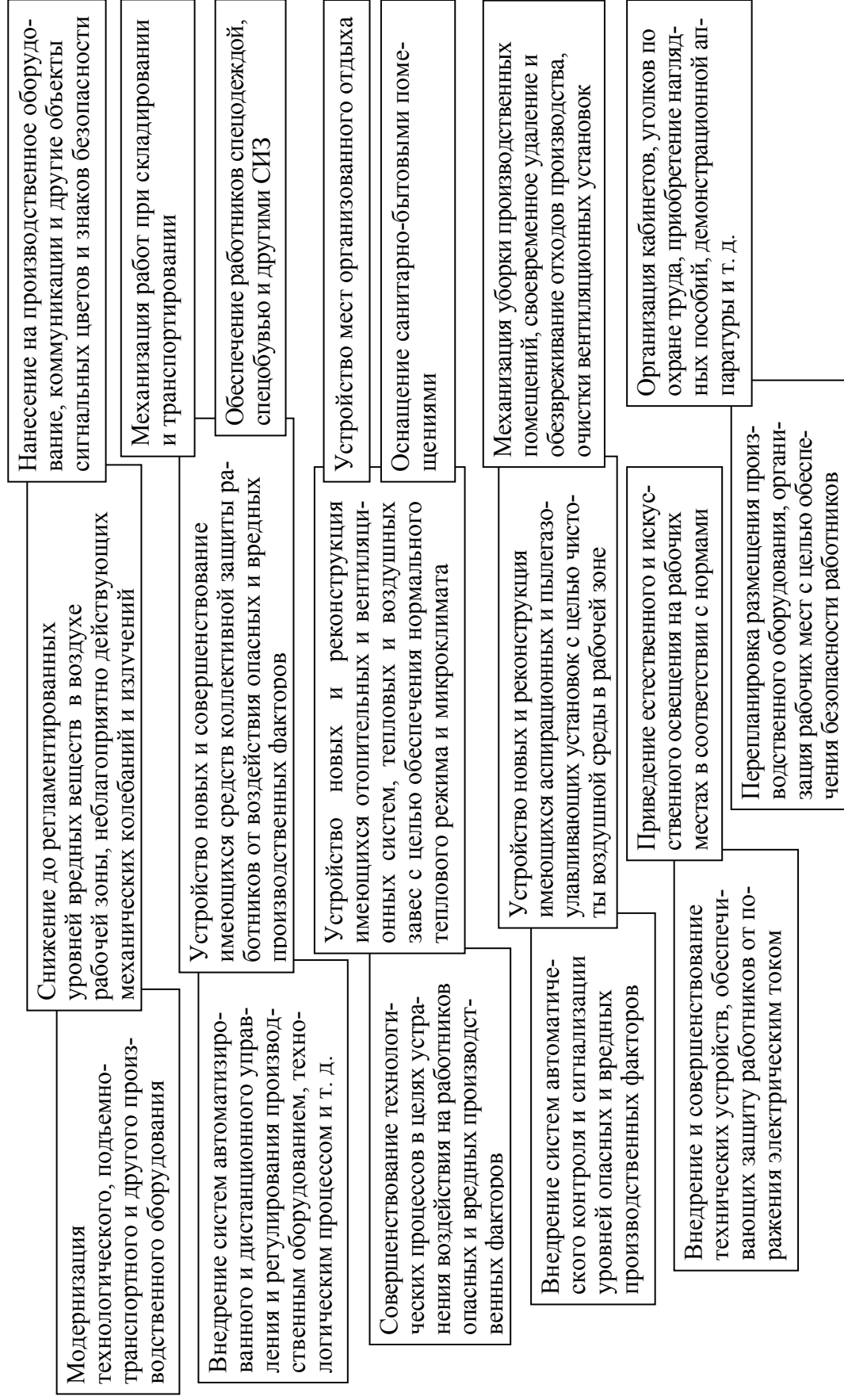


Рис. 3.3. Планирование мероприятий по охране труда

План подписывается председателем аттестационной комиссии и после согласования с комиссией (комитетом) по охране труда, профсоюзом или иным уполномоченным органом, утверждается руководителем организации и включается в коллективный договор между администрацией и представительными организациями работников.

Текущие планы по охране труда для подразделений и служб составляют руководители подразделений в соответствии со спецификой работ и решаемых задач по охране труда в данном подразделении и требованиями – с заявками на устранение нарушений требований охраны труда, получаемыми от других подразделений организации.

Соглашение по охране труда в коллективном договоре между администрацией и представительными организациями работников составляют с учетом годового плана, состояния охраны труда в организации на момент заключения соглашения. Соглашение включает в себя следующие вопросы: состояние охраны труда, режимы работы и отдыха, обучение и подготовку работников, улучшение условий труда, а также пособия, компенсации и доплаты за вредные и опасные условия труда, медицинское и социальное страхование работников, контроль за состоянием охраны труда. Срок действия соглашения не должен превышать трех лет.

На завершающем этапе планирования следует организовать аудит, который необходимо проводить ежегодно, чтобы объективно оценивать эффективность мероприятий по охране труда.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда в организациях осуществляется в размере не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг), а в организациях, занимающихся эксплуатационной деятельностью, – в размере не менее 0,7 % суммы эксплуатационных расходов (ст. 226 ТК РФ).

3.3. Пропаганда охраны труда

Пропаганда охраны труда – одно из основных направлений работы администрации организации, так как она способствует улучшению состояния условий и охраны труда работников, снижению уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Задачами пропаганды в области охраны труда являются:

ознакомление работников предприятий с теми мероприятиями, которые проводят федеральные законодательные и исполнительные органы власти для улучшения состояния условий и охраны труда;

пропаганда технических знаний в области охраны труда;
обобщение и распространение передового опыта, достижений науки и техники в области охраны труда.

Решение задач пропаганды в области охраны труда достигают следующим образом: демонстрации кинофильмов и диафильмов; проведения лекций, докладов и бесед; информации об издании новых книг и плакатов; организации периодических выставок; использования заводского радиовещания, заводской многотиражки и стенных газет, стендов охраны труда.

Научно-популярные и учебные кинофильмы по технике безопасности, производственной санитарии, технической эстетике и другим вопросам являются эффективным средством пропаганды.

К эффективным формам пропаганды вопросов охраны труда относятся лекции, доклады, беседы. Лекции по охране труда должны проводиться как по общим, так и по конкретным вопросам. Задачей лекций по общим вопросам является расширение кругозора слушателей и привлечение внимания к вопросам охраны труда для активизации работы в этой области.

Лекции на конкретные темы охраны труда должны пропагандировать комплекс мероприятий или отдельные мероприятия, способствующие улучшению условий труда в цехах и на производственных участках. Темы лекций следует излагать с учетом специфических особенностей соответствующего производства, его оборудования, условий труда. Необходимо на примерах состояния охраны труда и анализа конкретных недостатков давать рекомендации по их устранению. Лекции целесообразно сопровождать показом наглядных пособий, чертежей, схем, плакатов, фотографий. Темами таких лекций могут быть вопросы охраны труда в отдельных производствах, меры безопасности на некоторых видах оборудования, профилактические меры при работах, связанных с вредными факторами или повышенной опасностью, способы устранения причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний, вопросы применения спецодежды и других СИЗ.

Беседы по вопросам охраны труда предназначены главным образом для работников отдельных производственных участков. Темы бесед определяются наиболее актуальными проблемами, возникающими на участках. Например, если на участке увеличилось количество случаев засорения глаз, беседа может быть посвящена изложению способов их предупреждения. Темой беседы может быть несчастный случай, происшедший на участке (с анализом причин и изложением необходимых профилактических мер), а также отдельные случаи нарушения рабочи-

ми инструкций по безопасным способам работы или разбор содержания инструкции по охране труда. Основная цель беседы – мобилизовать слушателей на устранение конкретных причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Беседы должны быть краткими, выразительными, с конкретными примерами.

Для пропаганды вопросов охраны труда используют радиопередачи через радиоузел. Службы охраны труда (а при наличии кабинеты охраны труда) должны организовывать пропаганду материалов по охране труда через заводскую многотиражную газету. В газете следует сообщать о причинах травматизма на отдельных производственных участках; освещать работу уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда, комиссий охраны труда предприятия; помещать описания рационализаторских предложений и изобретений, направленных на улучшение условий труда; публиковать материалы об опыте работы без несчастных случаев и др.

Службы охраны труда через администрацию цехов организуют цеховые стенные газеты по вопросам охраны труда или стенды охраны труда.

3.4. Профессиональный отбор и проверка знаний в области охраны труда

Лица, допускаемые к участию в производственном процессе, должны соответствовать физиологическим, психофизиологическим, психологическим и в отдельных случаях антропометрическим особенностям выполняемых работ.

Работодатель за свой счет обязан организовать проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров работников. Перечень профессий, работ, вредных веществ и неблагоприятных производственных факторов, при работе с которыми обязательны предварительные и периодические медицинские осмотры, утверждает Минздравсоцразвития России.

Обучение работников строгому соблюдению технологических режимов, безопасным приемам труда и правилам личного поведения на производстве является основой безопасной и безаварийной работы. В соответствии с ГОСТ 12.0.004 работодатель обеспечивает организа-

цию и обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей и по оказанию первой помощи пострадавшим. Обучение работников по охране труда проводят с помощью инструктажа и специального обучения (рис. 3.4).

Для проведения вводного инструктажа, учебных занятий и пропаганды охраны труда на предприятии должен быть кабинет по охране труда, а в цехах для пропаганды охраны труда, проведения инструктажей (кроме вводного) – уголки по охране труда.

Вводный инструктаж проводит работник службы охраны труда или лицо, его заменяющее, со всеми принимаемыми на работу, а также с учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, до издания приказа о зачислении. Вводный инструктаж проводят по программе, разработанной службой охраны труда, утвержденной работодателем и согласованной с профсоюзным комитетом или иным представительным органом коллектива.

По окончании вводного инструктажа осуществляется его регистрация в журнале с обязательной подписью инструктируемого и лица, проводившего инструктаж, а также в документе о приеме на работу. Наряду с журналом может быть использована личная карточка прохождения обучения.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводится до начала производственной деятельности:

со всеми вновь принятыми, переводимыми из одного подразделения в другое;

с работниками, выполняющими новую для них работу, командированными, временными работниками;

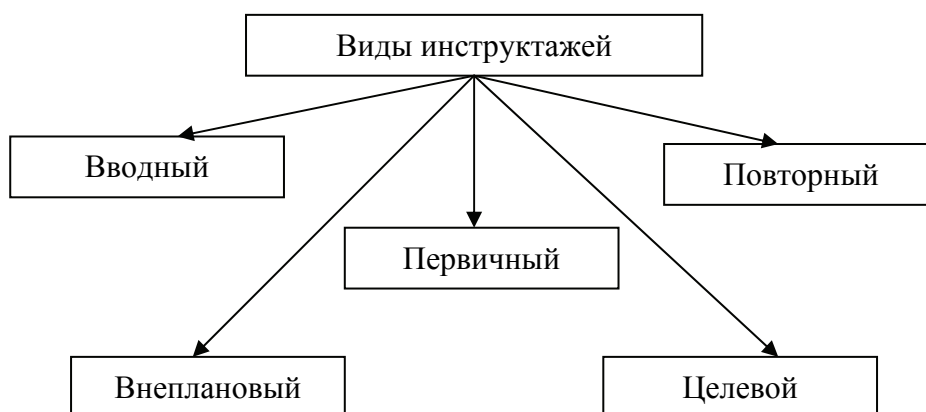


Рис. 3.4. Виды инструктажа

со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующего предприятия;

со студентами и учащимися, прибывшими на производственное обучение или практику, перед выполнением новых видов работ.

Программу первичного инструктажа на рабочем месте, а также перечень профессий и должностей работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, утверждает работодатель по согласованию с профсоюзным комитетом или иным представительным органом коллектива и службой охраны труда. В основе программы первичного инструктажа на рабочем месте должны содержаться требования инструкций по охране труда.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят индивидуально с каждым работником с практическим показом безопасных приемов и методов труда. Возможно его проведение с группой лиц, обслуживающих однотипное оборудование в пределах общего рабочего места.

Должностное лицо (мастер, механик и др.), проводившее первичный инструктаж на рабочем месте, должно проверять усвояемость правильных и безопасных приемов работы инструктируемым путем опроса, затем добиться освоения практических безопасных навыков работы при выполнении операций и закрепить их. Регистрация первичного инструктажа в журнале должна осуществляться после того, как вновь принятый работник проработал без отступлений от требований безопасности не менее получаса.

Одновременно с первичным инструктажем по охране труда в те же сроки может проводиться *инструктаж по пожарной безопасности*, в который входят вопросы соблюдения требований правил пожарной безопасности, правильного применения средств пожаротушения, особенностей тушения пожаров электроустановок и др. Дату проведения инструктажа по пожарной безопасности заносят в журнал первичного инструктажа на рабочем месте.

Работники допускаются к самостоятельной работе после стажировки в течение 2–14 смен под руководством лиц, назначенных приказом (распоряжением, решением) по предприятию, лесопункту, участку и другому производственному подразделению. Стажировка оформляется документально.

Повторный инструктаж по охране труда проводят ежеквартально непосредственно руководителем работ на вверенном ему участке со всеми работниками независимо от их квалификации, образования и стажа работы по данной профессии, индивидуально или с группой

работников, если их безопасность находится в зависимости друг от друга (например, крановщик, стропальщик, грузчик и др.). Повторный инструктаж проводят по программе первичного инструктажа на рабочем месте в полном объеме, включая совмещенные работы. Он должен быть ориентирован на исключение имевших место нарушений требований безопасности, умение выполнять работу с использованием правильных и безопасных приемов, освоение безопасных навыков труда и закрепление этих навыков. Регистрацию повторного инструктажа в журнале осуществляют после того, как рабочий проработал под контролем непосредственного руководителя не менее получаса, соблюдая все требования инструкции по охране труда.

Внеплановый инструктаж проводят при изменении требований правил или инструкций по охране труда; изменении технологического процесса; замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструментов, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда; несоблюдении работниками требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару; по требованию органов надзора; перерывах в работе более 30 календарных дней для работ с повышенными (дополнительными) требованиями безопасности труда, а для остальных – более 60 календарных дней. Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии. Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения. Проводит его непосредственный руководитель работ. При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж проводит непосредственный руководитель при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, ликвидация последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф; производство работ, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение и другие документы; перед производством работ повышенной опасности).

Специальное обучение и проверку знаний работников проводят со всеми, но за исключением тех, кто освобожден от обучения согласно перечню работ и профессий, утвержденному работодателем и согласованному с представительным органом, уполномоченным коллективом, не реже чем через 12 мес в объеме 10 ч, если продолжительность занятий не оговорена другими документами.

Руководители подразделений и специалисты, вновь поступившие в организацию, проходят вводный инструктаж. Кроме того, они должны быть ознакомлены должностным лицом:

с состоянием условий труда и производственной обстановкой на вверенном ему объекте, участке;

состоянием средств защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;

производственным травматизмом и профзаболеваемостью;

необходимыми мероприятиями по улучшению условий и охране труда, а также с руководящими материалами и должностными обязанностями по охране труда.

Не позднее одного месяца со дня вступления в должность они проходят проверку знаний (аттестацию). Результаты проверки оформляют протоколом, подписанным членами созданной в организации аттестационной комиссии.

Аттестации предшествует проведение обучения. Все работающие руководители и специалисты проходят аттестацию не реже одного раза в три года.

Первые руководители и главные специалисты организаций проходят проверку знаний в аттестационных комиссиях более высокого уровня (государственной компании, холдинговой компании, местной администрации).

Руководители подразделений, специалисты организаций проходят проверку непосредственно в аттестационных комиссиях организаций.

Внеочередную проверку знаний (аттестация) по охране труда проводят независимо от срока проведения предыдущей проверки:

при введении в действие в организации новых или переработанных (дополненных) законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда;

перерыве в работе в данной должности более одного года;

изменениях (замене) технологических процессов и оборудования, требующих дополнительных знаний по охране труда обслуживающего персонала;

назначении или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют от руководителей и специалистов дополнительных знаний по охране труда (до начала исполнения ими своих должностных обязанностей);

по требованию государственной инспекции труда при установлении недостаточных знаний;

после аварии, несчастных случаев, а также при нарушении руководителями, специалистами или работниками требований нормативных правовых актов по охране труда.

Результаты проверки знаний по охране труда руководителей и главных специалистов организаций оформляются протоколом, подписанным председателем и членами комиссии, принимавшими участие в ее работе.

Лицам, прошедшим проверку знаний по охране труда, выдают удостоверение за подписью председателя комиссии, заверенные печатью.

Руководители и главные специалисты организаций, не прошедшие проверку знаний по охране труда из-за неудовлетворительной подготовки, обязаны в срок не позднее одного месяца пройти повторную проверку знаний. Относительно руководителей и главных специалистов организаций, не прошедших аттестацию повторно, решается в установленном порядке вопрос о соответствии занимаемой должности.

3.5. Инструкции по охране труда

Характеристику опасных и вредных производственных факторов, зону их действия, возможные аварийные ситуации и правила личного поведения работников излагают в обязательных документах – инструкциях по охране труда. В организации могут быть разработаны следующие инструкции:

инструкции по охране труда на рабочие места, узлы технологической схемы или в целом для производственного подразделения;

инструкции по охране труда для работников отдельных профессий, требования которых обязательны в любом подразделении предприятия;

инструкции по техническому обслуживанию и безопасной эксплуатации оборудования;

инструкции по охране труда для отдельных видов работ.

Перечни необходимых для подразделений инструкций составляются службой охраны труда при участии руководителей подразделений, соответствующих служб главных специалистов (главного технолога, главного механика, главного энергетика и др.), службы организации труда и заработной платы и утверждаются руководителем предприятия.

Для вводимых в действие новых производств разрабатываются временные инструкции. К ним предъявляются те же требования, что и для постоянных инструкций. Временные инструкции разрабатываются на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию государственной приемочной комиссией, после чего инструкции пересматриваются и вводятся в действие.

Инструкции разрабатывают на основе:

трудового законодательства;
технологических регламентов на ведение процессов;
паспортов, технических условий и инструкций заводоизготовителей по эксплуатации, обслуживанию и наладке используемых при работе оборудования, механизмов, приборов, средств контроля и автоматики;

действующих руководящих и нормативных документов, утвержденных вышестоящими организациями;

системы стандартов безопасности труда;

проверенных и оправдавших себя приемов работы;

анализа возможных опасных и вредных производственных факторов, возникающих при нормальном протекании технологического процесса и при отклонениях от оптимального режима;

анализа производственного травматизма, заболеваемости, аварий и пожаров.

Инструкции разрабатывают опытные специалисты, знающие производственное оборудование, технологические процессы, характер и порядок выполняемых работ, действующие нормативные и руководящие материалы по охране труда и пожарной безопасности.

Инструкции по охране труда на рабочие места, узлы технологической схемы или в целом для производственного подразделения разрабатываются данным подразделением, подписываются руководителем этого подразделения, согласовываются с соответствующими отделами (службами), службой охраны труда, выборным профсоюзным органом и утверждаются руководителем предприятия.

Инструкции по охране труда для работников отдельных профессий, на выполнение отдельных видов работ, по техническому обслуживанию и безопасной эксплуатации оборудования разрабатываются соответствующими службами (главного технолога, главного механика, главного энергетика, главного метролога), подписываются руководителем этих служб, согласовываются со службой охраны труда, выборным профсоюзным органом и утверждаются руководителем предприятия.

Контроль за разработкой и своевременным пересмотром инструкций осуществляют:

по рабочим местам, узлам технологической схемы или в целом для производственного подразделения – производственно-технический (технический) отдел совместно со службой охраны труда;

для работников отдельных профессий, на выполнение отдельных видов работ, по техническому обслуживанию и безопасной эксплуатации оборудования – соответствующие службы предприятия совместно со службой охраны труда.

Текст инструкций должен быть кратким, четким, в повелительной форме, он должен отражать конкретные условия и специфику работ. При этом следует соблюдать единство стиля и терминологии, исключая неоднозначное толкование требований и понятий, избегать цифровых данных и формулировок с отрицанием.

Термины, применяемые в инструкциях, должны соответствовать терминологии, принятой в нормативной документации.

Для наглядности отдельные требования инструкций могут быть иллюстрированы рисунками, фотографиями, схемами или чертежами, поясняющими смысл этих требований.

Текст инструкций в зависимости от его объема разбивается на разделы и подразделы, которые состоят из пунктов. При необходимости пункты могут быть разбиты на подпункты. Разделы, подразделы, пункты и подпункты инструкций должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами. Разделы нумеруются в пределах всей инструкции, подразделы – в пределах разделов.

Требования других нормативных документов (стандартов, правил, норм и т. п.) в инструкциях излагаются полностью. Ссылки допускаются только на инструкции, действующие на данном предприятии. В инструкции записываются те обязанности, правила и указания, которые ответственны выполняемым работам. В тексте инструкции не должны:

излагаться требования правил безопасности, относящиеся к функциям и действиям администрации, лиц технического надзора;

содержаться требования в форме запрещений, так как это снижает эффект запрета. При необходимости следует приводить разъяснение, чем вызван запрет;

употребляться слова, усиливающие значение отдельных требований, например: «строго», «категорически», «обязательно» и т. п., так как все требования инструкций одинаково обязательны для выполнения;

употребляться слова с неконкретным и двояким толкованием, например: «при возможности», «как правило».

Инструкции по охране труда содержат следующие разделы:

- общие требования безопасности;
- требования безопасности перед началом работы;
- требования безопасности во время работы;
- требования безопасности в аварийных ситуациях;
- требования безопасности по окончании работы.

При необходимости в инструкции можно включать дополнительные разделы. Состав и содержание отдельных разделов инструкций может быть изменен в зависимости от особенностей производства.

В разделе «Общие требования безопасности» отражают:

условия допуска лиц к самостоятельной работе по профессии или к выполнению соответствующей работы (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей и т. п.);

указания о соблюдении правил внутреннего распорядка;

требования по выполнению режимов труда и отдыха;

характеристики опасных и вредных производственных факторов, присущих данной профессии или виду работ;

нормы выдачи для данной профессии или вида работ спецодежды, спецобуви и других СИЗ с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов или технических условий на них;

требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;

порядок уведомления администрации о случаях травмирования работника, неисправности оборудования, приспособлений, инструмента;

указания об оказании первой (доврачебной) помощи;

правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы;

ответственность работника за нарушение требований инструкций.

В разделе «Требования безопасности перед началом работы» излагают:

порядок подготовки рабочего места, СИЗ;

порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокировочных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения и т. п.;

порядок проверки наличия и состояния исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);

порядок приема смены в случае непрерывной работы;

требования производственной санитарии.

В разделе «Требования безопасности во время работы» отражают:

- способы и приемы безопасного выполнения работ, правила использования технологического оборудования, приспособлений и инструментов;
- требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);
- правила безопасной эксплуатации транспортных средств, тары и грузоподъемных механизмов;
- указания по безопасному содержанию рабочего места;
- основные виды отклонений от нормативного технологического режима и методы их устранения;
- действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;
- требования к использованию средств защиты работников.

В разделе «Требования безопасности в аварийных ситуациях» излагают:

- действия работников при возникновении аварийных ситуаций;
- действия по оказанию медицинской помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании.

В разделе «Требования безопасности по окончании работы» отражают:

- порядок безопасного отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры, а при непрерывном процессе – порядок передачи их по смене;
- порядок сдачи рабочего места;
- порядок уборки отходов производства;
- требования соблюдения личной гигиены и производственной санитарии;
- порядок извещения руководителя о всех недостатках, обнаруженных во время работы.

Срок действия инструкций по охране труда – пять лет.

При отсутствии изменений и дополнений к действующим инструкциям действие инструкций может быть продлено еще на срок до пяти лет, но не более одного раза.

По истечении двух пятилетних сроков инструкции подлежат обязательному пересмотру. Пересмотренные инструкции согласовываются и утверждаются в том же порядке, что и вновь разработанные.

Инструкции пересматриваются досрочно в следующих случаях:

- при пересмотре трудового законодательства;
- введении в действие новых или пересмотре ранее действующих нормативных документов, типовых инструкций;

директивных указаниях вышестоящих организаций, контролирующих органов;

внедрении новых или изменении технологических процессов и условий работы;

неполном отражении в них мер безопасности, выявленных при расследовании аварий, пожаров, несчастных случаев.

Утвержденным инструкциям присваиваются номера в соответствии с порядком, принятым на предприятии. Первый экземпляр каждой из утвержденных инструкций должен храниться и регистрироваться в соответствующих службах. Вторые экземпляры инструкций хранятся в подразделениях, для которых они разработаны. На рабочие места и в подразделения выдаются копии инструкций, заверенные ответственным лицом данного подразделения. Их местонахождение в подразделении определяется руководителем с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления работающих.

3.6. Санитарно-бытовое обеспечение работников

В соответствии с требованиями охраны труда и СНиП 2.09.04–87 «Административные и бытовые здания» работодатель обязан обеспечить санитарно-бытовые помещения для работников, в состав которых входят (табл. 3.1): гардеробные; душевые и места для размещения полудушей; умывальные; комнаты приема пищи; помещения для личной гигиены женщин; помещения лечебно-профилактических процедур; комнаты отдыха; туалеты; курительные комнаты; помещения для обогрева; помещения для стирки, сушки, обеспыливания спецодежды и спецобуви; помещения для хранения и выдачи спецодежды, спецобуви и других СИЗ; устройства питьевого водоснабжения; фотарии; респираторные и др.

Санитарно-бытовые помещения могут располагаться в пристройке производственного здания или в отдельном здании вблизи производственного здания с соединенным утепленным переходом и иметь выход наружу, минуя производственные помещения.

Санитарно-бытовые помещения предусматривают в зависимости от групп производственных процессов по санитарной классификации.

Гардеробные проектируют для хранения уличной одежды (пальто, головной убор, обувь), домашней (костюм, платье, белье) и рабочей одежды с соблюдением, как правило, условий самообслуживания.

Таблица 3.1

Санитарная характеристика производственных процессов

Группа производственных процессов	Санитарная характеристика производственных процессов	Расчетное число чел.		Тип гардеробных, число отделений шкафа на 1 чел.	Специальные бытовые помещения и устройства
		на душевую сетку	на один кран		
1	Процессы, вызывающие загрязнение веществами 3-го и 4-го классов опасности: только рук; тела и спецодежды; тела и спецодежды, удаляемые с применением специальных моющих средств	25	7	Общие, одно отделение Общие, два отделения Раздельные, по одному отделению	Химчистка или стирка спецодежды
1а		15	10		
1б		5	20		
1в					
2	Процессы, протекающие при избытках явного тепла или неблагоприятных метеорологических условиях: при избытках явного конвекционного тепла; при избытках явного лучистого тепла; связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды; при температуре воздуха 10 °С, включая работы на открытом воздухе	7	20	Общие, два отделения Общие, два отделения Раздельные, по одному отделению Раздельные, по одному отделению	Помещения для охлаждения Помещения для охлаждения Сушка спецодежды Помещения для обогрева и сушки спецодежды
2а		3	20		
2б		5	20		
2в		5	20		
2г					

3	<p>Процессы, вызывающие загрязнение веществами 1-го и 2-го классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом:</p> <p>только рук; тела и спецодежды</p>	7	10	Общие, одно отделение Раздельные, по одному отделению	Химчистка, искусственная вентиляция мест хранения спецодежды, дезодорация
3а 3б		4	10		
4	Процессы, требующие особых условий к соблюдению чистоты или стерильности	В соответствии с требованиями ведомственных нормативных документов			

Гардеробные для групп производственных процессов, вызывающих загрязнения веществами 3-го и 4-го классов опасности тела и спецодежды, удаляемых с применением специальных моющих средств (группа 1в); протекающих при избытках явного тепла или неблагоприятных метеорологических условиях, связанных с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды (2в), при температуре воздуха до 10 °С, включая работы на открытом воздухе (2г); вызывающих загрязнения веществами 1-го и 2-го классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом (3б), должны быть отдельными для каждой из указанных групп в целях исключения переноса особо загрязняющих и опасных для здоровья веществ. В виде исключения может допускаться объединение в одном гардеробном блоке работников групп 1в и 3б, а также 2в и 2г при условии, что их суммарное число не превышает 50 чел.

Для стирки спецодежды при производственных предприятиях или группы предприятий должны предусматриваться прачечные с отделениями химической чистки. В обоснованных случаях допускается использование городских прачечных при условии устройства в них специальных отделений (технологических линий) для обработки спецодежды. Состав и площадь помещений прачечных, химической чистки, восстановления пропитки и обезвреживания спецодежды должны устанавливаться в технологической части проекта с учетом санитарных требований ее обработки.

Основным типом душевых кабин являются открытые душевые кабины. В целях повышения удобства пользования кабины в женских душевых рекомендуется оборудовать устройствами с гибкими шлангами либо с наклонной установкой форсунки над уровнем пола не выше 1,6 м. Закрытые душевые кабины являются более комфортными, однако имеют меньшую пропускную способность, так как используются и для вытирания тела. Не рекомендуется применение закрытых душевых кабин на производствах с особо сильными или опасными загрязнениями (группы 1 в, 2б – процессы, протекающие при избытках явного лучистого тепла). Закрытые душевые кабины рекомендуется проектировать отдельно от помещения с открытыми.

Умывальные рекомендуется размещать в отдельных помещениях, смежно с душевыми. При количестве умывальников не более 4 допускается размещать умывальники на специально отведенной площади гардеробных смежно с душевыми. С боковых сторон места для умывания рекомендуется выделять перегородками высотой 1 м. Полы под умывальниками на расстоянии 0,9 м от стены и 0,45 м от оси крайнего умывальника должны быть облицованы керамической плиткой и иметь трапы.

Уборные в многоэтажных бытовых помещениях должны быть на каждом этаже. При численности работников на двух смежных этажах 30 чел. или менее уборные следует размещать на одном из этажей с наибольшей численностью. При численности работников на трех этажах менее 10 чел. допускается одну уборную на три этажа. Общую уборную для мужчин и женщин допускается предусматривать при численности работников в смену не более 15 чел.

Помещения для личной гигиены женщин предназначены для проведения гигиенических процедур. В их состав входят: помещения для раздевания; индивидуальные кабины для процедур, оборудованные гигиеническими душами с индивидуальными смесителями холодной и горячей воды с ножным пуском; места для раздевания, оборудованные скамьями с крючками над каждым местом и умывальником.

Для пользования питьевой водой устанавливают фонтанчики, соединенные водопроводной сетью.

На предприятии со списочной численностью работающих более 300 чел. предусматривают фельдшерские или врачебные здравпункты, а при списочной численности от 50 до 300 – медицинские пункты.

Состав и площадь помещения фельдшерского или врачебного здравпункта определяется в зависимости от численности работающих и условий их труда. Площадь медицинского пункта следует принимать со следующими размерами: 12 м² – при списочной численности от 50 до 150 работников, 18 м² – от 151 до 300.

Исходя из условий, режима труда и отдыха работников на предприятии могут создаваться ингалятории, фотарии, помещения для отдыха и психологической разгрузки и другие.

При проектировании производственных предприятий также предусматривают столовые, рассчитанные на обеспечение всех работающих предприятий общим, диетическим, а по спецзаданием – и лечебно-профилактическим питанием.

3.7. Социальные гарантии, льготы и компенсации работникам

Государство гарантирует работникам защиту их права на труд в условиях, соответствующих требованиям охраны труда. Помимо общих социальных гарантий, предусмотренных действующим законодательством, работникам предоставляются также социальные гарантии в следующих случаях:

Таблица 3.2

Социальные гарантии, предоставляемые работникам

Гарантии	Размер	Законодательные и нормативные акты
<p>Нормальная продолжительность рабочего времени</p> <p>Продолжительность ежедневной работы</p>	<p>Не более 40 ч в неделю</p> <p>Не может превышать: для работников в возрасте от 15 до 16 лет – 5 ч, в возрасте от 16 до 18 лет – 7 ч; учащихся общеобразовательных учреждений, обучающихся в профессионального образования, совмещающих в течение учебного года учебу с работой, в возрасте от 14 до 16 лет – 2, 5 ч, в возрасте от 16 до 18 лет – 3,5 ч; инвалидов – в соответствии с медицинским заключением; работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда: при 36-часовой рабочей неделе – 8 ч, а при 30-часовой рабочей неделе и менее – 6 ч</p>	<p>ТК РФ (ст. 91)</p> <p>ТК РФ (ст. 94)</p>
<p>Работа в ночное время (с 22 ч вечера до 6 ч утра)</p> <p>Ежегодные отпуска</p>	<p>Установленная продолжительность рабочего времени (смены) сокращается на 1 ч</p> <p>Всем работникам предоставляются ежегодные отпуска с сохранением места работы (должности) и среднего заработка</p>	<p>ТК РФ (ст. 96)</p> <p>ТК РФ (ст. 114)</p>
<p>Продолжительность ежегодно оплачиваемого отпуска</p> <p>Предельное количество сверхурочных работ</p>	<p>28 календарных дней и более</p> <p>Не должны превышать для каждого работника 4 ч в течение двух дней подряд и 120 ч в год</p>	<p>ТК РФ (ст. 115–119)</p> <p>ТК РФ (ст. 99)</p>

<p>Предельное количество работ по совместительству</p> <p>Продолжительность еженедельного непрерывного отдыха</p> <p>Запрещение работы в выходные и нерабочие праздничные дни</p> <p>Ежегодные отпуска</p> <p>Продолжительность ежегодно оплачиваемого отпуска</p>	<p>Не может превышать 4 ч в день и 16 ч в неделю</p> <p>Не менее 42 ч</p> <p>–</p> <p>Всем работникам предоставляются ежегодные отпуска с сохранением места работы (должности) и среднего заработка</p> <p>28 календарных дней и более</p>	<p>ТК РФ (ст. 98)</p> <p>ТК РФ (ст. 110)</p> <p>ТК РФ (ст. 113)</p> <p>ТК РФ (ст. 114)</p> <p>ТК РФ (ст. 115–119)</p>
--	--	---

при направлении в служебную командировку;
переводе в другую местность;
исполнении государственных или общественных обязанностей;
совмещении работы с обучением;
вынужденном прекращении работы не по вине работника;
в связи с задержкой по вине работодателя выдачи трудовой книжки при увольнении работника и др.

В соответствии со ст. 147, 222 ТК РФ за работу во вредных и тяжелых условиях труда предусмотрены следующие льготы и компенсации (табл. 3.2):

доплаты к заработной плате или повышенные тарифные ставки
льготное пенсионное обеспечение по старости;
бесплатная выдача молока или других равноценных продуктов (кефир, йогурт, творог, молоко сгущенное и др.);

бесплатная выдача лечебно-профилактического питания в виде горячих завтраков перед началом работы либо в обеденный перерыв. При невозможности получения по состоянию здоровья или из-за отдаленности местожительства лечебно-профилактического питания в столовой работниками в период временной нетрудоспособности или инвалидами вследствие профессионального заболевания, имеющими право на получение этого питания, допускается выдача им питания на дом в виде готовых блюд. Такой порядок выдачи лечебно-профилактического питания на дом в виде готовых блюд распространяется также и на женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет, в случае их перевода на другую работу с целью устранения контакта с вредными производственными факторами.

3.8. Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве

В соответствии со ст. 228 и 229 ТК РФ и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях (утверждено Постановлением Минтруда России от 24 октября 2002 г. № 73) для установления причин и обстоятельств происшествия несчастного случая проводят его расследование.

Несчастные случаи подразделяют так:

1) в зависимости от особенностей и обстоятельств происшествия (несчастные случаи, связанные с производством, не связанные с производством);

2) количества пострадавших (одиночные – в числе пострадавших один работник, групповые – число одновременно пострадавших составляет два и более работников);

3) последствий от полученных повреждений здоровья: без утраты трудоспособности; с временной утратой трудоспособности; со стойкой утратой трудоспособности (т. е. тяжелых) – наступают вследствие резко выраженных нарушений функций организма при наличии абсолютных медицинских противопоказаний для выполнения любых видов профессиональной деятельности в специально созданных условиях. Признаками тяжелого несчастного случая на производстве являются также повреждения здоровья, угрожающие жизни пострадавшего, и смертельные;

4) степени тяжести повреждения здоровья.

Расследованию подлежат события, в результате которых работниками или другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя, были получены увечья или иные травмы, в т. ч. причиненные другими лицами, включая тепловой удар, ожог, обморожение, утопление, поражение электрическим током (в т. ч. молнией); укусы и другие телесные повреждения, нанесенные животными и насекомыми; повреждения травматического характера, полученные в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, и иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием на пострадавшего опасных факторов, повлекшие за собой необходимость его перевода на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть (несчастный случай), происшедшие:

при непосредственном исполнении трудовых обязанностей или работ по заданию работодателя, в т. ч. во время служебной командировки, а также при совершении иных правомерных действий в интересах работодателя, в т. ч. направленных на предотвращение несчастных случаев, аварий, катастроф и иных ситуаций чрезвычайного характера;

на территории организации, других объектах и площадях, закрепленных за организацией, либо в ином месте работы в течение рабочего времени (включая установленные перерывы), в т. ч. во время следования на рабочее место (с рабочего места), а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды и т. п. перед началом и после окончания работы, либо при выполнении работ за пределами нормальной продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

при следовании к месту работы или с работы на транспортном средстве работодателя или сторонней организации, предоставившей его на основании договора с работодателем, а также на личном транспортном средстве в случае использования его в производственных целях в соответствии с документально оформленным соглашением сторон трудового договора или объективно подтвержденным распоряжением работодателя либо с его ведома;

во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в т. ч. пешком;

при следовании к месту служебной командировки и обратно;

при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;

во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом, а также при нахождении на судне (морском, речном и др.) в свободное от вахты и судовых работ время;

при привлечении в установленном порядке к участию в ликвидации последствий катастроф, аварий и других чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и иного характера.

О каждом страховом случае работодатель (его представитель) в течение суток обязан сообщить в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации страхователя). О несчастном случае с числом пострадавших два человека и более (групповой несчастный случай), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, происшедшем с работниками или другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя, работодатель или его представитель в течение суток обязан направить извещение о групповом несчастном случае (тяжёлом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом) в органы и организации, указанные в ст. 228 ТК РФ.

В зависимости от обстоятельств происшествия и характера повреждений здоровья пострадавших расследование несчастных случаев, в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводят в течение трех дней, иных несчастных случаев – в течение 15 дней. Сроки расследования несчастных случаев исчисляют в календарных днях, начиная со дня издания работодателем приказа об образовании комиссии по расследованию несчастного случая.

В состав комиссии по расследованию несчастного случая входят представитель работодателя (председатель комиссии), представитель

профсоюзного органа или иного уполномоченного органа, специалист службы охраны труда. Работник имеет право на личное участие в расследовании, либо по его требованию в расследовании может принимать участие его доверенное лицо.

При возникновении обстоятельств, объективно препятствующих завершению в установленные сроки расследования несчастного случая, в т. ч. по причинам отдаленности и труднодоступности места происшествия, а также при необходимости дополнительного получения соответствующих медицинских и иных документов и заключений, установленные сроки расследования несчастного случая могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 календарных дней.

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, чьи объяснения могут быть необходимы, получает от работодателя (его представителя) иную необходимую информацию и по возможности – объяснения от пострадавшего по существу происшествия. На основании собранных материалов расследования комиссия устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, а также лиц, допустивших нарушения государственных нормативных требований охраны труда, вырабатывает мероприятия по устранению причин и предупреждению подобных несчастных случаев, определяет, были ли действия пострадавшего в момент несчастного случая обусловлены трудовыми отношениями с работодателем либо участием в его производственной деятельности, в необходимых случаях решает вопрос об учете несчастного случая и его квалификации: как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная в установленном порядке учреждением здравоохранения и следственными органами;

смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника (по заключению учреждения здравоохранения), не связанное с нарушениями технологического процесса, где используются технические спирты, ароматические, наркотические и другие токсические вещества;

несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение (преступление).

Решение о квалификации несчастного случая, происшедшего при совершении пострадавшим действий, содержащих признаки уголовного правонарушения, принимается комиссией с учетом официальных постановлений (решений) правоохранительных органов, квалифицирующих указанные действия. До получения указанного решения председателем комиссии оформление материалов расследования несчастного случая временно приостанавливается. В случаях разногласий, возникших между членами комиссии в ходе расследования несчастного случая (о его причинах, лицах, виновных в допущенных нарушениях, учете, квалификации и др.), решение принимается большинством голосов членов комиссии.

Комиссией, проводившей расследование несчастного случая на производстве, составляется акт по форме Н-1 в трех экземплярах. В акте подробно излагают обстоятельства и причины несчастного случая на производстве, а также указывают лиц, допустивших нарушения установленных нормативных требований, со ссылками на нарушенные ими правовые нормы законодательных, иных нормативных правовых актов.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в пункте 10 акта формы Н-1 указывают степень его вины в процентах с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации.

Оформленные и подписанные акты формы Н-1 вместе с материалами расследования направляются председателем комиссии или государственным инспектором труда, проводившим расследование, для рассмотрения работодателю (его представителю), с которым в момент несчастного случая фактически состоял в трудовых отношениях пострадавший либо в производственной деятельности которого он участвовал.

Работодатель (его представитель) в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1 пострадавшему, а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом – доверенным лицам пострадавшего.

Вторые экземпляры утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 с копиями материалов расследования хранятся в течение

45 лет работодателем (юридическим или физическим лицом), осуществляющим по решению комиссии или государственного инспектора труда, проводивших расследование, учет несчастного случая.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель (его представитель) направляет в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации в качестве страхователя).

Оформленный акт о расследовании несчастного случая с прилагаемыми к нему материалами расследования и копией (копиями) составленного в установленных случаях акта формы Н-1 в трехдневный срок после их представления работодателю направляются председателем комиссии (государственным инспектором труда, проводившим расследование несчастного случая) в прокуратуру, куда ранее направлялось извещение о несчастном случае. Копии указанных документов направляются также в соответствующую государственную инспекцию труда и территориальный орган соответствующего федерального надзора (по несчастным случаям, происшедшим в подконтрольных им организациях (объектах), а при страховом случае – также в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации страхователя).

Копии актов о расследовании несчастных случаев вместе с копиями актов формы Н-1 направляются председателями комиссий (государственными инспекторами труда, проводившими расследование несчастных случаев) также в Департамент государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда Минздравсоцразвития России и соответствующие федеральные органы исполнительной власти по ведомственной принадлежности (при их наличии) для проведения в установленном порядке анализа состояния и причин производственного травматизма и разработки предложений по его профилактике.

По окончании временной нетрудоспособности пострадавшего (по несчастным случаям со смертельным исходом – в течение месяца по завершении расследования) работодатель (его представитель) направляет в соответствующую государственную инспекцию труда, а в необходимых случаях – в соответствующий территориальный орган федерального надзора сообщение о последствиях несчастного случая на производстве и принятых мерах.

По результатам расследования каждого группового несчастного случая, тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исходом составляют акт о расследовании группового несчастного случая (тяжелого несчастного случая, несчастного случая со смер-

тельным исходом) и заключение председателя комиссии – государственного инспектора труда. При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляют на каждого пострадавшего отдельно.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируется работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве.

Все зарегистрированные несчастные случаи на производстве включаются в годовую форму № 7 – травматизм «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях», направляемую в органы Росстата.

Групповые несчастные случаи на производстве (в т. ч. с тяжелыми последствиями), тяжелые несчастные случаи на производстве и несчастные случаи на производстве со смертельным исходом регистрируются соответствующими государственными инспекциями труда, а несчастные случаи на производстве, происшедшие с застрахованными, – также исполнительными органами страховщика (по месту регистрации страхователя) в установленном порядке.

3.9. Расследование, регистрация и учет профессиональных заболеваний (отравлений)

Расследованию, регистрации и учету подлежат острые и хронические профессиональные заболевания (отравления), возникновение которых у работников и других лиц обусловлено воздействием вредных производственных факторов при выполнении ими трудовых обязанностей или производственной деятельности.

Под острым профессиональным заболеванием (отравлением) понимается заболевание, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Под хроническим профессиональным заболеванием (отравлением) понимается заболевание, являющееся результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Профессиональное заболевание, возникшее у работника, подлежащего обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, является страховым случаем. Работник имеет право на личное участие в расследовании возникшего у него профессионального заболевания. По его требованию в расследовании может принимать участие его доверенное лицо.

При установлении предварительного диагноза – острое профессиональное заболевание (отравление) учреждение здравоохранения в течение суток направляет экстренное извещение о профессиональном заболевании работника в центр госсанэпиднадзора, осуществляющего надзор за объектом, на котором возникло профессиональное заболевание, и сообщение работодателю.

Центр госсанэпиднадзора, получивший экстренное извещение, в течение суток со дня его получения приступает к выяснению обстоятельств и причин возникновения заболевания, после выяснения которых составляет санитарно-гигиеническую характеристику условий труда работника и направляет ее в государственное или муниципальное учреждение здравоохранения по месту жительства или по месту прикрепления работника.

В случае несогласия работодателя (его представителя) с содержанием санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника он вправе, письменно изложив свои возражения, приложить их к характеристике.

Учреждение здравоохранения на основании клинических данных состояния здоровья работника и санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз – острое профессиональное заболевание (отравление) – и составляет медицинское заключение.

При установлении предварительного диагноза – хроническое профессиональное заболевание (отравление) – извещение о профессиональном заболевании работника в трехдневный срок направляется в центр госсанэпиднадзора.

Центр госсанэпиднадзора в двухнедельный срок со дня получения извещения представляет в учреждение здравоохранения санитарно-гигиеническую характеристику условий труда работника.

Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз – хроническое профессиональное заболевание (отравление) – в месячный срок обязано направить больного на амбулаторное или стационарное обследование в специализированное лечебно-профилактическое

учреждение или его подразделение (центр профессиональной патологии, клинику или отдел профессиональных заболеваний медицинских научных организаций клинического профиля) с представлением следующих документов:

- а) выписки из медицинской карты амбулаторного и/или стационарного больного;
- б) сведений о результатах предварительного (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров;
- в) санитарно-гигиенической характеристики условий труда;
- г) копии трудовой книжки.

Центр профессиональной патологии на основании клинических данных состояния здоровья работника и представленных документов устанавливает заключительный диагноз – хроническое профессиональное заболевание (в т. ч. возникшее спустя длительный срок после прекращения работы в контакте с вредными веществами или производственными факторами), составляет медицинское заключение и в трехдневный срок направляет соответствующее извещение в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Медицинское заключение о наличии профессионального заболевания выдается работнику под расписку и направляется страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного. Работодатель обязан организовать расследование обстоятельств и причин возникновения у работника профессионального заболевания. В течение 10 дней с даты получения извещения об установлении заключительного диагноза профессионального заболевания работодатель создает комиссию по расследованию профессионального заболевания, возглавляемую главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В состав комиссии входят представитель работодателя, специалист по охране труда (или лицо, назначенное работодателем ответственным за организацию работы по охране труда), представитель учреждения здравоохранения, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа.

Для проведения расследования работодатель обязан:

представлять документы и материалы, в т. ч. архивные, характеризующие условия труда на рабочем месте (участке, в цехе);

проводить по требованию членов комиссии за счет собственных средств необходимые экспертизы, лабораторно-инструментальные и другие гигиенические исследования с целью оценки условий труда на рабочем месте;

обеспечивать сохранность, учет документации по расследованию.

Для принятия решения по результатам расследования необходимы следующие документы:

- приказ о создании комиссии;
- санитарно-гигиеническая характеристика условий труда работника;
- сведения о проведенных медицинских осмотрах;
- выписка из журналов регистрации инструктажей и протоколов проверки знаний работника по охране труда;
- протоколы объяснений работника, опросов лиц, работавших с ним, других лиц;
- копии документов, подтверждающих выдачу работнику СИЗ;
- экспертные заключения специалистов, результаты исследований и экспериментов;
- медицинская документация о характере и степени тяжести повреждения, причиненного здоровью работника;
- выписки из ранее выданных по данному производству предписаний центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- другие материалы по усмотрению комиссии.

На основании рассмотрения документов комиссия устанавливает обстоятельства и причины профессионального заболевания работника, определяет лиц, допустивших нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил, иных нормативных актов, и меры по устранению причин возникновения и предупреждению профессиональных заболеваний. Если комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа комиссия устанавливает степень вины застрахованного в процентах.

По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания. Работодатель в месячный срок после завершения расследования обязан на основании акта о случае профессионального заболевания издать приказ о конкретных мерах по предупреждению профессиональных заболеваний. Все зарегистрированные профессиональные заболевания включаются в годовую форму № 7 – травматизм «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях», направляемую в органы Росстата.

3.10. Анализ профессионального риска

Результаты производственного контроля и аттестации рабочих мест используют при анализе профессионального риска.

Анализ профессионального риска включает три этапа: оценку профессионального риска; управление профессиональным риском; информацию о профессиональном риске.

Для оценки профессионального риска используют:
гигиеническую оценку условий труда по Р 2.2.755–99;
индекс профессиональной заболеваемости;
категорирование риска по классам условий труда (табл. 3.3);
медико-биологические показатели здоровья работников, в т. ч. репродуктивного и здоровья потомства (табл. 3.4);
тяжесть нарушений здоровья работников.

Индекс профессиональной заболеваемости (профзаболеваемости) $I_{пз}$ рассчитывают по формуле

$$I_{пз} = 1/(K_p \cdot K_{тпз}),$$

где K_p – категория риска (табл. 3.5); $K_{тпз}$ – категория тяжести профзаболеваний (табл. 3.6).

Таблица 3.3

Классы условий труда, категории профессионального риска и срочность мер профилактики

Класс условий труда	$I_{пз}$	Категория профессионального риска	Срочность мероприятий по снижению риска
1	–	Риск отсутствует	Меры не требуются
2	< 0,05	Пренебрежимо малый (переносимый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите ¹
3.1	0,05–0,11	Малый (умеренный) риск	Требуются меры по снижению риска
3.2	0,12–0,24	Средний (существенный) риск	Требуются меры по снижению риска в установленные сроки
3.3	0,25–0,49	Высокий (непереносимый) риск	Требуются неотложные меры по снижению риска
3.4	0,5–1,0	Очень высокий (непереносимый) риск	Работы нельзя начинать или продолжать до снижения риска

Окончание табл. 3.3

Класс условий труда	$I_{пз}$	Категория профессионального риска	Срочность мероприятий по снижению риска
4	$> 1,0$	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присутствующий данной профессии	Работы должны проводиться только по специальным регламентам ²

Примечания: 1. К уязвимым группам работников относят несовершеннолетних, беременных женщин, кормящих матерей, инвалидов (№ 184–ФЗ).

2. Ведомственные, отраслевые или профессиональные регламенты работ с мониторингом функционального состояния организма работника до начала или в течение смены.

Величину индекса профзаболеваемости $I_{пз}$ по его шкале выражают от 0 до 1. Границе между классами вредных и экстремальных условий труда 3.4 и 4 соответствуют следующие значения медико-биологических показателей:

общесоматические заболевания и мутагенные нарушения – относительный риск свыше 5;

акселерация старения и недожитие – 10 лет и более;

риск профессионально обусловленной смертности – свыше 7.

Таблица 3.4

Медико-биологические показатели для оценки риска в зависимости от класса условий труда

Класс условий труда	Показатели состояния здоровья по результатам периодических медосмотров	Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ)	Показатели биологического возраста в сравнении с паспортным	Показатели смертности, недожития, инвалидности и др.	Показатели нарушения репродуктивного здоровья и здоровья потомства
1					
2					
3.1	+				+
3.2	++	+	+		+
3.3	++	++	+	+	++
3.4	++	++	+	++	++
4	++	++	+	++	++

Примечание. «–» – не обязательно, «+» – рекомендуется, «++» – обязательно.

Таблица 3.5

Категория риска

К _р	Риск, %	
	Выявленные случаи профзаболеваний	Выявленные случаи ранних признаков профзаболеваний
1	Более 10	Более 30
2	1–10	1–30
3	Менее 10	Менее 1

Таблица 3.6

Категория тяжести профзаболеваний

К _{тпз}	Определение категории тяжести на основе прогноза заболевания и типа нетрудоспособности, которую оно вызывает
1	Прогрессирующая нетрудоспособность, обуславливающая смену профессии
2	Постоянная нетрудоспособность или необходимость смены профессии
3	Постоянная умеренная нетрудоспособность
4	Тяжелая временная нетрудоспособность или больничный лист свыше трех недель
5	Умеренная временная нетрудоспособность или больничный лист менее трех недель

Управление риском – это принятие решений и действия, направленные на обеспечение безопасности и здоровья работников. При выборе комплекса мер по управлению риском руководствуются следующими приоритетами:

устранение опасного фактора или риска; основано на том, что чем больше отклонений от требований охраны труда выявлено при производственном контроле и аттестации рабочих мест по условиям труда, тем более высокая вероятность несчастных случаев со смертельным исходом;

снижение уровня опасного фактора или внедрение безопасных систем работы;

борьба с опасным фактором или риском в источнике;

при сохранении остаточного риска – обязательное использование СИЗ.

Управление риском включает также:
регулярное наблюдение за условиями труда;
предварительные, периодические, целевые медосмотры, группы диспансерного наблюдения работников и др.);
контроль защитных приспособлений и применения СИЗ;
систематическое информирование работников о существующем риске нарушений здоровья, необходимых мерах защиты и профилактики;

пропаганда здорового образа жизни (борьба с вредными привычками, занятия физкультурой и профессионально ориентированными видами спорта) и другие меры оздоровления.

Управление риском более эффективно при активном взаимодействии работодателей, работников в улучшении условий труда и сохранении здоровья работников при проведении производственного контроля за состоянием охраны труда.

Основной формой производственного контроля за состоянием охраны труда на рабочих местах, производственных участках, в цехах, а также за соблюдением всеми службами, должностными лицами и работниками требований законодательных и иных нормативных правовых актов об охране труда является ступенчатый контроль.

Ступенчатый контроль состоит в последовательном обследовании условий и безопасности труда на трех ступенях.

Первая ступень в бригаде, в отделении, на участке, в смене – когда контроль осуществляет бригадир, мастер (старший мастер), механик, энергетик совместно с уполномоченным лицом по охране труда профсоюза или иного уполномоченного работниками представительного органа (трудового коллектива). Указанные лица несут ответственность за правильное ведение журнала первой ступени и ежедневно отчитываются перед руководством подразделения о состоянии охраны труда, а уполномоченное лицо – перед председателем комитета профсоюза или иного уполномоченного работниками представительного органа подразделения.

Вторая ступень в структурном подразделении (цехе, лаборатории и т. п.) – когда контроль проводится комиссией, назначенной распоряжением руководителя подразделения в составе: руководителя подразделения, работников технических служб подразделения с участием председателя комитета профсоюза или иного уполномоченного работниками представительного органа подразделения. Результаты контроля записывают в журнал второй ступени. Ежеженедельно руководитель подразделения проводит совещание инженерных служб подразделения, мастеров,

бригадиров, профсоюзного актива, иного уполномоченного работниками представительного органа, на котором разбирают результаты проверки, ход выполнения приказов, распоряжений, планов-графиков, предписаний по охране труда и др.

Третья ступень на предприятии в целом – когда контроль осуществляется комиссией, назначенной приказом работодателя совместно с профсоюзным комитетом или иным уполномоченным коллективом представительным органом, в состав которой, как правило, входят главный инженер (технический директор), главные специалисты (механик, энергетик, технолог и др.), руководитель службы охраны труда, председатель профсоюзного комитета или иного выборного общественного органа, председатель комитета (комиссии) по охране труда организации. Результаты третьей ступени контроля оформляют актом, который передают руководителю предприятия для выработки управляющего решения.

Естественным продолжением процесса оценки риска являются передача и распространение информации о риске. Ежемесячно главный инженер (технический директор) проводит День охраны труда, на который приглашаются председатель профкома или иного уполномоченного работниками представительного органа, председатель комитета (комиссии) по охране труда, главные специалисты, руководители подразделений, специалисты служб охраны труда и пожарной безопасности, безопасности дорожного движения, врач, профсоюзный актив или представители иного выборного органа. На Дне охраны труда доводят до сведения участников результаты проверок, заслушивают отдельных руководителей подразделений и главных специалистов по допущенным нарушениям. По результатам проведения Дня охраны труда служба охраны труда ведёт и оформляет протокол, рассылая его руководителям подразделений и служб; осуществляет контроль за выполнением решений, принятых на Дне охраны труда; докладывает главному инженеру (техническому директору) о ходе выполнения протокольных решений.

Решения, принимаемые на Дне охраны труда, носят характер обязательного исполнения руководителями подразделений и служб. По вопросам, требующим принятия решений руководителем организации, главный инженер (технический директор) вносит руководителю организации соответствующие предложения, связанные с необходимостью выполнения намеченных мероприятий, а также наложения дисциплинарного взыскания на руководителей и специалистов, не обеспечивших устранение нарушений.

3.11. Экономическая эффективность от внедрения мероприятий по охране труда

Реализация мероприятий по улучшению условий и охране труда требует определенных материальных средств, расходуемых за счет капитальных затрат.

Источники финансирования проводимых мероприятий – накладные расходы организаций, фонды развития производства, социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, социального страхования.

В накладных расходах предусматриваются следующие расходы:

на приобретение спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты (респираторов, защитных очков, касок, аптечек, защитных паст и специальных моющих средств, рукавиц), химчистку одежды;

на содержание столовых (буфетов), здравпунктов, бесплатное спецпитание, транспорт по перевозке рабочих на удаленные объекты;

на отчисления в Фонд социального страхования РФ для оплаты больничных листов;

на строительство временных бытовых помещений, приобретение санитарно-гигиенического оборудования и инвентаря, содержание строительных площадок летом и зимой.

Фонд развития производства используется также для улучшения условий труда за счет совершенствования техники и технологии при непосредственном участии работников профкомов в период его формирования, планирования и использования.

Фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, образуемый за счет прибыли, используется для расширения жилого фонда и сети детских дошкольных учреждений, приобретения путевок в санатории, профилактории и дома отдыха, содержания собственных социально-культурных объектов.

Фонд социального страхования предназначен для оплаты листов нетрудоспособности при травмировании и заболевании работников.

Эффективность мероприятий как результат оздоровительного эффекта определяют путем снижения затрат живого труда на единицу выполненных работ, сокращения материальных потерь и вследствие этого – роста эффективности строительного производства. Производительность труда увеличивается за счет повышения работоспособности, снижения преждевременного утомления, увеличения эффективного фонда рабочего

времени за счет снижения профессиональной и общей заболеваемости и травматизма. Прирост производительности труда $\Pi_{\text{пртр}}$, %, определяется по формуле

$$\Pi_{\text{пртр}} = (T_1 - T_2)/T_2 \cdot 100 \%,$$

где T_1 и T_2 – трудоемкость работ до и после внедрения мероприятий, чел.-дн.

Сопоставление трудоемкости и сравнение условного высвобождения численности рабочих производится только между работами, выполняемыми одинаковыми технологическими методами и средствами (ручные сопоставляются с ручными, механизированные – с механизированными и т. д.).

Высвобождение численности рабочих $V_{\text{ч}}$, чел., определяют путем увеличения эффективного фонда рабочего времени в результате сокращения внутрисменных или целодневных потерь по причинам профессиональной и общей заболеваемости по формуле

$$V_{\text{ч}} = (\Phi_2 - \Phi_1)/\Phi_1 \cdot p,$$

где Φ_1 и Φ_2 – использование фонда рабочего времени в среднем на одного рабочего до и после внедрения мероприятий, чел.-дн.; p – численность рабочих до внедрения мероприятий, чел.

Сокращение внутрисменных нерегламентированных потерь $\mathcal{E}_{\text{прв}}$, чел.-дн., и непроизводительных затрат труда вследствие улучшения условий труда можно определить зависимостью

$$\mathcal{E}_{\text{прв}} = \Delta_A \cdot p_{\text{ч}} \cdot \Phi,$$

где Δ_A – сокращение потерь рабочего времени и непроизводительных затрат труда в среднем на одного рабочего в смену, чел.-дн.; $p_{\text{ч}}$ – численность рабочих, у которых сокращаются потери рабочего времени и непроизводительные затраты труда, чел.; Φ – годовой фонд рабочего времени в среднем на одного рабочего, дни.

Снижение временной нетрудоспособности в целом по участку определяют как разность между D_1 и D_2 :

$$D = D_1 - D_2,$$

где D_1 и D_2 – число дней временной нетрудоспособности до и после внедрения мероприятий по улучшению условий и охраны труда.

Задача 1

В результате внедрения комплекса мероприятий по улучшению условий труда работников снизился производственный травматизм, а также потери рабочего времени с $D_1 = 620$ до $D_2 = 405$ чел.-дн.

Определить годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{прг}}$ от сокращения производственного травматизма при среднедневной фактической заработной плате работников $Z_{\text{ср1}} = 800$ руб. и $Z_{\text{ср2}} = 950$ руб. в первом и втором случаях соответственно.

Решение

Годовая экономия от сокращения производственного травматизма

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{\text{прг}} &= 1,7 \cdot (Z_{\text{ср1}} \cdot D_1 - Z_{\text{ср2}} \cdot D_2) = \\ &= 1,7 \cdot (800 \cdot 620 - 950 \cdot 405) = 189\,125 \text{ руб.},\end{aligned}$$

где 1,7 – коэффициент, учитывающий все элементы материальных последствий (выплаты по листкам нетрудоспособности, компенсации в пенсии и т. п.).

Осуществление эффективных инвестиционных проектов (ИП) увеличивает поступающий в распоряжение общества внутренний валовой продукт, который затем делится между участвующими в проекте субъектами (фирмами (акционерами и работниками), банками, бюджетами разных уровней и пр.). Поступлениями и затратами этих субъектов определяются различные виды эффективности ИП. Рекомендуется оценивать следующие виды эффективности: проекта в целом; участия в проекте.

Эффективность проекта в целом оценивается с целью определения потенциальной привлекательности проекта для возможных участников и поисков источников финансирования. Она включает в себя общественную (социально-экономическую) и коммерческую эффективность проекта.

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления ИП для общества в целом, в т. ч. как непосредственные результаты и затраты проекта, так и «внешние»: затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты. «Внешние» эффекты рекомендуется учитывать в количественной форме при наличии соответствующих нормативных и методических материалов. В отдельных случаях, когда эти эффекты весьма существенны, при отсутствии указанных документов допускается использование оценок

независимых квалифицированных экспертов. Если «внешние» эффекты не допускают количественного учета, проводят качественную оценку их влияния. Эти положения относятся также к расчетам региональной эффективности.

Показатели коммерческой эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для участника, реализующего ИП, в предположении, что он производит все необходимые для реализации проекта затраты и пользуется всеми его результатами.

Показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Эффективность участия в проекте определяют с целью проверки реализуемости ИП и заинтересованности в нем всех его участников; она включает в себя:

эффективность участия предприятий в проекте (эффективность ИП для предприятий-участников);

эффективность инвестирования в акции предприятия (эффективность для акционеров акционерных предприятий-участников ИП);

эффективность участия в проекте структур более высокого уровня по отношению к предприятиям – участникам ИП, в т. ч.: региональную эффективность – для отдельных регионов Российской Федерации; отраслевую эффективность – для отдельных отраслей народного хозяйства, финансово-промышленных групп, объединений предприятий и холдинговых структур; бюджетную эффективность ИП (эффективность участия государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней).

Оценку эффективности ИП покажем на следующем примере.

Задача 2

Определить срок окупаемости инвестиционного проекта по очистке воздуха рабочей зоны в помещении насосной. Балансовая прибыль предприятия $P = 2,2$ млн руб. в год. Первоначальные капиталовложения $K_{\text{вп}} = 5$ млн руб. Плата предприятия за превышение предельно-допустимого выброса (ПДВ) составляет $\Pi_{\text{п}} = 195$ тыс. руб. в год. Ставка налога на прибыль $H_{\text{п}} = 24$ %, средняя норма амортизации $a = 18$ %, размер ставки дисконтирования $d = 20$ %. Предприятие не производит платежей по кредитам сверх установленных ставок, т. е. $\Pi_{\text{к}} = 0$.

Решение

1. Поступления денежных средств Pt (чистая прибыль плюс амортизация) в текущем году составляют

$$Pt = (P - \Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{к}}) \cdot [1 - (H_{\text{п}}/100)] + [(a \cdot K_{\text{вп}})/100] =$$

$$= (2,2 - 0,195 - 0) \cdot [1 - (24/100)] + [(18 \cdot 5)/100] = 2,4238 \text{ млн руб.}$$

2. Срок окупаемости определяем путем последовательного суммирования членов конечного ряда величин дисконтированных доходов до тех пор, пока данная сумма не превысит $K_{\text{вп}}$:

$$Pt/(1 + d)^t =$$

$$= (2,4238/1,21) + (2,4238/1,22) + (2,4238/1,23) = 5,1 \text{ млн руб.}$$

Вывод: окупаемость проекта по очистке воздуха рабочей зоны в насосной будет достигнута к третьему году эксплуатации.

3. Через два года эксплуатации ($t = 2$) аппаратов очистки воздуха в насосной доход составит:

$$D = Pt/(1 + d)^t = (2,4238/1,21) + (2,4238/1,22) = 3,703 \text{ млн руб.};$$

4. Оставшиеся невозмещенные капитальные затраты составят

$$K_{\text{вп}} - D = 5 - 3,703 = 1,297 \text{ млн руб.}$$

5. Поделим невозмещенный остаток суммы капитальных затрат на величину денежных поступлений за третий год эксплуатации аппаратов очистки воздуха в насосной:

$$1,297/[2,4238/(1 + 0,2)^3] = 1,94.$$

6. Дисконтированный срок окупаемости капитальных затрат равен

$$2 + 1,94 = 3,94 \text{ года.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные обязанности и права работодателя по охране труда.

2. В чем заключаются основные обязанности должностных лиц по охране труда?

3. Назовите обязанности и права работника по охране труда.

4. Что такое СУОТ?

5. Что такое межведомственная комиссия по охране труда?
6. Что входит в состав санитарно-бытовых помещений?
7. Каков порядок расследования несчастного случая на производстве?
8. Каков порядок расследования группового несчастного случая на производстве?
9. Охарактеризуйте порядок расследования несчастного случая на производстве со смертельным исходом.
10. Что такое акт по форме Н-1?
11. Каков порядок финансирования работ по охране труда.
12. Назовите основные планирующие документы по охране труда.
13. Что такое индекс профзаболеваемости и где его учитывают?
14. Перечислите принципы управления риском.
15. Какова цель анализа профессионального риска?
16. Каков порядок проведения производственного контроля за состоянием охраны труда?
17. Охарактеризуйте виды инструктажа по охране труда.
18. Что включает соглашение по охране труда? Каков срок его действия?
19. Какие материалы оформляются по результатам расследования несчастного случая на производстве со смертельным исходом?
20. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

Глава 4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ

4.1. Классификация вредных веществ и их действие на человека

Раздел охраны труда, изучающий вредные производственные факторы с целью защиты от них работающих, называется производственной санитарией.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002–80 *производственная санитария* – это система организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Основными вредными производственными факторами, имеющими место на большинстве производств, являются следующие:

- повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенное содержание бактерий, микроорганизмов и их компонентов;

- повышенная или пониженная аэризация воздуха;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны или поверхностей оборудования;

- повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха в рабочей зоне;

- повышенная интенсивность теплового облучения;

- повышенный уровень шума;

- повышенный уровень инфразвука;

- повышенный уровень ультразвука;

- повышенный уровень вибрации (общей и/или локальной);

- повышенный уровень электромагнитных излучений (ЭМИ);

- отсутствие или недостаток естественного света;

- повышенная или недостаточная освещенность рабочей зоны;

- повышенный уровень ионизирующих излучений и др.

Количество и уровни вредных производственных факторов зависят от специфики производственных процессов и обуславливают риск профессиональных заболеваний и производственного травматизма.

Для обеспечения безопасных условий труда важное значение имеют вопросы производственной санитарии, позволяющие обеспечить

санитарно-гигиенические условия труда на рабочем месте и тем самым снизить риск профессиональных заболеваний и производственного травматизма. Инженер должен знать основные положения, составляющие сущность перечисленных вопросов, чтобы успешно выполнять возложенные на него функции по организации безопасных условий труда. В структуре знаний выделим следующие узловые моменты:

общие положения (термины, определения, единицы измерения, зависимости, формулы, знание которых необходимо для расчетов уровней вредных производственных факторов и разработки защитных мер);

принципы нормирования рассматриваемого вредного производственного фактора и нормативные документы;

принципы, методы и средства защиты;

контроль рассматриваемого вредного производственного фактора и средства его измерения;

оказание первой помощи при воздействии рассматриваемого вредного производственного фактора.

Рассмотрим, придерживаясь по возможности отмеченной последовательности изложения, некоторые вредные производственные факторы.

Воздух представляет собой физическую смесь различных газов, образующих атмосферу Земли. Чистый воздух – это смесь газов в относительно постоянном объемном соотношении: азота – 78,09 %, кислорода – 20,95 %, аргона – 0,93 % и диоксид углерода – 0,03 %. Кроме того, воздух содержит незначительное количество других газов, таких как водород, озон, оксиды азота. Содержание паров воды в воздухе может достигать четырех объемных долей, %, в зависимости от конкретных условий окружающей среды и характера деятельности человека.

Состояние воздуха характеризуется следующими основными параметрами: плотностью, влажностью, температурой, давлением, влагосодержанием и др.

Плотностью воздуха называется отношение массы воздуха к его объему; она выражается в $\text{кг}/\text{м}^3$. Плотность влажного воздуха представляет собой сумму плотностей сухой части воздуха и водяных паров.

Степень влажности воздуха определяется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютная влажность характеризуется массой водяных паров в единице объема воздуха и выражается в $\text{г}/\text{м}^3$.

Относительная влажность – это отношение абсолютной влажности воздуха к максимальной (насыщенной) при данной температуре; выражают ее в %.

Температура воздуха показывает степень его нагрева; ее измеряют в градусах различных температурных шкал. В Международной практической температурной шкале различают температуры Кельвина (Т, К) и Цельсия (t , °С), связанные между собой соотношением

$$t = T - 273,15.$$

Давление воздуха (барометрическое) – это сумма парциальных давлений сухого воздуха и водяных паров; единицей измерения в СИ является паскаль (Па).

Влагосодержание воздуха – это количество водяных паров, г, приходящихся на 1 кг сухого воздуха.

Теплосодержание влажного воздуха – это количество содержащегося в нем тепла, кДж, отнесенное к 1 кг сухого воздуха.

Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может 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 последующего поколений.

Вредные вещества поступают в воздух рабочей зоны следующим образом:

в виде пыли – взвешенных в воздухе твердых частиц, имеющих диаметр более 1 мкм;

аэрозолей – коллоидных систем, в которых дисперсной средой служит воздух, а диаметр частиц лежит в пределах 0,1–0,001 мкм;

газов и паров;

масляного и кислотного туманов, бактерий, микроорганизмов и их компонентов.

Вредные вещества в соответствующих условиях при взаимодействии друг с другом, водой, кислородом воздуха могут вызывать пожар и (или) взрыв, что делает опасными их совместное хранение, поэтому хранение таких веществ, обладающих пожаро- и взрывоопасными, агрессивными и ядовитыми свойствами, регламентировано специальными правилами.

Все вредные вещества по характеру воздействия на организм человека можно разделить на две группы: *нетоксичные* в большинстве своем оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей, глаз и кожу человека, а при попадании в легкие – специфические заболевания и *токсичные*.

Токсичные и другие вещества могут поступать в организм через органы дыхания (около 95 % всех отравлений), желудочно-кишечный тракт (чаще всего через загрязненные руки при еде и курении) или поврежденную и даже неповрежденную кожу (тетраэтилсвинец, метанол, четыреххлористый углерод, фенол, хлорбензол и др.).

Токсичность – свойство веществ вызывать отравления (интоксикацию) организма – определяется большим числом факторов, из которых основными являются:

агрегатное состояние (наиболее опасны вредные вещества, находящиеся в паро-, газо-, дымо- и туманообразном состоянии, так как при этом велика вероятность попадания их в органы дыхания, в легкие, откуда они быстро переносятся в кровь);

дисперсность (от лат. *dispersus* – рассеянный, рассыпанный) – оценка степени измельченности вещества: чем мельче частицы, тем выше дисперсность, возможность и глубина проникновения в дыхательные пути и легкие человека. Дисперсность рассчитывают как отношение общей поверхности всех частиц к их суммарному объему или массе;

растворимость;

летучесть – максимальное содержание пара вредного вещества в единице объема воздуха; выражается в мг/л. В качестве примера приведем значение этого показателя для некоторых веществ: хлорбензол – 53,6 мг/л, изопропиловый спирт – 12 мг/л, четыреххлористый углерод – 1380 мг/л. Вещества, обладающие высокой летучестью, способны образовывать в воздухе большие концентрации. Вещества, летучесть которых превышает 200 мг/л, увеличивают плотность воздуха более чем на 25 %, причем скорость опускания паровоздушной смеси может превысить 0,2 м/с. Поэтому летучие вещества способны накапливаться в нижних этажах помещений, приземных слоях атмосферы. Вещества, характеризующиеся низкой летучестью, существенно не влияют на плотность газовой смеси, и поэтому их распределение происходит более равномерно по всему объему помещения;

внешние условия, продолжительность воздействия и концентрация. При выполнении тяжелой физической работы или пребывании в условиях высокой температуры происходит нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потоотделении, ускорение многих биохимических процессов. Учащение дыхания, усиление кровообращения и расширение сосудов кожи и слизистых оболочек ведут к увеличению поступления ядов через легкие и кожные покровы, поэтому опасность отравления воз-

растает. Алкоголь усиливает токсическое действие почти всех ядовитых продуктов. Организм подростков в 2–3 раза (до 10 раз в отношении некоторых веществ) более чувствителен к ядам, чем организм взрослого.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют:

на общетоксические, действующие на центральную нервную систему, кровь и кроветворные органы (сероводород, ароматические углеводороды, оксид углерода и др.);

раздражающие, вызывающие раздражение слизистых оболочек глаз, носа и гортани, действующие на кожные покровы (пары щелочей, кислот, оксиды азота и аммиака, серный, сернистый ангидрид и др.);

сенсibiliзирующие вещества, после относительно непродолжительного воздействия на организм вызывающие повышенную чувствительность к этому веществу. Последующие воздействия даже незначительных количеств этого вещества приводят к быстро развивающейся реакции, вызывающей кожные заболевания, астматические явления, болезнь крови (ртуть, альдегиды, ароматические нитро-, нитрозо- и аминосоединения и др.);

канцерогенные, приводящие к развитию злокачественных раковых опухолей (продукты перегонки нефти, деготь, бензидин, сажи и др.);

мутагенные, вызывающие нарушения наследственного аппарата человека, отражающиеся на его потомстве (соединения ртути и свинца, оксид этилена и др.).

По степени воздействия на организм вредные вещества по ГОСТ 12.1.007 подразделяют на четыре класса вредности (табл. 4.1):

1-й класс – чрезвычайно опасные;

2-й класс – высокоопасные;

3-й класс – умеренно опасные;

4-й класс – малоопасные.

Последствиями воздействия вредных веществ на организм человека могут быть отравления (острые и хронические), профессиональные заболевания, ожоги, изменения цветового зрения, другие отклонения в состоянии здоровья работника.

Острые отравления возникают при кратковременном действии на организм вредных веществ относительно высоких концентраций. Признаки отравления чаще всего проявляются быстро, что позволяет принять меры по оказанию первой помощи и устранению причин, вызвавших отравление. Однако некоторые химические вещества обладают скрытым периодом действия (отравление оксидами азота, например,

проявляется через 3–6 ч, начинается отек легких, что приводит к кислородной недостаточности).

Таблица 4.1

Классификация опасности веществ

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300–3	29–3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

Примечания: 1. К 1-му классу опасности относятся: тетраэтилсвинец, пары ртути, хромовый ангидрид, хроматы, бихроматы и др.;

2. Ко 2-му классу опасности относятся: анилин, формальдегид, фосфористый водород, цианистый водород и др.;

3. К 3-му классу опасности относятся: сероводород в смеси с углеводородами, окиси азота, пыль, содержащая от 10 до 90 % свободных SiO₂, метиловый спирт и др.;

4. К 4-му классу опасности относятся: нафталин, оксид углерода, нитросоединения метана, этана, пропана, бутана, этиловый спирт, этиловый (диэтиловый) эфир, бензин, керосин и др.;

5. КВИО – показатель опасности летучести и токсичности вещества, представляющий собой отношение максимально возможной концентрации паров вещества к его среднесменной концентрации.

Хронические отравления развиваются при длительном воздействии малых концентраций вредных веществ, способных накапливаться в организме. Симптомы отравлений возникают спустя недели и месяцы после контакта с такими веществами и иногда ведут к хроническим за-

болеваниям (например, ртуть вызывает хронические отравления, которые могут долгое время протекать бессимптомно).

Профессиональные заболевания вызываются воздействием на работника вредных условий труда. Так, от воздействия пыли различных видов могут возникнуть профессиональные заболевания легких. При вдыхании запыленного воздуха часть пылевых частиц проникает в глубь легочных тканей и оседает на альвеолах легких, вызывая разрастание соединительных тканей, т. е. развивается пневмокониоз. В зависимости от вида пыли, вызвавшей заболевание, различают силикоз (при воздействии пыли, содержащей диоксид кремния), асбестоз (от пыли асбеста), антракоз (от угольной пыли) и т. д. От действия едких веществ могут развиваться заболевания кожи – дерматиты, экземы. Действия сероводорода и диметилсульфата могут вызывать заболевания глаз (конъюнктивиты и др.).

Установлено, что чем больше в воздухе пыли, микроорганизмов и их компонентов, тем выше содержание тяжелых положительно заряженных ионов, тем меньше благотворно воздействующих на жизнедеятельность организма человека легких отрицательно заряженных ионов – аэроионов. Неудовлетворительный аэроионный состав воздуха приводит к недостатку кислорода и заболеваниям гриппом, бронхиальной астмой, нервно-психическим расстройствам и др.

Для оценки степени воздействия пыли на органы дыхания работника рассчитывают пылевую нагрузку (ПН) за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором, т. е. величину дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период профессионального контакта с фактором:

$$ПН = K \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг,}$$

где K – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м^3 (определяют по результатам санитарного контроля воздушной среды); N – число рабочих смен в календарном году; T – количество лет контакта с пылевым фактором; Q – объем легочной вентиляции за смену, м^3 (рекомендуется использование следующих усредненных величин объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и соответственно категорий работ по тяжести согласно СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»: для работ категорий Ia–Iб объем легочной вентиляции за смену – 4 м^3 ; для работ категорий Ia–IIб – 7 м^3 ; для работ категории III – 10 м^3).

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), сформировавшейся при условии соблюдения среднесменной предельно допустимой концентрации пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором. Значение КПН рассчитывают в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, ПДК пыли и категории работ:

$$\text{КПН} = \text{ПДК}_{\text{сс}} \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг},$$

где $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ – среднесменная ПДК, т. е. предельно допустимое содержание вещества в зоне дыхания работника (пространство радиусом 0,5 м от лица работника), усредненное за период смены или не менее 75 % ее продолжительности, мг/м^3 .

При соответствии фактической пылевой нагрузки контрольному уровню условия труда относят к допустимому классу и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях. Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда по данному фактору.

Задача 1

Дробильщик проработал $T = 7$ лет в условиях воздействия пыли гранита, содержащей 60 % SiO_2 . ССК за этот период составила 3 мг/м^3 , среднесменная ПДК данной пыли – 2 мг/м^3 , категория работ по тяжести – Пб (объем легочной вентиляции $Q = 7 \text{ м}^3$). Среднее количество рабочих смен в год $N = 248$.

Определить: а) пылевую нагрузку; б) контрольную пылевую нагрузку за этот период; в) класс условий труда; г) контрольную пылевую нагрузку за период 25-летнего контакта с фактором (КПН_{25}); д) допустимый стаж работы в таких условиях.

Решение

1. Фактическая пылевая нагрузка за рассматриваемый период

$$\text{ПН} = 3 \cdot 248 \cdot 7 \cdot 7 = 36456 \text{ мг}.$$

2. Контрольная пылевая нагрузка за тот же период работы

$$\text{КПН} = 2 \cdot 248 \cdot 7 \cdot 7 = 24304 \text{ мг}.$$

3. Величина превышения КПН

$$\text{ПН/КПН} = 36456/24340 = 1,5,$$

т. е. фактическая ПН превышает КПН за тот же период работы в 1,5 раза.

Соответственно, согласно Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов среды и трудового процесса, критерии и классификации условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 июля 2005 г.), класс условий труда дробильщика – вредный, 3.1.

4. КПН за средний рабочий стаж, равный 25 годам,

$$\text{КПН}_{25} = 2 \cdot 248 \cdot 7 \cdot 25 = 86800 \text{ мг.}$$

5. Допустимый стаж работы в данных условиях

$$T_{\text{доп}} = \text{КПН}_{25}/(K \cdot N \cdot Q) = 86800/(3 \cdot 248 \cdot 7) = 16,7 \text{ лет.}$$

Вывод: в данных условиях труда дробильщик может проработать не более 17 лет.

Задача 2

Рабочий работал в контакте с асбестосодержащей пылью (содержание асбеста более 20 % по массе). ПДК_{СС} пыли составлял 0,5 мг/м³. Общий стаж работы $T_{\text{общ}} = 15$ лет. Первые 5 лет фактическая среднесменная концентрация пыли составляла 10 мг/м³, категория работ – III (объем легочной вентиляции – 10 м³ в смену). Следующие 6 лет фактическая ССК была равна 3 мг/м³, категория работ составила IIa (объем легочной вентиляции за смену – 7 м³) и последние 4 года ССК составила 0,9 мг/м³, категория работ – IIa. Среднее количество рабочих смен в году было равно 248.

Определить: а) пылевую нагрузку; б) контрольную пылевую нагрузку за этот период; в) класс условий труда; г) контрольную пылевую нагрузку за период 25-летнего контакта с фактором (КПН₂₅).

Решение

1. Фактическая пылевая нагрузка за все периоды работы

$$\begin{aligned} \text{ПН} &= K_1 \cdot N \cdot T_1 \cdot Q_1 + K_2 \cdot N \cdot T_2 \cdot Q_2 + K_3 \cdot N \cdot T_3 \cdot Q_3 = \\ &= 10 \cdot 248 \cdot 5 \cdot 10 + 3 \cdot 248 \cdot 6 \cdot 7 + 0,9 \cdot 248 \cdot 4 \cdot 7 \approx 161498 \text{ мг.} \end{aligned}$$

2. КПН за тот же период

$$\text{КПН} = 0,5 \cdot 248 \cdot 5 \cdot 10 + 0,5 \cdot 248 \cdot 6 \cdot 7 + 0,5 \cdot 248 \cdot 4 \cdot 7 = 14880 \text{ мг.}$$

3. Величина превышения КПН:

$$\text{ПН/КПН} = 161498/14880 \approx 10,85,$$

т. е. фактическая ПН превышает КПН за тот же период работы примерно в 11 раз. Соответственно класс условий труда согласно Р 2.2.2006–05 вредный, 3.4. В данном случае рекомендуется принятие мер по выведению рабочего из контакта с асбестосодержащей пылью.

Задача 3

Работник поступает на работу в контакте с асбестосодержащей пылью со следующими условиями: ССК составляла $0,9 \text{ мг/м}^3$, категория работ – Па (объем легочной вентиляции – 7 м^3). Среднее количество рабочих смен в году $N = 248$.

Рассчитать допустимый стаж работы и класс условий труда при существующих условиях для вновь принимаемых рабочих.

Решение

1. КПН за средний рабочий стаж, равный 25 годам,

$$\text{КПН}_{25} = 0,5 \cdot 248 \cdot 25 \cdot 7 = 21\,700 \text{ мг.}$$

2. Допустимый стаж работы составит

$$T_{\text{доп}} = \text{КПН}_{25}/(K \cdot N \cdot Q) = 21\,700/(0,9 \cdot 248 \cdot 7) = 13,9 \text{ лет.}$$

Таким образом, вновь принимаемый рабочий может проработать на данном рабочем месте при существующих условиях 14 лет.

3. Класс условий труда

$$\text{ПН/КПН}_{25} = (0,9 \cdot 248 \cdot 25 \cdot 7)/21\,700 = 1,8,$$

т. е. условия труда согласно Р 2.2.2006–05 вредные, класс 3.2.

Расчет выбросов вредных веществ при техническом обслуживании и текущем ремонте строительно-дорожных машин

На участках технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) источниками выделения вредных веществ являются автомобили и строительно-дорожные машины (ДМ), перемещающиеся по помеще-

нию с помощью собственного двигателя. Загрязняющие вещества удаляются из помещения вытяжной вентиляцией.

Валовый выброс вредных веществ (CO , C_nH_m , NO_2 , C , SO_2 , Pb) рассчитывают по следующей формуле:

$$M_T = \Sigma(m_{mik} \cdot t_{\text{п}} + m_{\text{пр}1k} \cdot t_{\text{пр}} + m_{\text{дв}1k} \cdot t_{\text{двз}}) \cdot n_k \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где $t_{\text{двз}}$ – среднее время движения ДМ по зоне ТО и ТР, мин; $t_{\text{п}}$ – время работы пускового двигателя, мин (табл. 4.2); n_k – количество проведенных ТО, ТР для каждого типа автомобиля за год; $t_{\text{пр}}$ – время прогрева, принимают равным 0,5 мин.

Таблица 4.2

Средняя продолжительность пуска дизельного двигателя с помощью пусковых двигателей и установок $t_{\text{п}}$

Период года	Теплый	Переходный	Холодный
Продолжительность пуска, мин	1	2	4

Примечания: 1. Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяют по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже -5°C , относятся к холодному периоду, месяцы со среднемесячной температурой выше $+5^\circ\text{C}$ – к теплому периоду и с температурой от -5°C до $+5^\circ\text{C}$ – к переходному. Для предприятий, находящихся в разных климатических зонах, продолжительность условных периодов будет разной. Влияние периода года учитывается только для выезжающей техники, хранящейся при температуре окружающей среды.

2. Расчет выбросов для автомобилей, хранящихся на закрытых отапливаемых стоянках, производится по показателям, характеризующим теплый период года, для всего расчетного периода.

Значения m_{mik} , $m_{\text{пр}1k}$, $m_{\text{дв}1k}$ принимают по табл. 4.3–4.5 для теплого периода года, а $t_{\text{двз}}$ определяется путем деления пути, пройденного автомобилем в зоне ТО и ТР, на среднюю скорость движения (принимают 3 км/ч).

Таблица 4.3

Удельные выбросы вредных веществ пусковыми двигателями и установками при пуске дизельных двигателей m_{mik}

Категория машин	Номинальная мощность двигателя, кВт	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/мин				
		C_nH_m	NO_2	CO	SO_2	$\text{Pb}<*>$
1<*>	До 20	–	–	–	–	–
2	21–35	4,7	0,7	18,3	0,023	0,0064

Категория машин	Номинальная мощность двигателя, кВт	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/мин				
		C _n H _m	NO ₂	CO	SO ₂	Pb<*>
3	31–60	5,8	1,2	23,3	0,029	0,0082
4	61–100	2,1	1,7	25,0	0,042	0,0120
5	101–160	2,9	3,4	35,0	0,058	0,0160
6	161–260	4,7	4,5	57,0	0,095	0,0270
7	Свыше 260	7,5	7,0	90,0	0,150	0,0420

<*> Расчет выбросов соединений свинца производится только в случае использования этилированного бензина.

<*> I категория машин осуществляет пуск дизельного двигателя электро-стартером, который не дает никаких выбросов.

Таблица 4.4

Удельные выбросы вредных веществ в процессе прогрева $m_{прk}$

Категория машин	Номинальная мощность двигателя, кВт	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/мин									
		C _n H _m		NO ₂		CO		SO ₂		C	
		Периоды года									
		Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
1<*>	До 20	0,06	0,16	0,09	0,14	0,5	1,0	0,018	0,022	0,01	0,06
2	21–35	0,11	0,29	0,17	0,26	0,8	1,6	0,034	0,042	0,02	0,12
3	31–60	0,18	0,47	0,29	0,44	1,4	2,8	0,058	0,072	0,04	0,24
4	61–100	0,30	0,78	0,48	0,72	2,4	4,8	0,097	0,120	0,06	0,36
5	101–160	0,49	1,27	0,78	1,17	3,9	7,8	0,16	0,380	0,10	0,60
6	161–260	0,79	2,05	1,27	1,91	6,3	12,6	0,25	0,630	0,17	1,02
7	Свыше 260	1,24	3,22	2,00	3,00	9,9	18,8	0,26	0,320	0,26	1,56

Примечание. В переходный период значения выбросов CO, C_nH_m, C, SO₂ должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений для холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период.

Максимально разовый выброс i -го вещества составит

$$G_{\text{ТО}i} = \Sigma(m_{\text{пр}ik} \cdot t_{\text{пр}} + m_{\text{мик}} \cdot t^{\text{II}} + m_{\text{дв}ik} \cdot t_{\text{двз}}) \cdot N/3600, \text{ г/с},$$

где N – количество автомобилей, одновременно находящихся в зоне ТО, ТР.

Значения m_{mik} , $m_{пр1k}$, $m_{дв1k}$ принимают для автомобилей и ДМ с двигателями наибольшей номинальной мощности из имеющихся на базе дорожной техники.

Таблица 4.5

Удельные выбросы вредных веществ в процессе движения по территории предприятия $m_{дв1k}$

Категория машин	Номинальная мощность двигателя, кВт	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/мин									
		С _n H _m		NO ₂		CO		SO ₂		C	
		Периоды года									
		Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
1<*>	До 20	0,08	0,10	0,47	0,47	0,24	0,29	0,036	0,044	0,05	0,07
2	21–35	0,15	0,18	0,87	0,87	0,45	0,55	0,068	0,084	0,10	0,15
3	31–60	0,26	0,31	1,49	1,49	0,77	0,94	0,120	0,150	0,17	0,25
4	61–100	0,43	0,51	2,47	2,47	1,29	1,57	0,190	0,230	0,27	0,41
5	101–160	0,71	0,85	4,01	4,01	2,09	2,55	0,310	0,380	0,45	0,67
6	161–260	0,79	1,14	6,47	6,47	3,37	4,11	0,510	0,630	0,72	1,08
7	Свыше 260	1,79	2,15	10,1 6	10,1 6	5,30	6,47	0,800	0,980	1,13	1,70

Примечание. В переходный период значения выбросов CO, CH, C, SO₂ должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений для холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период.

При проведении открытых горных работ бульдозеры применяют для зачистки кровли пластов полезного ископаемого, планировки площадок, для послышной разработки горных пород и перемещения их на расстояние до 150 м, для работы на отвалах и т. п.

Расчет валовых выбросов вредных веществ от двигателей бульдозеров в этих случаях осуществляется в соответствии с Методикой расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей), Люберцы, 1999 г.

Максимальные разовые выбросы $G_{мр}$ вредных веществ следует определять как средневзвешенные значения за 60-минутный интервал с учетом доли работы двигателей в этом промежутке времени на различных режимах, указанных в названной методике. При этом необходимо учитывать тип и количество одновременно работающих бульдозе-

ров в пределах рассматриваемого участка (источника выбросов). Значения максимальных разовых выбросов рассчитывают по формуле

$$G_{\text{мр}} = \Sigma[(0,2 \cdot q_{\text{уд}i\text{хх}} + 0,4 \cdot q_{\text{уд}i\text{чм}} + 0,4 \cdot q_{\text{уд}i\text{пм}}) \cdot 10^3 \cdot N_{\text{бк}}]/3600, \text{ г/с},$$

где $q_{\text{уд}i\text{хх}}$, $q_{\text{уд}i\text{чм}}$, $q_{\text{уд}i\text{пм}}$ – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателя бульдозеров k -го типа (марки) на режиме холостого хода, частичной мощности, полной мощности), кг/ч; $N_{\text{бк}}$ – наибольшее количество бульдозеров k -го типа (марки), работающих одновременно на рассматриваемом участке.

Если имеющиеся образцы техники отличаются от приведенных в методике, то удельные показатели вредных выбросов выбирают для указанного тягового класса бульдозера, ближайшего к имеющемуся образцу.

Расчет валовых выбросов вредных веществ от двигателей самосвалов осуществляется в соответствии с Методикой расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей), Люберцы, 1999 г.

При расчете максимальных разовых выбросов вредных веществ следует учитывать, что из всего количества одновременно работающих в карьере самосвалов часть работает на холостом ходу, часть – частично использует мощность, а часть – работает на полной мощности двигателя, находясь в различных точках карьера.

Принято, что неорганизованные выбросы вредных веществ из карьера (от всех источников выбросов) осуществляются в пределах его границ (при допущении равномерного перемешивания вредных веществ в пределах карьера). Поэтому максимальные разовые выбросы i -го вещества от всех самосвалов (в час наибольшего количества одновременно работающих самосвалов) целесообразно определять по значению удельных выбросов по формуле

$$G_{\text{мр}} = \Sigma[(t_{\text{рхх}} \cdot q_{\text{уд}i\text{хх}} + t_{\text{р50}} \cdot q_{\text{уд}i\text{50}} + t_{\text{рпм}} \cdot q_{\text{уд}i\text{пм}}) \cdot K_{\text{р}} \cdot N_{\text{ар}}]/3,6, \text{ г/с},$$

где p – тип (марка) самосвала; $t_{\text{рхх}}$, $t_{\text{р50}}$, $t_{\text{рпм}}$ – время работы двигателей при различных нагрузочных режимах, в долях единицы, устанавливается для конкретного объекта; $q_{\text{уд}i\text{хх}}$, $q_{\text{уд}i\text{50}}$, $q_{\text{уд}i\text{пм}}$ – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателя самосвала p -го типа (марки) на режиме холостого хода, 50 % мощности, максимальной мощности, кг/ч; $N_{\text{ар}}$ – количество самосвалов p -го типа (марки), работающих одновременно в карьере; $K_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий возраст и техниче-

ское состояние парка самосвалов p -го типа (марки). Следует учитывать, что в некоторых случаях значение K_p может быть различным для самосвалов одного типа (марки).

Расчет валовых выбросов диоксида серы при работе бульдозеров и самосвалов на рассматриваемом участке осуществляется по формуле

$$M = 0,02 \cdot B_{\text{тг}} \cdot S^R, \text{ т/год},$$

где $B_{\text{тг}}$ – годовой расход топлива всей техникой, работающей на данном участке, т/год; S^R – содержание серы в топливе, % массы.

Зная средний часовой расход топлива $B_{\text{чк}}$ одним бульдозером (самосвалом) k -го типа, определим значение максимального разового выброса диоксида серы от одной единицы техники k -го типа:

$$G_{\text{мр}} = 0,02 \cdot B_{\text{тг}} \cdot S^R \cdot 10^6 / 3500, \text{ г/с},$$

где $B_{\text{чк}}$ – средний часовой расход топлива одной единицей техники k -го типа, т/ч.

Часовой расход топлива может быть определен экспериментально либо по учетным данным расходования топлива техникой k -го типа за определенное время.

Максимальный разовый выброс диоксида серы от двигателей бульдозеров (самосвалов) на рассматриваемом участке определяют с учетом типа и максимального количества единиц техники, одновременно работающих в течение часа.

Расчет выбросов от автопогрузчиков на автомобильной базе на разных рабочих режимах рекомендуется выполнять с применением удельных показателей выбросов для грузовых автомобилей, аналогичных базе автопогрузчиков, используя следующую формулу:

$$G_{\text{мр}} = \Sigma(M_{\text{дв}ik} \cdot t_{\text{дв}} + 1,3M_{\text{дв}ik} \cdot t_{\text{нагр}} + M_{\text{хх}ik} \cdot t_{\text{хх}}) \cdot N_k / 3600, \text{ г/с},$$

где $M_{\text{дв}ik}$, $M_{\text{хх}ik}$ – удельные выбросы вредных веществ соответственно при движении без нагрузки и при работе на холостом ходу; $1,3M_{\text{дв}ik}$ – удельный выброс вредных веществ при движении под нагрузкой, рассчитанный исходя из того, что при увеличении нагрузки увеличивается расход топлива; N_k – наибольшее количество дорожных машин каждого k -го вида, работающих одновременно в течение 30 мин.; K – количество учитываемых видов машин.

Валовой выброс рассчитывают для каждого периода года по каждому виду машин по формуле

$$M_i = [\Sigma(M'_{ik} + M''_{ik}) + \Sigma(M_{дв\text{ик}} \cdot t'_{дв} + 1,3M_{дв\text{ик}} \cdot t'_{нагр} + M_{хх\text{ик}} \cdot t'_{хх}) \cdot 10^6] \cdot D_{\phi}, T,$$

где M'_{ik} , M''_{ik} – выбросы при въезде и выезде с территории площадки (стоянки в пределах стройплощадки); $t'_{дв}$ – суммарное время движения без нагрузки всей техники данного типа в течение рабочего дня, мин; $t'_{нагр}$ – суммарное время движения с нагрузкой всей техники данного типа в течение рабочего дня, мин; $t'_{хх}$ – суммарное время холостого хода для всей техники данного типа в течение рабочего дня, мин; D_{ϕ} – суммарное количество дней работы машины данного типа в расчетный период года.

При этом для перевода величины удельного выброса вредного вещества m_L , г/км, в удельный показатель $m_{дв}$, г/мин, следует величину m_L умножить на рабочую скорость автопогрузчика (км/мин). Например, при рабочей скорости автопогрузчика $5 \text{ км/ч} = 0,0833 \text{ км/мин}$ выброс оксида углерода составит

$$m_{дв\text{со}} = m_{L\text{со}} \cdot 0,0833 = 22,7 \cdot 0,0833 = 1,891 \text{ г/мин.}$$

Рабочую скорость автопогрузчика принимают по условиям работы на данном объекте.

Приведенные выше формулы применяют и в том случае, когда необходимо учесть постоянное рабочее движение автотранспорта по производственной территории (движение с грузом, без груза, стоянка с работающим двигателем под погрузкой или при разгрузке).

При разработке карьеров необходимо учитывать выбросы загрязняющих веществ при выемочно-погрузочных и буровых работах.

Максимально разовое количество пыли, выделяемое в атмосферу при погрузке экскаватором в автосамосвалы, рассчитывают по формуле

$$G_3 = 10^6 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot q/3600, \text{ г/с,}$$

где P_1 – содержание пылеватых и глинистых частиц в породе в долях единицы; $P_1 = 0,05$; P_2 – коэффициент, учитывающий скорость ветра в зоне работы экскаватора (табл. 4.6 или по данным метеослужбы); P_3 – коэффициент, учитывающий влажность материала (табл. 4.7, при круглогодичной работе карьера в расчете принимать $P_3 = 0,01$); P_4 – коэффициент, учитывающий местные условия (табл. 4.8); q – количество перерабатываемой экскаватором породы, т/ч.

Таблица 4.6

Коэффициент, учитывающий скорость ветра в зоне работы экскаватора

Скорость ветра, м/с	P_2	Скорость ветра, м/с	P_2
До 2	1,2	До 20	2,0
До 5	1,2	Свыше 20	2,5
До 10	1,5		

Таблица 4.7

Зависимость K_{1W} от влажности материала

Влажность материала, %	K_{1W}	Влажность материала, %	K_{1W}
0–0,5	1	Свыше 7,0 до 8,0	0,4
Свыше 0,5 до 1,0	0,9	Свыше 8,0 до 9,0	0,2
Свыше 1,0 до 3,0	0,8	Свыше 9,0 до 10,0	0,1
Свыше 3,0 до 5,0	0,7	Свыше 10,0	0,01
Свыше 5,0 до 7,0	0,6		

Таблица 4.8

Зависимость K_{zx} от местных условий

Местные условия	K_{zx}
Склады, хранилища открытые:	
с 4 сторон	1,0
с 3 сторон	0,5
с 2 сторон	0,2
с 1 стороны	0,1
загрузочный рукав	0,01
закрытые с 4 сторон	0,005

Валовый выброс пыли рассчитывают по формуле

$$M_3 = G_3 \cdot t_4 \cdot 3600/10^6, \text{ т/год},$$

где t_4 – время работы экскаватора в год, ч.

Максимально разовый выброс пыли при бурении скважин и шурпов рассчитывают по формуле

$$G_6 = N \cdot q \cdot (1 - \eta)/3600, \text{ г/с},$$

где N – количество одновременно работающих буровых станков; q – количество пыли, выделяемое при бурении одним станком, г/ч; η – эффективность системы пылеочистки (табл. 4.9) в долях единицы.

Эффективность системы пылеочистки

Способ бурения	Система пылеочистки	η
Шарошечное	Циклоны	0,75
	Мокрый пылеуловитель	0,85
	Рукавный фильтр	0,95

Валовый выброс пыли рассчитывают по формуле

$$M = 3600 \cdot n_1 \cdot G_6 \cdot t_5 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год,}$$

где G_6 – разовый выброс пыли при бурении, г/с; t_5 – время бурения в день, ч; n_1 – количество дней бурения в год.

Расчет выбросов вредных веществ при аккумуляторных работах

Во время зарядки аккумуляторных батарей выделяются: серная кислота – при зарядке кислотных аккумуляторов; натрия гидроокись (щелочь) – при зарядке щелочных аккумуляторов. Валовый выброс серной кислоты составит

$$M_1^A = 0,9q \cdot (Q_1 \cdot a_1 + Q_2 \cdot a_2 + \dots + Q_n \cdot a_n) \cdot 10^{-9}, \text{ т/год,}$$

где q – удельное выделение серной кислоты или натрия гидроокиси, $q = 1$ мг/(А · ч) – для серной кислоты, $q = 0,8$ мг/(А · ч) – для натрия гидроокиси; Q – номинальная емкость каждого типа аккумуляторных батарей, имеющихся на предприятии, А · ч; a – количество проведенных зарядок батарей соответствующей емкости за год (по данным учета на предприятии).

Расчет максимально разового выброса серной кислоты производят исходя из условий, что мощность зарядных устройств используется с максимальной нагрузкой.

При этом сначала определяют валовый выброс за день:

$$M_{\text{сут}}^A = 0,9q \cdot (Q \cdot n) \cdot 10^{-9}, \text{ т/день,}$$

где Q – номинальная емкость наиболее емких аккумуляторных батарей, имеющихся на предприятии; n – максимальное количество вышеуказанных батарей, которые можно одновременно подсоединять к зарядному устройству.

Максимально разовый выброс серной кислоты или натрия гидроксида определяют по формуле

$$G_1^A = M_{\text{сут}}^A \cdot 10^6 / (3600 \cdot m), \text{ г/с},$$

где m – цикл проведения зарядки в день, обычно принимают $m = 10$ ч.

Кроме того, при разборке и сборке аккумуляторных батарей используют битумную мастику, при разогреве которой выделяется аэрозоль масла. При отливке свинцовых клемм и межэлементных соединений выделяется свинец.

Валовый выброс аэрозоля масла и свинца составит

$$M_1^A = m_1 \cdot t \cdot S \cdot n \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где m_1 – удельный выброс i -го вещества (табл. 4.10) на единицу площади зеркала тигля, $\text{г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$; n – количество разогревов тигля в год; S – площадь зеркала тигля, в котором плавится свинец (битумная мастика), м^2 ; t – время нахождения свинца (мастики) в расплавленном виде в тигле при одном разогреве.

Таблица 4.10

Удельные выделения вредных веществ при ремонте аккумуляторных батарей (на единицу площади зеркала тигля, $\text{г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$)

Наименование технологического процесса	Применяемые материалы	Температура, °С	Загрязняющее вещество	
			наименование	удельные выделения, $\text{г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$
Восстановление (отливка) межэлементных перемычек и клеммных выводов Приготовление битумной мастики для ремонта корпусов аккумуляторов	Расплав свинца	300–500	Свинец	0,0013
	Расплав мастики	100–150	Масло минеральное (нефтяное)	0,003

Максимально разовый выброс рассчитывают по формуле

$$G_1^A = m_1 \cdot S, \text{ г/с}.$$

Расчет выбросов вредных веществ при обкатке и испытании двигателей после ремонта

Участок по обкатке и испытанию дизельных двигателей оборудуется специальными стендами, на которые устанавливается двигатель для проведения этих работ. При горячей обкатке во время работы выделяются вредные вещества: CO, C_nH_m, C, NO_x, SO₂. Обкатку двигателей проводят как без нагрузки (холостой ход), так и с нагрузкой.

На режиме холостого хода выброс вредных веществ определяют в зависимости от рабочего объема испытываемого двигателя. При обкатке под нагрузкой выброс вредных веществ зависит от средней мощности обкатки.

Валовый выброс *i*-го вредного вещества составит

$$M_1 = M_{1xx} + M_{1н}, \text{ т/год},$$

где M_{1xx} – валовый выброс *i*-го вредного вещества при обкатке на холостом ходу, кг/год; $M_{1н}$ – валовые выбросы *i*-го вредного вещества при обкатке на нагрузочном режиме, кг/год.

Валовый выброс *i*-го вредного вещества при обкатке на холостом ходу определяют по формуле

$$M_{1xx} = \sum P_{1xxn} \cdot t_{xxn} \cdot n_n \cdot 60 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где P_{1xxn} – выброс *i*-го вредного вещества при обкатке двигателя *n*-й модели на холостом ходу, г/с; t_{xxn} – время обкатки двигателя *n*-й модели на холостом ходу, мин; n_n – количество обкатанных двигателей *n*-й модели в год.

$$P_{1xxn} = q_{1xxд} \cdot V_{hn}, \text{ г/с},$$

где $q_{1xxд}$ – удельный выброс *i*-го вредного вещества дизельным двигателем *n*-й модели на единицу рабочего объема, г/(л · с); V_{hn} – рабочий объем двигателя *n*-й модели, л.

Валовый выброс *i*-го вредного вещества при обкатке двигателя на нагрузочном режиме определяют по формуле

$$M_{1н} = \sum P_{1нн} \cdot t_{нн} \cdot n_n \cdot 60 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где $t_{нн}$ – время обкатки двигателя *n*-й модели под нагрузкой, мин; n_n – количество обкатанных двигателей *n*-й модели в год; $P_{1нн}$ – выброс *i*-го вредного вещества двигателем *n*-й модели при обкатке под нагрузкой:

$$P_{1ni} = q_{1нд} \cdot N_{срn}, \text{ г/с,}$$

где $q_{1нд}$ – удельный выброс i -го вредного вещества дизельным двигателем n -й модели на единицу мощности, г/(л. с. · с); $N_{срn}$ – средняя мощность, развиваемая при обкатке под нагрузкой двигателем n -й модели, л. с.

Значения $q_{1ххд}$ и $q_{1нд}$ приведены в табл. 4.11, $t_{ххд}$, $t_{нд}$, V_{hn} , $N_{срn}$ – в табл. 4.12.

Таблица 4.11

Удельные выделения вредных веществ при обкатке двигателей после ремонта на стендах

Тип двигателя	Вид обкатки	Обозначение	Единица измерения	Удельные выделения вредных веществ				
				СО	C_nH_m	NO _x	С	SO ₂
Дизельные	На холостом ходу	$q_{1ххд}$	г/(л · с)	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
	Под нагрузкой	$q_{1нд}$	г/(л. с. · с)	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$

Таблица 4.12

Справочная таблица рабочих объемов дизельных двигателей, условной средней мощности обкатки и времени обкатки

Модель двигателя	Рабочий объем $V_{л}$, л	Средняя мощность обкатки $N_{ср}$, л. с.	Время обкатки, мин	
			на холостом ходу $t_{ххд}$	под нагрузкой $t_{нд}$
ЯМЗ-236М, 236М2	11,24	89,00	20	45
ЯМЗ-238М, 238М2	14,90	20	20	50
ЯМЗ-238Ф, 238Б, 238Д	14,90	20	20	50
ЯМЗ-238П, 238Л	14,96	145,00	20	80
ЯМЗ-8421, 8424	17,32	181,54	10	130
ЯМЗ-240П, 240М	22,27	188,46	10	130
КамАЗ-740, 7401	11,80	80,25	10	40
КамАЗ-7483	3,90	87,1	10	40
Д 2156	10,694	84,10	90	90
Д 2356	10,694	96,67	90	90
T2-928-1	12,67	11,50	5	40

Модель двигателя	Рабочий объем $V_{л}$, л	Средняя мощность обкатки $N_{ср}$, л. с.	Время обкатки, мин	
			на холостом ходу $t_{ххл}$	Под нагрузкой $t_{нл}$
Д-16	1,7	3,25	30	50
Д-20	1,7	3,25	30	110
Д-37М	4,15	22,5	30	60
Д-37Е	4,15	29,166	30	75
Д-50	4,75	24,638	30	75
Д-50Л	4,75	24,639	30	75
Д-48	4,5	32,80	20	40
Д-65	4,5	46,0	20	40
СМД-60	6,1	96,66	–	90
СМД-62	6,1	96,66	–	90
СМД-65	6,1	96,66	–	90
А-01М	11,14	75	10	60
АМ-41	7,45	45	30	80
АМ-01	11,15	51,04	30	80

Максимально разовый выброс вредных веществ определяют только на нагрузочном режиме, так как при этом происходит наибольшее выделение вредных веществ. Расчет производят по формуле

$$G_1 = q_{1\text{пд}} \cdot N_{\text{срд}} \cdot A_{\text{д}}, \text{ г/с},$$

где $q_{1\text{пд}}$ – удельные выбросы i -го вредных веществ дизельным двигателем, г/(л. с. · с); $N_{\text{срд}}$ – средняя мощность, развиваемая при обкатке наиболее мощного дизельного двигателя, испытываемого на данном стенде, л. с.; $A_{\text{д}}$ – количество одновременно работающих стендов.

Если на предприятии также проводится обкатка бензиновых двигателей, то расчет валовых и максимально разовых выбросов ведется отдельно для бензиновых и дизельных двигателей. Одноименные вредные вещества суммируются.

Если на предприятии имеется только один стенд, на котором обкатывают дизельные и бензиновые двигатели, то расчет ведется по дизельному двигателю.

Если на предприятии проводится только холодная обкатка, то расчет выбросов вредных веществ не проводится.

Расчет выбросов вредных веществ при перегрузочных работах

Источниками выделения вредных веществ, обуславливающих запыленность и загазованность производственных помещений, могут быть негерметичное оборудование, недостаточно механизированные операции сыпучих, кусковых грузов, сырья и др.

В пунктах массовой разгрузки сыпучих и кусковых грузов широко используют вагоноопрокидыватели. Выгрузка таких грузов на вагоноопрокидывателях осуществляется наклоном или поворотом вагона (рис. 4.1). В зависимости от способа поворота и типа вагонов различают следующие типы вагоноопрокидывателей:

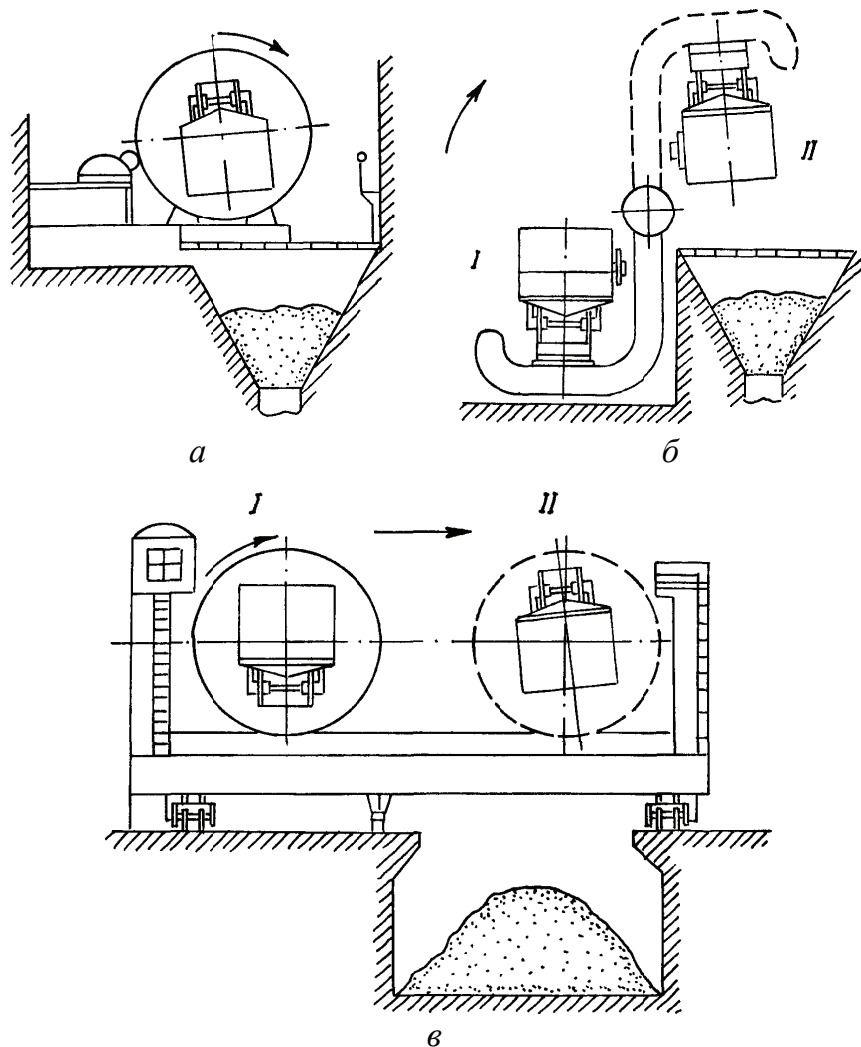


Рис. 4.1. Схема выгрузки грузов на вагоноопрокидывателях:
 а – роторном стационарном; б – боковом; в – роторном передвижном;
 I и II – начальное и конечное положения вагона

торцевые – с поворотом вагона на $50\text{--}70^\circ$ относительно поперечной оси, при котором высыпание груза происходит через откидную торцевую стенку вагона;

роторные или круговые – с поворотом вагона на $160\text{--}170^\circ$ относительно продольной геометрической оси, проходящей внутри контура вагона с высыпанием груза через боковую стенку;

боковые – с поворотом вагона на $160\text{--}170^\circ$ относительно продольной оси, расположенной сбоку значительно выше уровня рельсового пути, и с высыпанием груза через боковую стенку;

комбинированные – с поворотом крытого вагона в разных направлениях с установкой в отдельных случаях специальных устройств для высыпания груза через боковую дверь;

платформоопрокидыватели – с поворотом вагона на $50\text{--}70^\circ$ в боковом направлении.

Выделение пыли начинается с момента падения верхнего слоя разгружаемого груза и, постепенно нарастая, достигает максимума по окончании выгрузки вагона. Пылевыведение со складов составит

$$M = A + B = \\ = 277,77 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot T \cdot V^1 + K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot C \cdot \Pi, \text{ г/с},$$

где A – выбросы при переработке (ссыпка, перевалка, перемещение материала), г/с; B – выбросы при статическом хранении материала, г/с; K_1 – весовая доля пылевой фракции в материале (табл. 4.13); K_2 – доля пыли (от всей массы пыли), переходящая в аэрозоль (табл. 4.14); K_3 – коэффициент, учитывающий метеоусловия (см. табл. 4.6); K_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий и условия пылеобразования (см. табл. 4.8); K_5 – коэффициент, учитывающий влажность материала (табл. 4.15); K_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складываемого материала и определяемый как соотношение $\Pi_{\text{факт}}/\Pi$ (значение K_6 колеблется в пределах 1,3–1,6, в зависимости от крупности материала и степени заполнения); $\Pi_{\text{факт}}$ – фактическая поверхность материала с учетом рельефа и его сечения, м^2 (учитывают только площадь, на которой производятся погрузочно-разгрузочные работы); Π – поверхность пыления в плане, м^2 ; K_7 – коэффициент, учитывающий крупность материала (табл. 4.15); C – унос пыли с одного м^2 фактической поверхности, г/($\text{м}^2 \text{ с}$) (табл. 4.16); T – суммарное количество перерабатываемого материала, т/ч; V^1 – коэффициент, учитывающий высоту пересыпки (табл. 4.17).

Таблица 4.13

**Пылеочистное оборудование, применяемое на предприятиях
по переработке щебня**

Способ очистки	Тип пылеочистного оборудования	Эффективность очистки, %
Мокрый способ очистки	Скоростной промыватель СИОТ	80–90
	Гидравлический пылеуловитель ПВМ	97–99
Сухой способ очистки	Циклон ЦН-15 НИИОГАЗ	80–85
	Циклон СЦН-40	85–90
	Рукавный фильтр СМЦ-166 Б; СМЦ-101	99 и выше

Таблица 4.14

Характеристика перерабатываемого материала

Материал	Плотность материала, г/см ³	Весовая доля пылевой фракции К ₁ в материале	Доля пыли, переходящая в аэрозоль К ₂
Известняк	2,7	0,04	0,02
Гранит	2,8	0,02	0,04
Доломит	2,7	0,05	0,02
Гнейс	2,9	0,05	0,02
Песчаник	2,6	0,04	0,01
Диорит	2,8	0,03	0,06
Порфируды	2,7	0,03	0,07

Таблица 4.15

Зависимость величина К₅ от влажности материалов

Влажность материала, %	К ₅	Влажность материала, %	К ₅
1	2	До 7,0	0,6
0–0,5	1,0	До 8,0	0,4
До 1,0	0,9	До 9,0	0,2
До 3,0	0,8	До 10	0,1
До 5,0	0,7	Свыше 10	0,01

Таблица 4.16

Зависимость величина К₆ от крупности материалов

Размер куска, мм	К ₆	Размер куска, мм	К ₆
1	2	5–3	0,7
500	0,1	3–1	0,8
500–100	0,2	1	1,0
100–50	0,4	5–3	0,7
50–10	0,5		

Таблица 4.17

Значения величины С

Складируемый материал	C_2 г/(м ² с)	Складируемый материал	C_2 г/(м ² с)
Щебенка, песок, кварц	0,002	Песчаник	0,005
Известняк	0,003	Уголь	0,005
Сухие глинистые материалы	0,004		

Таблица 4.18

Зависимость величина V^1 от высоты пересыпки

Высота падения материала	V^1	Высота падения материала	V^1
0,5	0,4	4,0	1,0
1,0	0,5	6,0	1,5
1,5	0,6	8,0	2,0
2,0	0,7	10,0	2,5

Интенсивными неорганизованными источниками пылеобразования являются: пересыпка материала, погрузка материала в открытые вагоны и полувагоны, загрузка материала в открытые вагоны грейфером в бункер, разгрузка самосвалов в бункер, сыпка материала открытой струей в склад и др.

Пылевыведения от всех этих источников составят

$$M = 277,77 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot T \cdot V^1, \text{ г/с,}$$

где $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_7, V^1$ – коэффициенты те же, что и в формуле при расчете пылевыведений со склада; T – производительность узла пересыпки, т/ч.

При транспортировании минерального материала (песок, щебень) ленточным транспортером выброс пыли с 1 м транспортера (максимально разовый выброс) рассчитывают по формуле

$$G_T = W_c \cdot l \cdot \gamma \cdot 10^3, \text{ г/с,}$$

где W_c – удельная сдуваемость пыли ($W_c = 3 \cdot 10^{-5}$ кг/(м² · с)); l – ширина конвейерной ленты, м; γ – показатель измельчения горной массы (для ленточных транспортеров $\gamma = 0,1$ м).

Выброс пыли при погрузке, разгрузке и складировании минерального материала можно ориентировочно рассчитать по формуле

$$M_c = \beta \cdot \Pi \cdot Q \cdot K_{1W} \cdot K_{zx} \cdot 10^{-2}, \text{ т/год,}$$

где β – коэффициент, учитывающий убыль материалов в виде пыли, долях единицы, $\beta_{\text{щебня}} = 0,03$; $\beta_{\text{песка}} = 0,05$; Π – убыль материала, % (табл. 4.19); Q – масса строительного материала, т/год; K_{1W} – коэффициент, учитывающий влажность материала (см. табл. 4.15); K_{zx} – коэффициент, учитывающий условия хранения (см. табл. 4.8).

Таблица 4.19

**Нормативы естественной убыли
дорожно-строительных материалов, %**

Материал	Вид хранения и укладка	При складском хранении	При погрузке	При разгрузке
Щебень, в т. ч. черный гравий, песок	Открытый склад в штабелях	0,5	0,4	0,4
	При механизированном складировании	1,6	0,4	0,4
Цемент, минеральный порошок, известь	Закрытые склады: силосного типа	0,1	0,25	0,25
	бункерного типа, амбарные	1,2	0,5	0,6
Холодный асфальт	Открытый склад (в штабелях или под навесом)	0,7	0,25	0,25
Битум, деготь, эмульсия, смазочные материалы и т. п.	Ямные хранилища закрытого типа или резервуары	0,5	0,1	До 0,2
	Хранилища, открытые с боков	0,5	0,1	0,1

Задача 4

На основе визуальной оценки при длине вагона $A = 30$ м ширина пылевого облака $D = 0,8$ м, скорость подъема газов v составляет около 1,5 м/с.

Определить объем газов, выделяющихся при разгрузке шихты из вагона на бункерной эстакаде.

Решение

Объем газов, выделяющихся при разгрузке шихты из вагона на бункерной эстакаде

$$V = A \cdot D \cdot v = 30 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 36 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Гигиенические требования к состоянию воздушной среды регламентируют следующие документы:

ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие требования безопасности»;

ГН 2.2.5.2439–09 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны»;

ГН 2.2.5.2440–09 «Ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;

СанПиН 2.2.4.1294–03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» и др.

Отравления вредными веществами, находящимися в газообразном, парообразном состоянии или в виде пыли, возможны только при их концентрациях в воздухе рабочей зоны, превышающих *предельно допустимые концентрации (ПДК)* – концентрации (см. табл. 4.1), которые при ежедневной (кроме выходных дней) 8-часовой или другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

Для малоизученных вредных веществ на основе расчета по их физико-химическим свойствам установлены ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Требования к технологическим процессам, оборудованию, материалам, характеризующимся применением и выделением вредных веществ

В технологических процессах, в которых обращаются (производятся, хранятся, транспортируются, утилизируются и др.) вредные вещества, предусматривают:

аспирационные укрытия;

механизацию и автоматизацию процессов;

применение сырья и материалов в непылящих формах (гранулы, брикеты и т. п.). Управление процессом при этом организуют с помощью дистанционных систем;

беспыльное транспортирование материалов;

подавление пыли в процессе ее образования с применением воды (увлажнение, мокрый помол, гидрозолоулавливание, мокрое обогащение) или других средств (аспирация, пенообразование, электростатический заряд).

Аспирация (от лат. *aspiratio* – вдыхание) – это сбор, транспортирование и удаление пылегазовых выделений из мест их образования, осуществляемое специальными системами (рис. 4.2–4.7), входящими в конструкции технологического и транспортного оборудования (перфораторов, буровых машин, ленточных конвейеров и др.).

От состояния и работы аспирационных систем в значительной степени зависит обеспечение санитарно-гигиенического состояния производственной среды, обеспечение теплового и влажностного режимов, чистоты атмосферы на прилегающей территории. Эксплуатацию аспирационных систем производят в соответствии с рабочей инструкцией, отражающей порядок их включения и выключения, порядок обслуживания, периодичность осмотров и очистки магистралей, порядок действия обслуживающего персонала при аварии и др.

Электродвигатели привода аспирационных систем блокируют с электродвигателями технологического и транспортного оборудования, а также между собой. Шлюзовые затворы оснащают реле контроля скорости и блокировкой с электродвигателями привода вентиляторов, а в необходимых случаях – с пожарной сигнализацией. Электродвигатели привода аспирационных систем включаются с опережением 15–20 с до включения электродвигателей привода производственного оборудования, а останавливаются через 20–30 с после остановки производственного оборудования. Работа технологического и транспортного оборудования, оснащенного аспирационными системами, при неработающей аспирации не допускается.

Персонал, обслуживающий аспирационные системы, должен:
знать устройство и правила эксплуатации аспирационных систем;
знать способы предупреждения аварийных ситуаций;
обеспечивать нормальную работу аспирационных систем совместно с сопряженным с ним производственным оборудованием;
производить систематически осмотры оборудования и узлов аспирационных систем. При обнаружении неисправностей принимать меры к их устранению, а при неисправностях, грозящих аварией, несчастных случаях – немедленно останавливать оборудование с сообщением об этом непосредственному руководителю;

регулярно очищать наружную поверхность воздухопроводов, пылеуловителей и других узлов аспирационных систем от осевшей пыли.

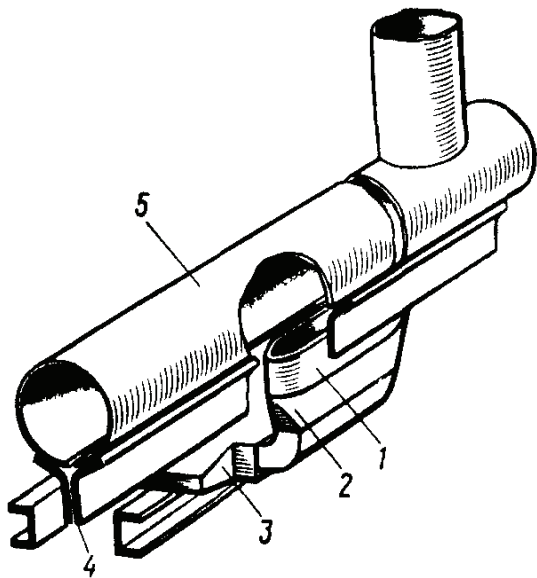


Рис. 4.2. Аспирационное укрытие передвижного лопастного питателя щелевого бункера: 1 – челнокообразный наконечник; 2 – патрубок отсоса; 3 – кожух питателя; 4 – резиновые ленты; 5 – вытяжной воздуховод

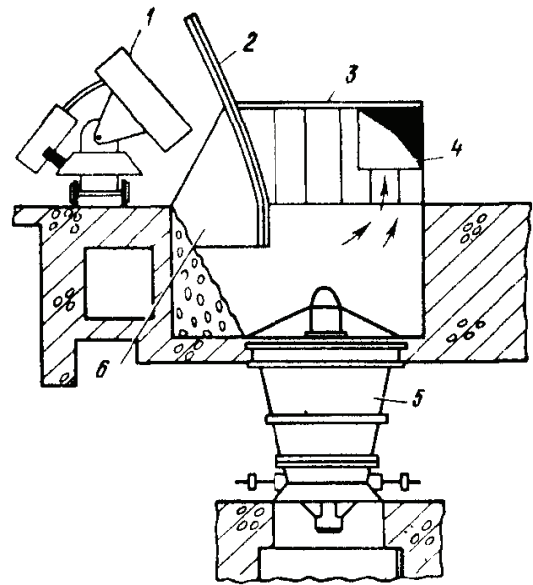


Рис. 4.3. Аспирируемое укрытие места загрузки материала в дробилку: 1 – саморазгружающийся вагон; 2 – фронтальная съемная стенка; 3 – наружная стенка укрытия; 4 – воздуховод; 5 – дробилка; 6 – боковые стационарные стенки

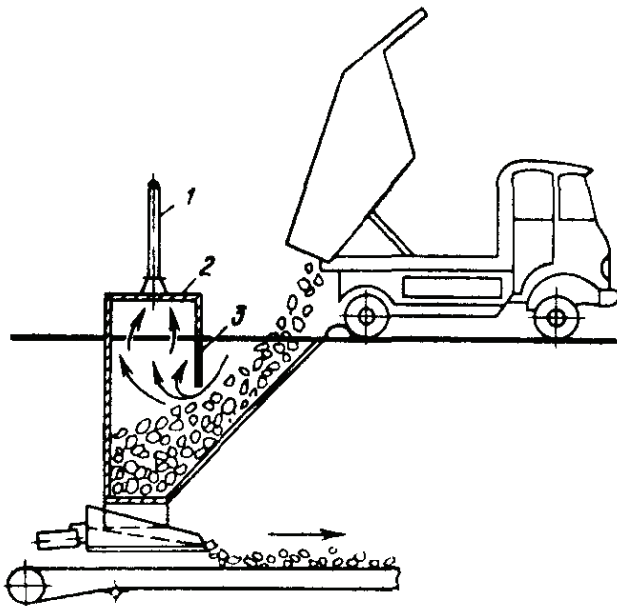


Рис. 4.4. Обеспыливание загрузки бункера из автосамосвала: 1 – вытяжной воздуховод; 2 – аспирационное укрытие; 3 – эластичная штора

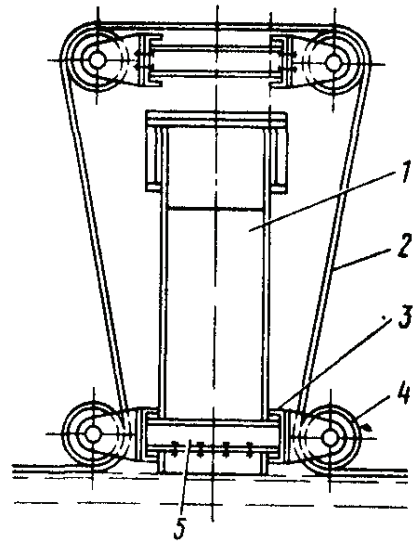


Рис. 4.5. Укрытие надбункерных щелей с роликовым механизмом: 1 – концевой желоб разгрузочной воронки; 2 – лента конвейера; 3, 5 – швеллер; 4 – ролик

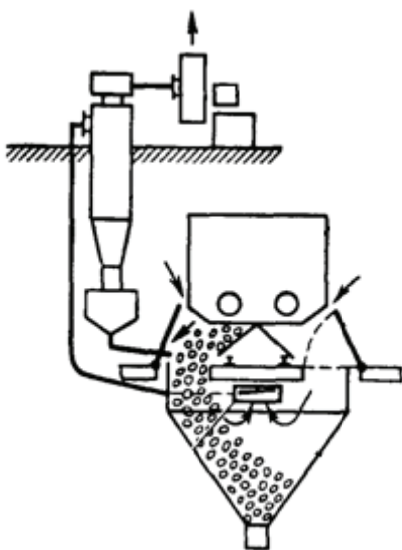


Рис. 4.6. Аспирационное укрытие при выгрузке вагона с открывающимся полом

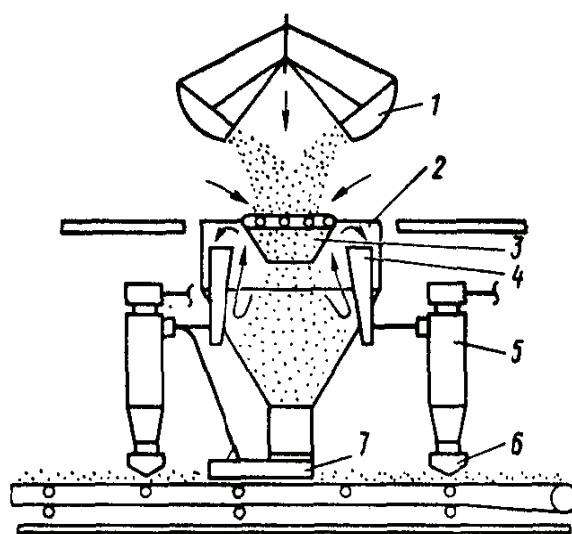


Рис. 4.7. Аспирационное укрытие при загрузке бункера грейфером: 1 – грейфер; 2 – бункер; 3 – воронка; 4 – отсасывающий воздуховод; 5 – пылеуловитель; 6 – бункер пылеуловителя; 7 – укрытие

Для эффективной работы аспирации необходимо обеспечивать:
 исправность устройств, регулирующих отсос воздуха;
 своевременное устранение обнаруженных неисправностей;
 герметичность стыков соединений корпусов оборудования и кожухов аппаратов аспирации, смотровых, ревизионных, лазовых люков.

Место выделения вредностей следует заключать в кожух с наименьшим количеством неплотностей. Воздух, отсасываемый из-под укрытия, должен создавать внутри последнего разрежение, достаточное для устранения проникновения вредных веществ через неплотности наружу. В общем случае количество воздуха L определяют как сумму воздушных потоков, поступающих через неплотности укрытия и вносимых с поступающими в укрытие материалами:

$$L = L_m + L_{bc}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где L_m – количество воздуха, вносимого в укрытие движущимся материалом, $\text{м}^3/\text{ч}$; L_{bc} – количество воздуха, поступающего через неплотности, укрытия,

$$L_{bc} = F \cdot V_{bc} \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F – площадь неплотностей (щелей) в кожухе, м^2 ; V_{bc} – скорость всасывания воздуха через неплотности, $\text{м}/\text{с}$.

Исследования показывают, что через неплотности аспирационного укрытия утечки вредных веществ не происходит при скорости всасывания от 0,5 до 2 м/с в зависимости от динамических процессов, происходящих под укрытием.

Задача 5

В землеприготовительном отделении литейного цеха земля из бункера подается на ленточный конвейер через течку под углом $\alpha = 90^\circ$ в количестве $W_M = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Материал падает с высоты $H = 2,5 \text{ м}$. Для устранения пыления в цехе ленточный конвейер имеет аспирационное укрытие с площадью щелей $F = 0,3 \text{ м}^2$. Скорость всасывания воздуха через неплотности $V_{\text{вс}} = 1,5 \text{ м/с}$. Коэффициент, характеризующий конструкцию укрытия, $K_y = 3$. Коэффициент трения сухой земли о поверхность течки $K_{\text{тр}} = 0,5$.

Определить расход воздуха для отсоса пыли из укрытия.

Решение

1. Скорость движения материала при входе в укрытие

$$V = [2g \cdot H \cdot (1 - 1,2 \cdot \text{ctg } \alpha)]^{1/2} = \\ = [2 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot (1 - 1,2 \cdot \text{ctg } 90^\circ)]^{1/2} = 7 \text{ м/с}.$$

2. Количество воздуха, вносимого в укрытие с землей,

$$L_M = 0,12K_y \cdot W_M \cdot V^2 = 0,12 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 7^2 = 3528 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Количество воздуха, поступающего через неплотности укрытия,

$$L_{\text{вс}} = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 3600 = 1620 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4. Общий расход воздуха

$$L = 3528 + 1620 = 5148 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Осмотр и чистку аспирационных систем производят по необходимости, но не реже одного раза в квартал. Аспирационные воздуховоды должны быть надежно закреплены и не иметь смещений при очистке их от пыли и других осадков. Не допускается прохождение воздуховодов аспирации, воздуховодов воздушного отопления, материалопроводов, самотечных труб, конвейеров через санитарно-бытовые, подсобные, административно-хозяйственные помещения, помещения пультов управ-

ления, электрораспределительных устройств и вентиляционных камер, лестничные клетки и тамбур-шлюзы. Аспирационные системы (оборудование, воздуховоды) подлежат обязательному заземлению.

Организация технологических процессов и производственное оборудование должны исключать (для веществ 1-го и 2-го классов опасности) или резко ограничивать (для остальных веществ) возможность контакта работающих с вредными веществами путем проведения процесса в непрерывном замкнутом цикле, использования герметичной аппаратуры при широком применении комплексной автоматизации. При этом предпочтение отдают:

технологическим процессам, при которых отсутствуют высокотоксичные исходные и промежуточные продукты синтеза, снижено до минимума количество операций, связанных с выделением токсичных веществ (кристаллизация, фильтрация, сушка и др.);

непрерывным технологическим циклам, проводящимся под вакуумом, разрежением, при низкой температуре.

Использование веществ 1-го и 2-го классов опасности допускается при непрерывном технологическом процессе в замкнутом цикле, закрытых технологических процессах. В отдельных случаях допускаются периодические технологические процессы, при этом предусматривают изоляцию особо вредных участков работы, рациональную вентиляцию и обязательное использование соответствующих СИЗ.

Дозировку компонентов исходных порошкообразных материалов осуществляют с помощью закрытых автоматических дозаторов при массовом производстве или в специальных герметичных боксах – при работе вручную на опытных производствах.

Для беспыльной выгрузки сыпучих материалов из мешков, бочек и другой мелкой тары применяют раздаточные машины с аспирацией или вакуум-пневматические устройства. Мягкая тара после разгрузки должна поступать по закрытым коммуникациям в накопители, оборудованные системой местной вытяжной вентиляции. Погрузку и разгрузку сыпучих, порошкообразных материалов большими объемами в автотранспорт, вагоны, закрома и другие емкости производят в специально оборудованных местах, площадках, помещениях с применением устройств для увлажнения пыли (форсунки, дырчатые трубки и др.).

Увлажнение наряду с герметизацией оборудования и устройства аспирации являются одним из эффективных способов борьбы с пылью на предприятиях. При устройстве установок для увлажнения материала (рис. 4.8, 4.9) выполняют следующие требования:

увлажнять материал на каждой стадии измельчения, так как при этом обнажаются новые сухие поверхности;

в местах, где увлажнение материала сочетается с устройством аспирации, воду подавать без применения форсунок во избежание уноса капель воды в воздуховоды, при этом необходимо использовать дырчатые трубки, устанавливаемые перпендикулярно направлению движения потока материала (отверстия диаметром 3–5 мм на расстоянии 30–100 мм друг от друга).

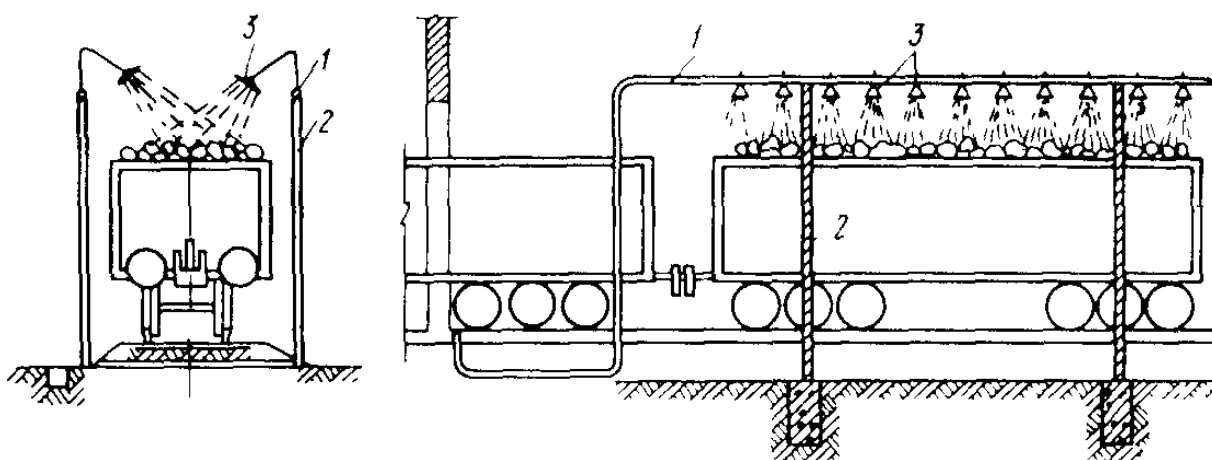


Рис. 4.8. Схема увлажнения материала перед выгрузкой:
1 – труба для подачи воды; 2 – опора; 3 – сетка

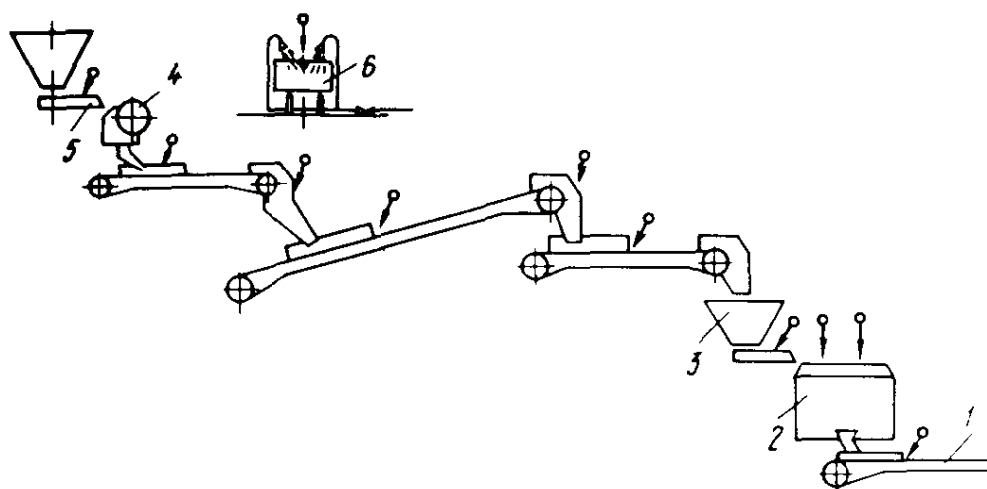


Рис. 4.9. Схема увлажнения материала в отделениях дробления и помола:
1 – конвейер; 2 – бегун; 3 – бункер; 4 – дробилка; 5 – питатель; 6 – вагон

В этих случаях для увлажнения используются дырчатые трубки, устанавливаемые перпендикулярно направлению движения потока материала (отверстия диаметром 3–5 мм на расстоянии 30–100 мм друг от друга), сетки и устройства, не создающие мелкого распыления воды.

В местах пылеобразования, где устройство аспирации неосуществимо, материал увлажняют с помощью форсунок, которые устанавливают перед дробильным оборудованием, а в узлах перегрузки материала – в их верхней и нижней точках. В верхних точках форсунки располагают параллельно или под некоторым углом к потоку движущегося материала, а в нижних – навстречу движущемуся материалу.

Общий расход воды, необходимой для увлажнения материала, может быть определен по выражению

$$Q = q \cdot (a_2 - a_1)/100, \text{ т/ч,}$$

где q – удельный расход материала, т/ч; a_1, a_2 – исходная и допустимая влажность материала, %.

Для систем увлажнения материала в отделениях дробления рекомендуется применять форсунки с отверстиями диаметром 2–3 мм (рис. 4.10). Рабочее давление воды перед форсунками должно быть не менее 10^5 Па, так как при меньшем давлении распыление получается неудовлетворительным.

Устройства для увлажнения материала располагают на таком расстоянии от аспирационных воронок, чтобы исключить унос капельной влаги воздухом, удаляемым от укрытий. Ширина зоны увлажнения материала на конвейере не должна превышать ширину слоя материала на ленте.

Кроме увлажнения водой может применяться увлажнение специальными гигроскопическими веществами и клеящими добавками. Высокоэффективным и экономичным способом борьбы с пылью в узлах пересыпки сыпучих материалов является способ, основанный на использовании воздушно-механической пены. Этот способ можно применять в случаях ограниченных водных ресурсов и недопустимости повышения влажности материала.

Конструкция обеспыливающего устройства «грейфер-бункер», изображенная на рис. 4.11, состоит из передвигного портала 1, боковины 2 которого имеют пазы 3 для осей 12, жестко соединенных с бункерным укрытием 4, и направляющих стрелок 5. Бункерное укрытие 4 оснащено вертикальными боковыми стенками 13 с упорами 8 для фикса-

ции грейфера над одним из трех приемных окон 9 со створками 10, уравновешенными противовесами 11. Механизм 6 для подъема бункерного укрытия снабжен двумя канатными барабанами 7, которые соединены между собой трансмиссионным валом 15 и служат для наматывания грузового каната 14. Нижняя плоскость бункерного укрытия 4, которая стыкуется с вагоном, по периметру имеет резиновое уплотнение 16.

Конструкция грейфера, стыкующегося с бункерным укрытием, имеет следующие конструктивные особенности. Челюсти грейфера для исключения пыления при переносе его с грузом выполнены герметичными, т. е. верхняя часть челюстей перекрыта стальным листом. У коробки нижней траверсы грейфера есть две опорные цапфы, на которых повисает грейфер при стыковке с бункерным укрытием. Раскрытие грейфера осуществляется при неподвижной нижней траверсе, что возможно при определенном соотношении скоростей поддерживающего и замыкающего канатов грейфера.

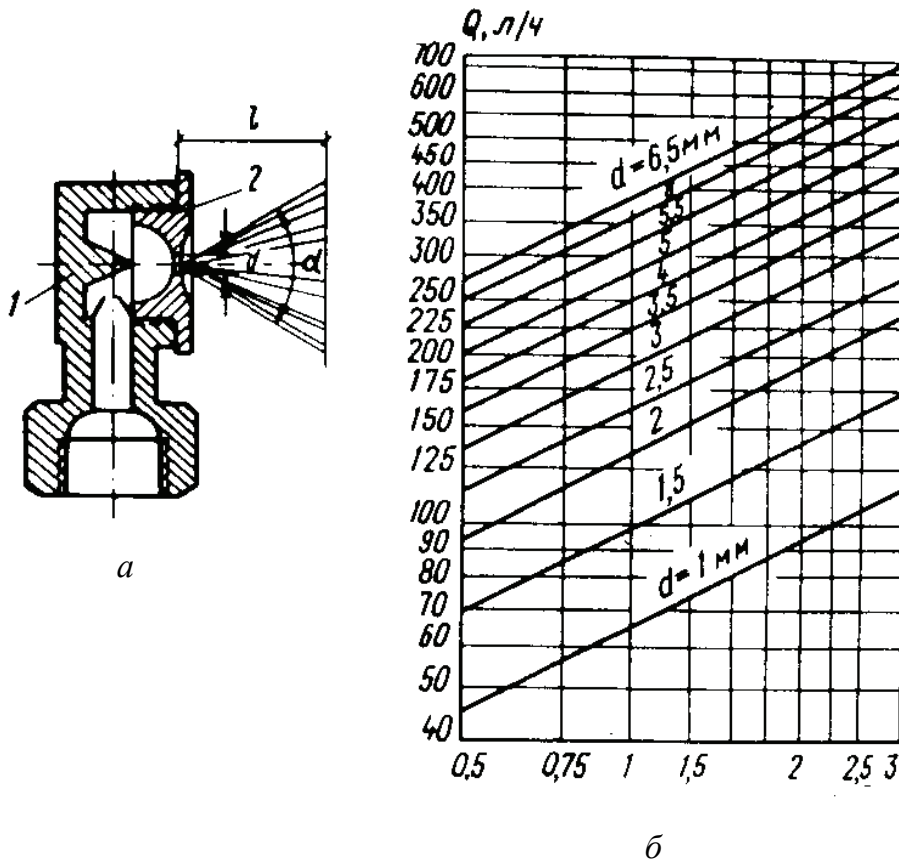


Рис. 4.10. Схема форсунки (а) и график подбора диаметра форсунки при гидрообеспыливании (б): 1 – корпус; 2 – гайка сопла; α и l – соответственно угол раскрытия и длина струи распыления

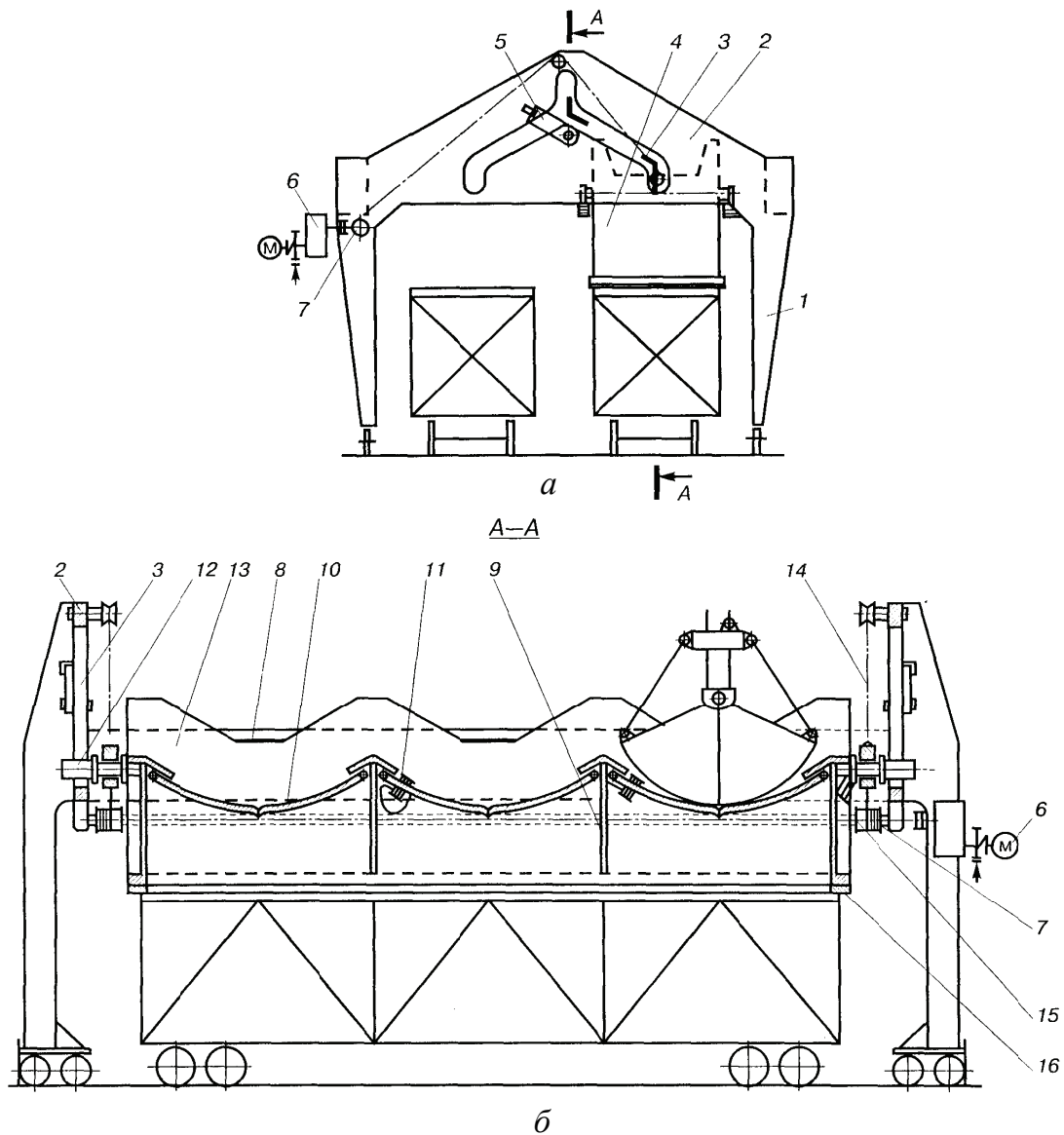


Рис. 4.11. Устройство «грейфер-бункер»:
a – вид спереди; *б* – вид сбоку

Обеспыливающее устройство «грейфер-бункер» работает следующим образом. Герметичный грейфер с грузом опускается в одно из трех приемных окон 9 и фиксируется опорными цапфами нижней траверсы на упорах 8 бункерного укрытия 4. После этого грейфер разгружается, груз своей массой открывает створки 10 и поступает в правый полувагон. Створки после прохождения груза закрываются под действием противовесов 11, и пылевое облако изолируется внутри бункерного укрытия. Следует отметить, что герметичный грейфер служит не только емкостью для переноса груза, но и уплотняющим элементом, закрывающим приемное окно бункерного укрытия.

Для загрузки левого полувагона включается механизм подъема 6, который приводит во вращение канатные барабаны 7. При этом бункерное укрытие 4, скользя своими осями 12 по правым направляющим пазов 3, занимает крайнее верхнее положение и останавливается, что обеспечивает свободный проход вагонов под порталом устройства. Стрелки 5 переводятся в правое положение, открывая левую ветвь направляющих пазов 3 и закрывая их правую ветвь. При новом включении механизма подъема 6 в обратную сторону бункерное укрытие 4 перемещается влево вниз, скользя осями 12 сначала по плоскости стрелок 5, а затем по левым ветвям пазов 3 до полной посадки уплотнения 16 на кузов левого полувагона.

Обеспыливающее устройство «грейфер-бункер» позволяет подавить в первые секунды формирования пылевого облака крупные фракции груза с высокими скоростями осаждения. Мелкие фракции, захватываемые воздухом, вытесненным из бункерного укрытия грузом, подавить только механическими средствами обеспыливания невозможно. Поэтому для осаждения мелких фракций груза предлагается применять в комплексе с устройством «грейфер-бункер» генератор водяного тумана, назначение которого – увлажнение тонкораспыленной (диспергированной) водой воздушного пространства в местах образования пылевого облака.

Генератор (рис. 4.12) водяного тумана включает в себя емкость Б вместимостью 1,5 м³ для раствора воды со специальными, улучшающими смачиваемость груза добавками, насос Н, компрессор КМ, распылители Т01 и Т02, запорные вентили с электромагнитным приводом ВЭ1, ВЭ2 и ВЭ3, регулирующие вентили ВР1 и ВР2, редукционный пневмоклапан КР, рессивер РС, манометр МН. Емкость снабжена электронагревателями для подогрева жидкости. Порядок работы генератора такой: емкость заливается жидкостью, затем включаются в действие одновременно компрессор КМ, создающий рабочее давление в рессивере РС, и насос Н, перекачивающий жидкость по замкнутому контуру «емкость – ВЭ1 – емкость». Запорные вентили ВЭ2 и ВЭ3 закрыты. Регулирующие вентили ВР1 и ВР2 отрегулированы на определенную подачу соответственно жидкости и воздуха.

При поступлении сигнала о посадке грейфера на пылеподавляющее устройство запорные вентили ВЭ2 и ВЭ3 открываются и закрывается вентиль ВЭ1, открывая доступ жидкости и воздуха к распылителям Т01 и Т02. После окончания разгрузки грейфера и его расстыковки с бункерным укрытием поступает сигнал о прекращении подачи жидкости и воздуха,

и система возвращается в первоначальное положение. Причем запорный вентиль ВЭ3 закрывается с некоторой выдержкой времени по сравнению с вентилем ВЭ2, что позволяет удалить жидкость из распылителей Т01 и Т02 и исключить возможность размораживания системы при работе в условиях отрицательных температур. Сигнал управления включением распылителей поступает с конечных выключателей, устанавливаемых на упорах для фиксации грейфера при его стыковке с укрытием.

Для обеспыливания грейферно-бункерных перегружателей (ГБП) используют специальный бункер с гидроэжекционной системой (рис. 4.13), состоящей из бункера 1 с опорными стойками 5 для герметичного грейфера 7 и двумя створками 4, уравновешенными противовесами 3. К стенкам бункера 1 крепятся пылеулавливающие камеры 11 с закрепленными в отверстиях бункера гидроэжекторами 9, внутри которых находятся пневмораспылители 10. В нижней части пылеулавливающей камеры (их может быть две или четыре) имеется съемный сборник 12 для отстоя и сбора твердого осадка. Жидкость к распылителю 10 подается из емкости 14 насосом 13 и распыляется сжатым воздухом, поступающим от компрессора 2. Очищенный от пыли воздух выпускается в атмосферу через патрубок 8. Датчик 6 служит для включения насоса 13 и компрессора 2 при посадке грейфера 3 на опорные стойки 5 и их выключения после окончания разгрузки и подъема порожнего грейфера.

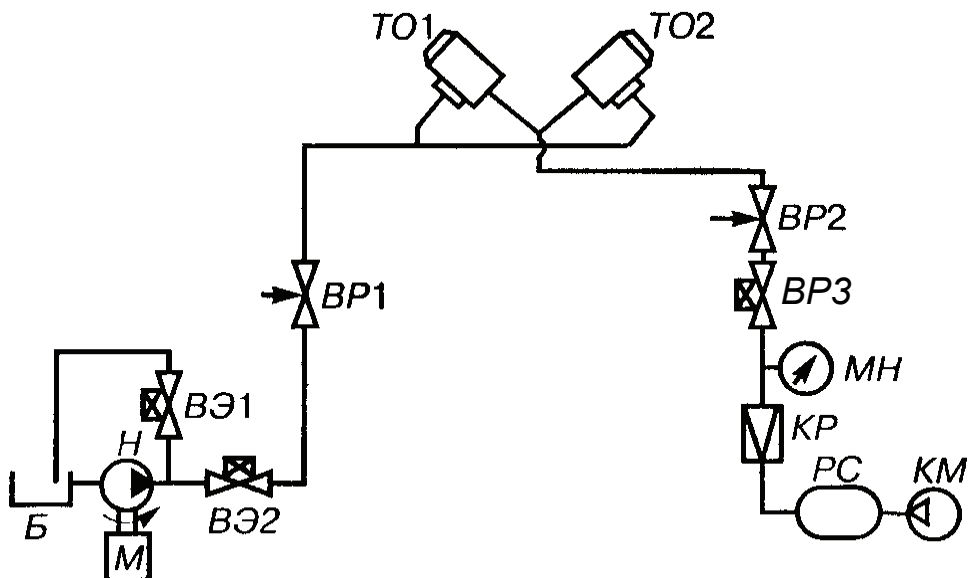


Рис. 4.12. Пневмогидравлическая схема генератора водяного тумана

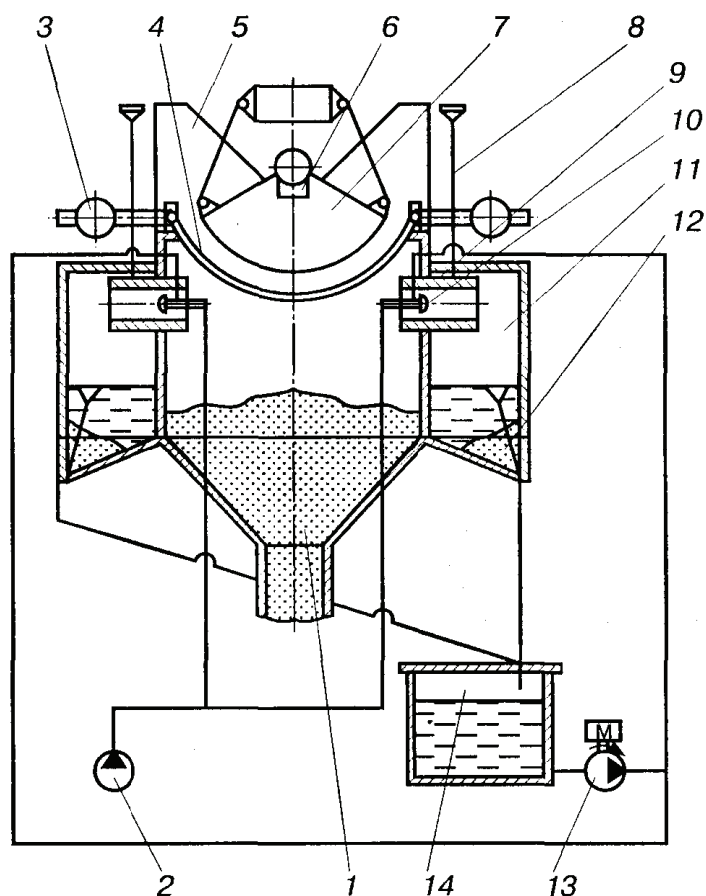


Рис. 4.13. Бункер с гидроэжекционной системой

Устройство работает следующим образом. Герметичный грейфер 7 с грузом, опускаясь на бункер 1, фиксируется нижней траверсой в опорных стойках 5 бункера. После раскрытия грейфера, уравновешенные створки 4 под действием падающего груза поворачиваются, пропуская груз, и опять закрываются, отсекая груз и выделяющуюся пыль в бункере. В момент фиксации грейфера 7 на бункере 1 датчик 6 включает в работу насос 13 и компрессор 2, которые подают воду и сжатый воздух к распылителям 10. Водовоздушная смесь, поступающая через гидроэжектор 9, засасывает пыль из бункера, перемешивается с ней и коагулирует в пылеулавливающей камере 11. В процессе длительной работы бункера происходит отстаивание твердого осадка и жидкости в съемном сборнике. При этом жидкость поступает в емкость 14 и используется многократно (по замкнутому контуру), а съемный сборник (отстойник) 12 с твердым осадком заменяется. Через патрубок 8 чистый воздух выходит в атмосферу.

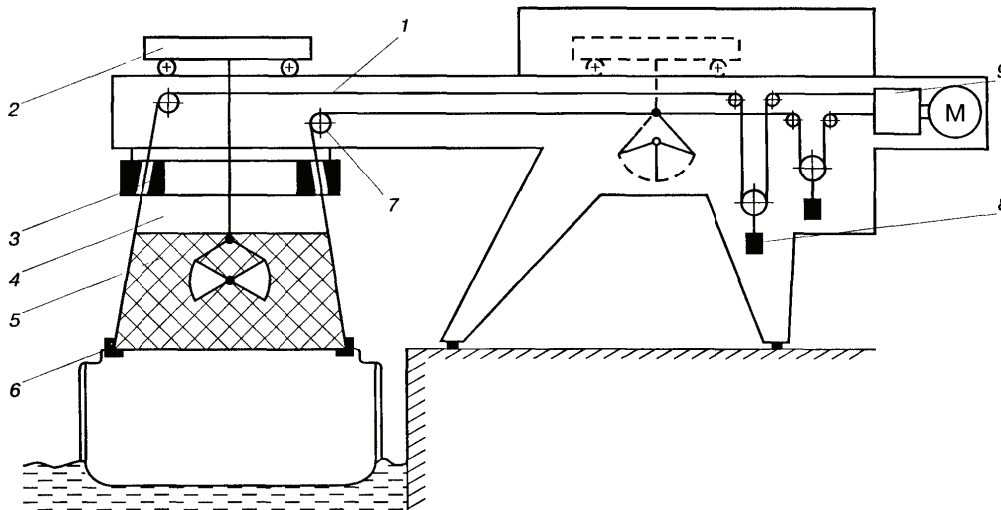


Рис. 4.14. Схема устройства быстрого съемного сетчатого экрана

Для предотвращения уноса пыли с верхнего слоя навалочного груза, лежащего в открытом трюме при разгрузке судна грейферными перегружателями, и с металлоконструкции грейфера используют специальные быстросъемные сетчатые экраны (рис. 4.14).

К стреле 1, по которой перемещается грузовая тележка 2 с грейфером, жестко крепится направляющая рама 3, через отверстия в углах которой проходят натяжные канаты 4 и канаты грейфера. К четырем натяжным канатам крепятся сетчатые полотна 5, создающие замкнутый по периметру проема трюма судна экран, а на их концах – быстросъемные зажимы 6. Натяжные канаты 4 проходят через отклоняющие блоки 7 и ГБП и натягиваются свободно подвешенными грузами 8. Концы натяжных канатов 4 крепятся к уравнительному механизму 9, который имеет привод.

Масса сетчатого экрана и быстросъемных зажимов несколько превышает массу свободно подвешенных грузов 8. Поэтому перед разгрузкой судна при растормаживании уравнительного механизма 9 сетчатый экран за счет сил тяжести опускается на люк трюма судна и зажимами 6 крепится к нему. После этого канаты 4 натягиваются уравнительным механизмом 9, который со свободно подвешенными грузами 8 позволяет изменять положение судна, автоматически компенсировать изменения длин натяжных канатов при качке судна, уменьшении осадки судна и ветровом воздействии на сетчатый экран.

Сетчатый экран не закрывает оператору ГБП поле зрения, поскольку является оптически прозрачным материалом. Пыль, оседающая

на сетчатом экране, стряхивается в трюм судна при колебаниях экрана, чему способствует его коническая форма с большим основанием у трюма судна. При отсоединении быстросъемных зажимов 6 уравнивательный механизм 9 посредством привода поднимает сетчатый экран, который собирается «гармошкой» у направляющей рамы 3.

В рабочих помещениях предусматривают гидранты, фонтанчики с автоматическим включением или души для немедленного смывания агрессивных химических веществ при попадании на кожные покровы и слизистые оболочки глаз.

При необходимости немедленного слива технологической жидкости в условиях аварийной ситуации или во время очистки и ремонта устанавливают запасные емкости.

Цветовую отделку интерьеров производственных помещений, в том числе трубопроводы для пара, воды, сжатого воздуха и других газов, вакуумных линий, кислот, химических растворов окрашивают в цвета в соответствии с требованиями нормативной документации по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных организаций.

При технологических процессах, особенностью которых является микробное загрязнение воздушной среды, очистка удаляемого из рабочих зон воздуха должна, кроме указанных выше способов, дополнительно предусматривать специальные методы очистки, обеспечивающие нормативные уровни содержания микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в атмосферном воздухе.

Средства индивидуальной защиты от вредных веществ

При невозможности полностью предотвратить поступление вредных веществ в воздух рабочей зоны применяют местную приточно-вытяжную вентиляцию, спецодежду, спецобувь, СИЗ органов дыхания (СИЗОД) и кожи.

По принципу защиты СИЗОД подразделяют на фильтрующие противогазы, шланговые противогазы, фильтрующие респираторы, изолирующие кислородно-дыхательные аппараты, самоспасатели, пневмошлемы, пневмомаски.

Фильтрующий противогаз защищает органы дыхания, лицо и глаза от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе в виде

газов, паров и аэрозолей при содержании в воздухе не менее 18 % об. свободного кислорода и не более 0,5 % об. парогазообразных вредных примесей. Содержание фосфористого водорода в воздухе не должно превышать 0,2 % об., мышьяковистого водорода – 0,3 % об., низкокипящих, плохосорбирующихся органических веществ (метан, пропан и др.) – выше ПДК.

Промышленный фильтрующий противогаз состоит из лицевой части (шлем-маски), сумки и противогазовой коробки с сорбентом (поглотителем) следующих типов:

без аэрозольного фильтра (с активированным углем) с повышенным и сокращенным временем защитного действия, защищающий только от газов;

с аэрозольным фильтром с сокращенным временем защитного действия, защищающий от газов и аэрозолей.

Противогазовые коробки имеют соответствующие марки и соответствующую каждой марке опознавательную окраску.

При вдохе загрязненный воздух поступает в противогазовую коробку. В аэрозольном фильтре он очищается от аэрозолей, а в слое активированного угля – от паров и газов. Очищенный в противогазовой коробке воздух поступает через соединительную трубку под лицевую часть противогаза.

Шланговый противогаз используют для защиты органов дыхания, глаз и лица человека в атмосфере, содержащей < 18 % об. кислорода, и > 0,5 % об. вредных веществ в воздухе. Принцип защитного действия шлангового противогаза основан на том, что воздух для дыхания подается через шланг с помощью воздуходувки, расположенной в зоне пригодного для дыхания воздуха.

Противогаз оказывает определенное неблагоприятное влияние на физиологические функции организма, которое обусловлено сопротивлением дыханию, вредным подмасочным пространством и воздействием лицевой части.

В покое и при малой физической нагрузке сопротивление является незначительным и легко преодолевается. При большой физической работе скорость прохождения воздуха резко увеличивается (особенно на вдохе) и сопротивление дыханию может возрасти от десятков миллиметров (в покое) до нескольких сот миллиметров водяного столба, что ведет к дополнительной значительной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную систему. Объем вредного пространства (полость между лицевой частью противогаза) и поверхностью головы) в современных

фильтрующих противогазов равен 250–300 см³. В этом пространстве задерживается выдыхаемый воздух, содержащий до 4 % углекислоты. При вдохе он поступает в легкие вместе с атмосферным воздухом. При постоянной величине подмасочного пространства противогаза его влияние тем меньше, чем больше глубина вдоха. Поэтому при пользовании противогазом дышать нужно глубоко.

Противогаз будет являться надежным средством защиты, если его лицевая часть подобрана по росту. Лицевая часть большего, чем необходимо, роста не обеспечит герметичности, и зараженный воздух проникнет под лицевую часть и в органы дыхания. Меньшая, чем необходимо, лицевая часть будет сжимать голову и вызовет болевые ощущения.

Для подбора необходимого роста шлем-маски измеряют вертикальный обхват головы (рис. 4.15), проходящий через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. При величине измерения до 63 см – рост нулевой, от 63 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый рост шлем-маски.

Для подбора роста маски противогаза измеряют расстояние между точкой наибольшего углубления переносья и самой нижней точкой подбородка (рис. 4.16). При величине измерения от 99 до 109 мм – первый рост, от 109 до 119 мм – второй и от 119 мм и более – третий рост маски.

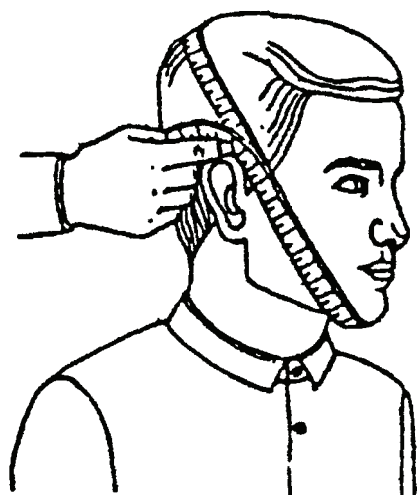


Рис. 4.15. Измерение вертикального обхвата головы

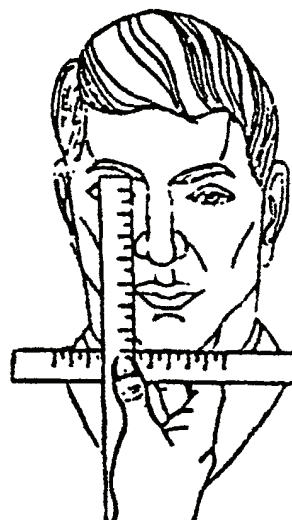


Рис. 4.16. Измерение морфологической высоты лица

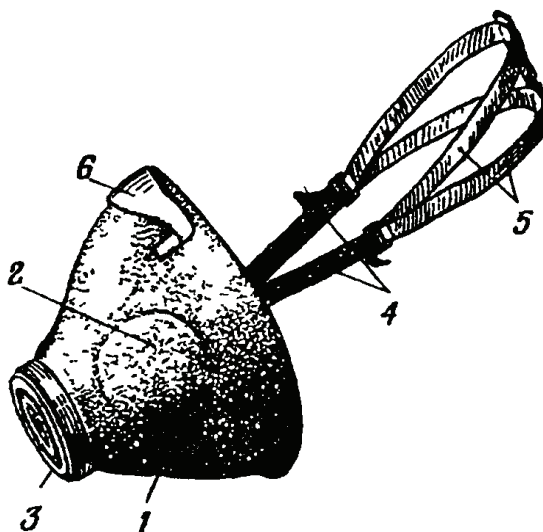
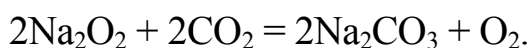


Рис. 4.17. Респиратор

Аварийно-спасательные работы в шланговых противогазах не выполняют, так как сфера их действия ограничена длиной шланга. В этих случаях применяют изолирующие дыхательные аппараты (кислородные, воздушные). Дыхательный аппарат состоит из базового аппарата, к которому подсоединяется баллон, легочный автомат и к легочному автомату – полная лицевая маска. Под действием диоксида углерода, выдыхаемого человеком, пероксиды щелочных металлов (Na_2O_2 , K_2O_2), содержащиеся в специальном регенеративном патроне, начинают выделять кислород в количестве, достаточном для дыхания:



Респиратор (от лат. *respirare* – дышать) – СИЗОД человека от газов, пыли, паров и других вредных примесей. Респиратор (рис. 4.17) представляет собой фильтрующую полумаску 1, снабженную двумя вдыхательными клапанами 2, одним выдыхательным клапаном с предохранительным экраном 3, оголовьем, состоящим из эластичных 4 и нерастягивающихся 5 тесемок, и носовым зажимом 6. Респираторы классифицируют по назначению, устройству и сроку службы.

По назначению респираторы подразделяют на противопылевые, противогазовые и газопылезащитные.

По устройству респираторы делят на два типа:

респираторы, в которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат лицевой частью;

респираторы, очищающие вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединенных к полумаске.

В зависимости от срока службы респираторы бывают одноразового (например «Лепесток») и многоразового использования (в них предусмотрена замена фильтров).

Каждый респиратор закрепляется за работником. Пользование чужим респиратором недопустимо. Запрещается пользоваться респиратором людям с бородой. Респиратор нельзя применять для защиты от высокотоксичных веществ (цианистый водород, фосген и др.), низкокипящих и плохо сорбирующихся примесей (метан, ацетилен и др.), от легковозгоняющихся веществ (йод, нафталин и др.). Подбор респиратора осуществляют по результатам измерения (см. рис. 4.16) морфологической высоты лица (расстояние между точкой наибольшего углубления переносья и самой низкой точкой подбородка).

Самоспасатель – это СИЗОД, применяемое в лабораториях при работах с опасными газами, на складах опасных газов и жидкостей, при перевозке опасных газов и жидкостей, вблизи вентилей высокого давления, газопроводов, мест заправки, подобных мест, где может произойти утечка опасных газов и жидкостей.

Пневмошлемы, пневмомаски используют для защиты органов дыхания в условиях повышенной концентрации пыли и газов при выполнении работ на отдельных рабочих местах (при электростатической окраске и др.).

Для защиты кожного покрова рук применяют рукавицы и защитные дерматологические средства:

очистители кожи – препараты, предназначенные для удаления производственных загрязнений (масел, красок, клеев, смазок и др.);

репаративные средства – средства, способствующие регенерации кожи, применяемые после работы.

Для предохранения кожи рук от действия спецжидкостей применяют следующие защитные составы (расход на 1 раз до 5 г):

1) пасту ХИОТ-6, состоящую из следующих компонентов (в весовых частях): желатина – 2,4; крахмала – 5,6; глицерина – 82,0; жидкости Бурова – 20,0; дистиллированной воды – 15,0. Используют ее как профилактическое средство при работе с органическими растворителями и смывками. До начала работы небольшое количество пасты втирают в чистую кожу тех частей тела (руки, предплечья, шея, лицо), которые не закрыты спецодеждой или другими СИЗ и могут подвергаться действию органических растворителей. После работы пасту смывают водой с мылом;

2) пасту ИЭР-1, состоящую из следующих компонентов (в весовых частях): натриевого мыла – 12; каолина – 40; глицерина – 10; воды – 38. Применяют ее для защиты кожи при работе с органическими растворителями. При растирании на коже рук через 2–3 мин образуется тонкая сухая пленка, сохраняющаяся в течение 3–4 ч. После работы пасту смывают водой с мылом;

3) пасту ИЭР-2, состоящую из следующих компонентов (в весовых частях): парафина – 20; церезина – 15; масла вазелинового – 65. Применяют ее так же, как и пасту ИЭР-1;

4) «биологические перчатки», состоящие из следующих компонентов (в весовых частях): казеина – 100; аммиака (25 %) – 15; глицерина – 100; спирта этилового – 283; дистиллированной воды – 283, применяют для защиты кожи при работе с органическими растворителями. Наносят на сухую чистую кожу в виде тонкого слоя. После работы пасту смывают водой с мылом.

Санитарно-химический контроль состояния воздушной среды

Санитарно-химический контроль состояния воздушной среды проводят путем отбора и анализа фактических и среднесменных концентраций вредных веществ в соответствии с Методикой контроля загрязнения атмосферного воздуха в окрестности аэропорта.

Результаты измерений концентраций вредных веществ используют:

- при определении уровня загрязнения воздушной среды;
- установлении необходимости использования СИЗОД;
- оценке влияния вредных веществ на состояние здоровья работающих и эффективности внедренных мероприятий;
- гигиеническом обосновании и корректировке ПДК.

Систематический санитарный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны осуществляют санитарные лаборатории промышленных предприятий. План контроля содержания веществ в воздухе рабочей зоны составляют на один год по состоянию на 1 января планируемого года и дополняют или изменяют в случае ввода новых производств, реконструкции или замены оборудования, выявления профессиональных отравлений и заболеваний.

Отбор проб проводят в рабочей зоне на местах пребывания работающих с учетом следующих факторов:

физико-химических свойств контролируемых веществ (агрегатное состояние, плотность, давление пара, летучесть и др.) и возможности превращения последних (окисление, деструкция, гидролиз и др.);

особенностей технологического процесса (непрерывный, периодический), температурного режима, количества выделяющихся вредных веществ и др.;

класса опасности и биологического действия вредного вещества;

расположения и работы оборудования, схемы воздухообмена помещений и их планировки (этажность здания, наличие межэтажных проемов, связь со смежными помещениями и др.);

количества, вида (постоянные, временные) рабочих мест.

На предприятиях для каждого производственного помещения и промплощадок определяют перечень веществ, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны.

Разовое измерение концентрации вредных веществ проводят в течение 15-минутного стандартного отрезка времени в любой точке рабочей зоны.

Для определения дисперсного состава пыли используют импактор (рис. 4.18), в котором запыленный воздух проходит через ряд последовательно установленных сопел уменьшающегося диаметра.

Пылевые частицы оседают на расположенные под каждым соплом поверхности (подложки), покрытые специальной смазкой. Сочетание сопла и подложки принято называть ступенью (каскадом) прибора. Связь между скоростью воздушного потока, проходящего через сопла, и размерами оседающих на подложках частиц позволяет судить о дисперсности исследуемой пыли.

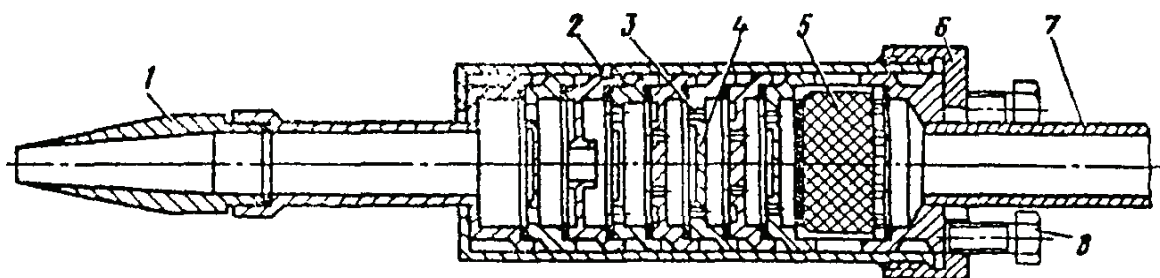


Рис. 4.18. Импактор НИИОГаз:

1 – наконечник; 2 – корпус; 3 – сопло; 4 – подложка; 5 – фильтр;
6 – крышка; 7 – отсосная трубка; 8 – поджимной болт

Для улавливания мелких частиц, не осевших на последнюю подложку, служит фильтр. Анализируемая пыль оказывается разделенной на фракции, число которых равно числу ступеней импактора. Анализы дисперсного состава пыли, выполняемые при помощи этого прибора, сводятся к нахождению доли частиц, осевших на каждой его ступени. В новых или ранее гигиенически не изученных производствах, воздух которых может загрязняться вредными веществами, санитарный контроль проводят преимущественно на всех рабочих местах с постоянным и временным пребыванием работающих.

На основе результатов исследования воздуха рабочей зоны в комплексе с данными по оценке технологического процесса, оборудования, вентиляционных устройств определяют наиболее неблагоприятные в гигиеническом отношении рабочие места, на которых в дальнейшем проводится отбор проб воздуха. Санитарный контроль за воздушной средой осуществляют выборочно на отдельных рабочих местах, стадиях или операциях, если на обследуемом участке, характеризующемся постоянством технологического процесса, имеется значительное количество идентичного оборудования или одинаковых рабочих мест, на которых выполняются одни и те же операции.

Основными требованиями к методам анализа и аппаратуре являются:

экспрессность качественного и количественного определения вредных веществ – желательно в режиме реального времени или, по крайней мере, в течение нескольких минут – получаса;

широкий диапазон измеряемых концентраций веществ (от ПДК до максимально переносимых концентраций);

высокая селективность анализа наиболее опасных веществ.

К техническим средствам отбора проб, обнаружения и определения вредных веществ относятся:

1. Портативные анализаторы токсичных веществ (принцип работы основан на спектральных, фотоколориметрических, электрохимических, фотоионизационных, хроматографических, хромато-масс-спектрометрических и других методах измерения концентраций веществ).

2. Газоанализаторы – автоматические приборы для определения в воздухе сероводорода – «Сирена», аммиака – «Сирена-2», фосгена – «Сирена-4», хлора – «Сирена-М»; портативные – фотоионизационный газоанализатор «Колион-1» (аммиак, бензол, толуол, ксилол и сероуглерод), электрохимический газоанализатор «Колион-701» (хлор), прибор «Палладий-3» (оксид углерода) и прибор «Нитрон» (оксиды азота).

3. Индикаторные трубки (ИТ), представляющие собой стеклянные трубки, заполненные зерненным наполнителем (индикаторным порошком). На поверхности индикаторных трубок в области реактивного слоя нанесены деления с соответствующими значениями концентрации определяемого газа. При пропускании воздуха через индикаторную трубку реактивный слой изменяет свою окраску.

4. Автономные подвижные средства – передвижные лаборатории, имеющие преимущество в оперативности получения информации и скорости ее обновления ввиду физической близости к месту отбора пробы, например при аварии. К передвижным лабораториям относятся, например, полевая химическая лаборатория ПХЛ-1, лаборатории химического контроля АЛ-4, АЛ-4М, АЛ-5, подвижная лаборатория экспрессного химического анализа токсичных веществ ПЛЭХА ТВ «Защита», на борту которых в зависимости от поставленной задачи могут быть смонтированы стационарные и переносные анализаторы, а также малогабаритные газовые, жидкостные и ионные хроматографы для выполнения анализа сложных смесей токсичных веществ в объектах окружающей среды. Из зарубежных подвижных лабораторий используют газохроматографическую и масс-спектрометрическую лабораторию фирмы Bruker и экологические лаборатории фирмы Biotronik и Finnigan.

5. Переносные лаборатории – полевая химическая лаборатория ПХЛ-54М, медицинская полевая химическая лаборатория МПХЛ, переносная лаборатория водоочистных станций ПЛВС, лаборатории «Пчелка-Р» и «Инспектор-кейс», предназначенные для решения конкретных аналитических задач.

Более универсальными анализаторами токсичных веществ являются переносные газовые, жидкостные и ионные хроматографы. Перспективными приборами для ведения санитарно-химической разведки являются масс-спектрометр и хромато-масс-спектрометр нового поколения, которые рассчитаны на проведение измерений при движении транспортных средств. Портативность масс-спектрометра позволяет использовать его и в качестве выносного прибора, и в качестве датчика – сигнализатора.

Периодичность отбора проб воздуха для каждого вещества в каждой точке устанавливают в зависимости от характера технологического процесса (непрерывного периодического), класса опасности и характера биологического действия соединения с учетом стабильности производственной среды, уровня загрязнения, времени пребывания обслуживающего персонала на рабочем месте.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны производственных помещений вредных веществ с остронаправленным механизмом действия отбор проб осуществляют с применением систем автоматических приборов. Для остальных веществ периодичность контроля устанавливают в зависимости от класса опасности вредного вещества:

для веществ I класса опасности – не реже одного раза в 10 дней;

веществ II класса – не реже 1 раза в месяц;

веществ III и IV класса – не реже 1 раза в квартал.

При выборе методов количественного определения вредных веществ в воздухе руководствуются техническими условиями и методическими указаниями на методы определения вредных веществ в воздухе.

Для получения достоверных результатов при санитарно-гигиенических исследованиях воздушной среды в любой намеченной точке на каждой стадии технологического процесса или отдельной операции последовательно отбирают не менее 5 проб воздуха. По отобраным пробам вычисляют среднее арифметическое значение X_{cp} и ее доверительный интервал ψ :

$$X_{cp} = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5)/5, \text{ мг/м}^3,$$

$$\psi = [(K_{\text{макс}} - K_{\text{мин}})] \cdot 60/X_{cp}, \%$$

где K_1 – K_5 – концентрации в отдельных пробах; $K_{\text{макс}}$ – максимальная концентрация в отобранных пробах; $K_{\text{мин}}$ – минимальная концентрация в отобранных пробах.

Если полученное значение доверительного интервала равно или меньше 40 %, то величина средней арифметической считается достоверной. Если вычисленный доверительный интервал превышает 40 %, то должны быть отобраны дополнительные пробы, количество которых n определяют по формуле

$$n = [5,8 \cdot (K_{\text{макс}} - K_{\text{мин}})/X_{cp}] - 5.$$

Состояние воздушной среды на рабочем месте оценивается как соответствующее санитарным нормам, если содержание вредных веществ не превышает ПДК воздуха рабочей зоны.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия, т. е. близких по химическому составу и характеру действия на организм, сумма отношений фактических концентраций каждого из них (K_1, K_2, \dots, K_n) в воздухе и их ПДК ($\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$) не должна превышать единицы:

$$(K_1/\text{ПДК}_1) + (K_2/\text{ПДК}_2) + \dots + (K_n/\text{ПДК}_n) \leq 1.$$

Эффектом суммации обладают:
ацетон, акролеин, фталевый ангидрид;
ацетон и фенол;
ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол;
ацетальдегид и винилацетат;
аэрозоли пятиокси ванадия и окислов марганца;
аэрозоли пятиокси ванадия и сернистый ангидрид;
бензол и ацетофенон;
озон, двуокись азота и формальдегид;
окись углерода, двуокись азота, формальдегид, гексан;
сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты;
сернистый ангидрид и сероводород;
сернистый ангидрид и двуокись азота;
сернистый ангидрид, окись углерода, фенол и пыль конвертерного производства;
сернистый ангидрид и фенол;
сернистый ангидрид и фтористый водород и др.

В случае превышения ПДК состояние воздушной среды на данном рабочем месте считают не соответствующим санитарным нормам, о чем ставится в известность администрация предприятия для принятия мер по защите работающих и устранения опасности с последующим проведением анализов воздушной среды. Сведения о результатах контроля воздуха рабочей зоны санитарными лабораториями промышленных предприятий направляются ежемесячно администрации предприятия и санэпидстанции для разработки организационно-технических мероприятий по выявлению источников выделения вредных веществ и разработки оздоровительных мероприятий. При обнаружении превышения содержания вредных веществ «опасных для развития острого отравления» принимают срочные меры по устранению опасности отравления и защите работающих с последующим проведением контрольных анализов. О случаях превышения ПДК сообщают работодателю и территориальному органу Роспотребнадзора.

Первая помощь при отравлениях вредными веществами

Все работники предприятия, применяющего вредные вещества, должны быть обучены приемам оказания первой помощи. В каждом цехе и на каждом обособленном производственном участке должна

быть аптечка с набором медикаментов, составленном по указанию работников здравпункта.

Наиболее распространенным является поступление вредных веществ через верхние дыхательные пути. При этом виде отравления необходимо прежде всего прекратить дальнейшее поступление вещества в организм, вывести пострадавшего из загрязненной среды в теплое, проветриваемое, чистое помещение или на свежий воздух. Затем необходимо освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды – расстегнуть воротник, пояс, снять одежду, так как во многих случаях такая одежда является дополнительным источником поступления токсичного вещества в организм через кожу.

При попадании вещества на кожу необходимо обмыть загрязненный участок теплой (не горячей) водой с мылом. При этом следует предохранять пострадавшего от охлаждения и, если необходимо, согреть (грелкой, одеялом). При попадании на кожный покров вредных веществ (жидких или твердых) необходимо осторожно их удалить влажным тампоном, фильтровальной бумагой или смыть водой.

При попадании вещества в желудочно-кишечный тракт необходимо применять противоядия (табл. 4.20).

Таблица 4.20

Средства первой помощи при различных отравлениях

Вещества, вызывающие отравления	Противоядия
Жидкие и твердые вещества	
Альдегиды	Выпить стакан 0,2 %-го раствора аммиака, а через несколько минут стакан молока
Аммиака раствор	Пить лимонный сок или очень слабый раствор уксусной кислоты. Вызвать рвоту. Дать растительное масло, молоко, яичный белок
Бария растворимые соли	Вызвать рвоту. Дать слабительное, сульфат магния или сульфат натрия
Бензол	При отравлении через пищевод вызвать рвоту. Дать слабительное, сделать искусственное дыхание. Вдыхать кислород, дать кофе
Вещества наркотического действия (этиловый эфир, хлороформ, спирты)	Дать 0,03 г фенамина или 0,1 г коразола, или 30 капель кордиамина, или 0,5 г бромистой камфоры. После этого дать крепкий чай или кофе. При необходимости делать искусственное дыхание и давать вдыхать кислород

Вещества, вызывающие отравления	Противоядия
Жидкие и твердые вещества	
Йод	Вызвать рвоту. Дать 1 %-й раствор серноватистокислого натрия, крахмальный клейстер, молоко
Фенол	Вызвать рвоту. Дать известковую воду или взвесь окиси магния (15 г окиси магния на 100 мл воды, всего следует дать 500 мл по одной столовой ложке через каждый 5 мин) или разбавленный раствор калия перманганата (1:400). В тяжелых случаях дают 5 %-й раствор серноватистокислого натрия и для вдыхания кислорода
Минеральные кислоты	При отравлении через пищевод полоскать рот водой и 5 %-м раствором двууглекислого натрия. Дать молоко и взвесь окиси магния (10 г окиси магния в 150 мл воды) или известковую воду и растительное масло, или жидкое мучнистое тесто
Марганцовой кислоты соли (перманганаты)	Дать воды. Вызвать рвоту. Дать молоко, яичный белок или крахмальный клейстер
Мышьяк или сурьма	Вызвать рвоту. Дать слабительное, после чего в 300 мл воды растворить 100 г сернокислого окисного железа, добавить 20 г окиси магния, растертой в 300 мл воды, смесь сильно взболтать и давать пострадавшему по 1 чайной ложке через 10–15 минут по прекращению рвоты
Натрия фторид	Дать известковую воду или 2 %-й раствор хлористого кальция
Нитросоединения	Вызвать рвоту. Дать слабительное. Нельзя давать спирт, жиры или растительное масло
Олова соединения	Вызвать рвоту. Дать взвесь окиси магния в воде, растительное масло
Пиридин	Давать пить чай или кофе в большом количестве. Делать искусственное дыхание
Ртутные соединения	Немедленно дать три сырых яйца в молоке (около 1 л). Вызвать рвоту. Дать смесь состава: 1 г фосфорноватокислого натрия, 5 мл 3 %-й перекиси водорода и 10 мл воды, считая, что указанные количества берутся на каждые 0,1 г хлорной ртути, попавшей в желудок
Свинца соединения	Дать большое количество 10 %-го раствора сернокислого магния
Серебра соединения	Дать большое количество 10 %-го раствора поваренной соли

Вещества, вызывающие отравления	Противоядия
Жидкие и твердые вещества	
Цианистоводородная кислота	При отравлении через пищевод дать 1 %-й (синильная и ее соли) раствор серноватистокислового натрия или 0,025 %-й раствор марганцовокислового калия, содержащий двууглекислый натрий. Вызвать рвоту. Немедленно давать вдыхать с ваты амилнитрит (накапать на вату 10 капель). Если улучшений нет, сделать искусственное дыхание с применением кислорода
Цинка соединения	Вызвать рвоту. Дать сырое яйцо в молоке
Щавелевая кислота	Вызвать рвоту. Дать известковую воду, касторовое масло
Газообразные вещества	
Азотной кислоты пары	Абсолютный покой даже при умеренном (оксиды азота) отравлении. Вдыхать кислород
Аммиак (из баллона)	Чистый воздух, покой. При потере сознания – искусственное дыхание
Ацетона пары	Чистый воздух, покой. При потере сознания – искусственное дыхание
Йода пары	Вдыхать водяные пары с примесью аммиака. Глаза промыть 1 %-м раствором серноватистокислового натрия
Фтористоводородной кислоты пары (плавиновой)	Вдыхать аммиак. Чистый воздух, покой
Сернистый газ	Промывание носа и полоскание полости рта 2 %-м раствором двууглекислого натрия. Покой
Сероводород	Чистый воздух, в тяжелых случаях искусственное дыхание, кислород
Хлор	Покой, даже при умеренном отравлении, вдыхание кислорода
Брома пары	Вдыхание 3–5 %-й газовой смеси, содержащей аммиак. Промывание глаз, рта и носа раствором двууглекислого натрия. Покой, вдыхание кислорода
Углерода оксид, ацетилен, светильный газ	Свежий воздух. Не допускать охлаждения тела. Если дыхание слабое или прерывистое, делать искусственное дыхание в сочетании с кислородом
Ртути пары	Внутри яичный белок, касторовое масло. Покой
Свинец и его соединения пары	Немедленно отправить в больницу
Фенола пары	Чистый воздух, покой
Цинка оксид, пары	Как можно больше молока. Покой

При химических ожогах кислотами и щелочами необходимо длительно промывать пораженный участок большим количеством воды. Для этого вблизи рабочих зон, где возможны химические ожоги, устанавливают специальные краны-гидранты. Для промывки глаз размещают фонтанчики, а там, где водопровод отсутствует, – емкости с чистой, регулярно сменяемой водой.

При остановке или глубоких нарушениях дыхания длительно до прибытия врача проводить искусственное дыхание. Следует помнить, что при отравлении некоторыми веществами, при резком раздражении слизистых оболочек верхних дыхательных путей и спазме голосовой щели искусственное дыхание недопустимо. Такие случаи должны быть специально оговорены в инструкциях по охране труда. При химических ожогах кислотами и щелочами необходимо длительно промыть пораженный участок большим количеством воды. Для этого вблизи рабочих зон, где возможны химические ожоги, устанавливают специальные краны-гидранты. Для промывки глаз размещают фонтанчики, а там, где водопровод отсутствует, – емкости с чистой, регулярно сменяемой водой.

Контрольные вопросы и задания

1. Какими параметрами характеризуется состояние воздушной среды?
2. Приведите классификацию вредных веществ по опасности воздействия на организм человека.
3. Что такое вредное вещество?
4. Что такое острое отравление?
5. Что такое ПДК?
6. Что такое ОБУВ?
7. Что такое хроническое отравление?
8. Перечислите методы нормализации состояния воздушной среды.
9. Каковы цели санитарно-химического контроля состояния воздушной среды?
10. Назовите СИЗОД и правила их использования и подбора.
11. Перечислите средства первой помощи при различных отравлениях.

4.2. Микроклиматические условия

Микроклиматические условия – это состояние воздушной среды, характеризующееся относительной влажностью, скоростью движения, температурой воздуха, окружающих поверхностей (стен, потолков, пола, ограждающих устройств, технологического оборудования) и интенсивностью теплового облучения. Каждый из параметров микроклиматических условий отдельно или в комплексе оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека, определяя его самочувствие и тепловое состояние.

Терморегуляция организма человека

Организм человека – это саморегулирующаяся система, физиологический механизм которой с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образованного тепла (телопродукция) количеству тепла, отданного во внешнюю среду (теплоотдача).

Выработка тепла в организме связана с непрерывно совершающимся биохимическим синтезом белков и других органических соединений, с механической работой мышц (сердечная мышца, гладкие мышцы различных органов, скелетная мускулатура) и др. При выполнении физической работы, при выраженном охлаждении организма (дрожь) значительно увеличивается доля образования тепла в скелетных мышцах. Часть энергии, образующейся в организме при выполнении физической работы, расходуется на внешнюю работу, основная же ее часть переходит в тепловую. В тех случаях, когда вырабатываемая в организме человека энергия не расходуется на внешнюю механическую работу, она вся практически превращается в тепловую. Это имеет место, например, у человека, находящегося в состоянии относительного физического покоя (лежа, сидя, стоя) и выполняющего некоторые виды физической работы (например, ходьба по ровной местности).

Известно, что отдача тепла происходит только от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Интенсивность теплоотдачи зависит от разности температур тел (в рассматриваемых условиях – это температура тела человека и температура окружающей его среды) и теплоизолирующих свойств одежды. Теплоотдача человеком осуществляется:

конвекцией – отдача тепла с поверхности тела или одежды движущемуся вокруг него воздуху; по отношению к общей теплоотдаче она

составляет 20–30 %, но при выполнении работы на открытых производственных площадках и наличии ветра теплоотдача конвекцией существенно возрастает;

излучением – отдача тепла в направлении поверхностей с более низкой температурой; при обычных условиях она составляет 43,8–59,1 % по отношению к общей величине теплоотдачи. При наличии в помещении ограждений с температурой более низкой, чем температура воздуха, удельный вес теплоотдачи человека излучением возрастает и может достигать 71 %. Этот способ охлаждения и нагревания оказывает более глубокое действие на организм, чем конвекционный;

испарением влаги – один из важных способов теплоотдачи, особенно при высокой температуре воздуха и выполнении физической работы. В условиях теплового комфорта и охлаждения человек, находящийся в состоянии относительного физического покоя, теряет влагу путем переноса с поверхности кожи и верхних дыхательных путей; в окружающую среду отдается 23–27 % общего тепла, при этом 1/3 потерь приходится на испарение с поверхности верхних дыхательных путей и 2/3 – с поверхности кожи;

кондукцией – отдача тепла от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним предметам. В обычных условиях удельный вес теплоотдачи кондукцией невелик, так как коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха составляет незначительную величину, человек теряет тепло лишь с поверхности подошв, площадь которых занимает 3 % площади поверхности тела. Помимо размера контактирующей поверхности имеет значение и конкретный подвергающийся охлаждению участок тела (стопы, область поясницы, плеч и т. д.).

Если в какой-либо период процессы теплопродукции и теплоотдачи разбалансированы, то в организме происходит накопление или дефицит тепла. Совокупность физиологических процессов, направленных на поддержание температуры тела человека в узких определенных границах, несмотря на значительные колебания температуры окружающей его среды и собственной теплопродукции, называют *терморегуляцией*. Сложный процесс терморегуляции в производственных условиях характеризуется многообразными изменениями и взаимодействием физиологических функций организма.

При высокой температуре воздуха кровеносные сосуды поверхности тела расширяются, при этом происходит перемещение крови в организме к поверхности кожи. Вследствие такого перераспределения крови теплоотдача с поверхности тела значительно увеличивается. Для организма человека чрезвычайно опасно излучение лучистой энергии, по-

скольку оно легко поглощается и проникает в ткани, вызывая повышение температуры тела и внутренних органов.

На терморегуляцию организма большое влияние оказывает влажность воздуха. Повышенная относительная влажность воздуха в помещении затрудняет терморегуляцию организма, так как отдача тепла путем испарения пота с поверхности кожи будет затруднена.

При низких температурах окружающего воздуха кровеносные сосуды сужаются, скорость протекания крови замедляется и отдача тепла уменьшается. При пониженных температурах и скорости движения воздуха может происходить переохлаждение тела, что приводит к изменению его двигательной активности, нарушает координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, способствует развитию патологии.

Комбинацию физических факторов (температура воздуха $t_{в}$, его влажность, скорость ветра V и др.), обуславливающих охлаждение человека и требующих применения соответствующих мер для снижения теплотерь, называют *охлаждающей средой* (холодом).

Длительная работа в условиях значительного охлаждения приводит к профессиональному заболеванию сосудов конечностей – *тромбангииту*, характеризующемуся сужением просвета сосудов, нарушением кровообращения и др. В соответствии с конкретными величинами температуры воздуха и скорости ветра можно определить риск обморожения открытых областей тела человека (табл. 4.21).

Интегральный показатель условий охлаждения (обморожения) – ИПУОО – определяют по формуле

$$\text{ИПУОО} = 34,654 - 0,4664 \cdot t_{в} + 0,6337 \cdot V.$$

Таблица 4.21

Зависимость риска обморожения от интегрального показателя условий охлаждения (обморожения)

ИПУОО, балл	Риск обморожения	Продолжительность безопасного пребывания на холоде, не более, мин
34	Игнорируемый (отсутствие обморожения)	Длительно
$34 < \text{ИПУОО} \leq 47$	Умеренный	60,0
$47 < \text{ИПУОО} \leq 57$	Критический	1,0
> 57	Катастрофический	0,5

Таким образом, изменение и взаимодействие физиологических функций организма при тепловом обмене с окружающей средой во многом определяют тепловое состояние человека и его работоспособность.

Тепловое состояние человека

Показателями теплового состояния человека являются температура тела и кожи, теплоощущения, теплосодержание в организме и его изменение, частота сердечных сокращений, минутный объем кровотока, пульсовое давление, частота дыхания, энергообмен, водно-солевой обмен, умственная и физическая работоспособность и др.

Тепловое состояние человека подразделяют:

на оптимальное (комфортное) – характеризуется отсутствием дискомфортных теплоощущений, минимальным напряжением механизмов терморегуляции; является предпосылкой длительного сохранения высокой работоспособности;

допустимое – характеризуется незначительными дискомфортными теплоощущениями, умеренным напряжением механизмов терморегуляции, при этом может иметь место временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, но не нарушается здоровье (в течение всего периода трудовой деятельности);

предельно допустимое – характеризуется выраженными дискомфортными теплоощущениями (например прохладно), значительным напряжением механизмов терморегуляции, ограничивает работоспособность;

недопустимое (например, холодно) – характеризуется чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции.

Оценка теплового состояния имеет важное значение для разработки мероприятий по предупреждению перегревания и переохлаждения человека.

Гигиенические требования к микроклиматическим условиям

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» установлены оптимальные и допустимые (не ухудшающие самочувствие человека) нормы (табл. 4.22) в зависимости от периода года (холодный, теплый, переходный) и категории работ по уровню энерготрат.

Таблица 4.22

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных значений	Диапазон выше оптимальных значений			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIa	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,3
	IIб	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,4
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	18,1–21,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–29,0	15–75	0,1	0,3
	IIa	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–17,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

Холодный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $< +10$ °С.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $> +10$ °С.

Переходный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $+10$ °С.

Разграничение работ по категориям осуществляют на основе интенсивности общих энерготрат организма в ккал/ч (Вт).

К категории Ia относят работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Категория Ib включает работы с интенсивностью энерготрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

К категории IIa относят работы с интенсивностью энерготрат 151–200 ккал/ч (175–232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Категория IIb включает работы с интенсивностью энерготрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории III относят работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Согласно СанПиН 2.2.4.548–96 для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата используют интегральный показатель тепловой нагрузки (ТНС), рассчитываемый на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра $t_{\text{вл}}$ и шарового термометра $t_{\text{ш}}$:

$$\text{ТНС} = 0,7t_{\text{вл}} + 0,3t_{\text{ш}}.$$

Для профилактики перегревания значения ТНС-индекса не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 4.23.

В производственных помещениях или при производстве работ на открытых площадках, в которых допустимые параметры микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производ-

ственному процессу, условия микроклимата рассматривают как вредные и опасные и предусматривают защитные мероприятия от их неблагоприятного воздействия (перегревания или переохлаждения).

Таблица 4.23

Рекомендуемые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энерготрат	ТНС-индекс, °С
Ia	22,2–26,4
Iб	21,5–25,8
IIa	20,5–25,1
IIб	19,5–23,9
III	18,0–21,8

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата осуществляют следующие защитные мероприятия:

автоматизацию, механизацию производственных процессов и дистанционное управление;

отопление и вентиляцию;

обогрев при производстве работ на открытых площадках;

установку системы кондиционирования воздуха;

регулирование режимов труда и отдыха;

увеличение продолжительности отпуска;

использование спецодежды, спецобуви, СИЗ с теплоизоляцией, соответствующей величинам для различных климатических регионов (поясов) и др.

Метеорологические условия могут изменяться и в каждом климатическом регионе. Ниже приведен порядок расчета необходимой теплоизоляции комплекта СИЗ и времени допустимого пребывания человека:

1) реальный уровень теплового потока с поверхности тела

$$g_{\text{п}} = (t_{\text{к}} - t_{\text{в}})/l_{\text{к}}, \text{ Вт/м}^2,$$

где $t_{\text{к}}$ – средневзвешенная температура кожи, °С (определяют в зависимости от уровня энерготрат человека $g_{\text{м}}$, Вт/м² и его теплоощущений (табл. 4.24); $t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, °С; $l_{\text{к}}$ – необходимая теплоизоляция комплекта СИЗ, °С · м²/Вт, зависит от климатического региона (табл. 1.1), $t_{\text{в}}$ и других факторов;

Определение t_k

Теплоощущение	Формула
Комфорт	$t_k = 36,07 - 0,0354 \cdot g_m$
Прохладно	$t_k = 33,34 - 0,0354 \cdot g_m$
Холодно	$t_k = 30,06 - 0,0310 \cdot g_m$

2) допустимое время пребывания человека на холоде

$$t = D / (g_{\Pi} - g_{\text{пк}}), \text{ ч},$$

где D – допустимый дефицит тепла в организме человека, в расчетах принимают $D = 52 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$; $g_{\text{пк}}$ – комфортный уровень теплового потока $g_{\text{пк}}$ с поверхности тела, зависит от уровня энерготрат человека g_m и температуры t_b с учетом теплоизоляции комплекта СИЗ.

Задача 6

Определить необходимую теплоизоляцию комплекта СИЗ и допустимое время непрерывного пребывания на холоде при температуре воздуха $t_b = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ в III климатическом регионе и выполнении физической работы с энерготратами $113 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Решение

1. Средневзвешенная температура кожи (табл. 4.24)

$$t_k = 36,07 - 0,0354 \cdot 113 = 32,1, \text{ }^\circ\text{C}.$$

2. Необходимая теплоизоляция комплекта СИЗ (табл. 4.25)
 $I_k = 0,36 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{м}^2$.

3. Комфортный уровень теплового потока при температуре воздуха $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ и выполнении физической работы с энерготратами $113 \text{ Вт}/\text{м}^2$
 $g_{\text{пк}} = 77,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (табл. 4.26).

4. Реальный уровень теплового потока с поверхности тела

$$g_{\Pi} = [32,1 - (-10)] / 0,36 \approx 117 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

5. Допустимое время непрерывного пребывания на холоде в данном комплекте СИЗ

$$t = 52 / (117 - 77,7) = 1,32 \text{ ч}.$$

Таблица 4.25

Требования к теплоизоляции комплекта одежды для защиты от холода

Климатический регион (пояс)	Средняя температура воздуха, °С	Наиболее вероятная скорость ветра, м/с	Должная теплоизоляция комплекта $I_{кв}$, °С · м ²	Теплоизоляция комплекта с учетом воздействия ветра и движения человека $I_{кв}$, °С · м ²			
				Воздухопроницаемость внешнего слоя одежды, дм ³ /(м ² · с)			
				10	20	30	
IA (особый)	-25	6,8	0,513	0,669	0,714	0,764	0,823
IB (IV)	-41	1,3	0,681	0,744	0,752	0,759	0,767
II (III)	-18	3,6	0,442	0,518	0,534	0,551	0,569
III (II)	-9,7	5,6	0,360	0,451	0,474	0,500	0,528

Таблица 4.26

Комфортный уровень теплового потока $g_{пк}$, Вт/м², при различных температуре воздуха и категории работ

Температура воздуха, °С	Энерготраты, Вт/м ² (категория работ)	
	88 (Iб)	113 (IIа)
-5	60,1	78,3
-10	59,6	77,7
-15	59,1	77,1
-20	58,6	76,4
-25	58,2	75,8
-30	57,7	75,1
-35	57,2	74,5
-40	56,7	73,9
		145 (IIб)
		102,1
		101,3
		100,5
		99,7
		98,9
		98,1
		97,3
		96,5

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде в часах (на открытой территории) в IА климатическом регионе («особый» климатический пояс) в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха определяют по табл. 4.27.

Таблица 4.27

Допустимая продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в IА климатическом регионе в зависимости от температуры воздуха и уровня энерготрат*

Температура воздуха, °С	Энерготраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	145 (IIб)
-10	Охлаждение через 2,8	Охлаждение поверхности тела отсутствует	Охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	1,8	Охлаждение через 5,6	-«-
-20	1,3	2,6	-«-
-25	1,0	1,7	-«-
-30	0,9	1,3	Охлаждение через 3,4
-35	0,7	1,0	2,0
-40	0,6	0,8	1,4

*Учтена наиболее вероятная скорость ветра (6,8 м/с).

Таблица 4.28

Допустимая продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в IБ климатическом регионе в зависимости от температуры воздуха и уровня энерготрат*

Температура воздуха, °С	Энерготраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	145 (IIб)
-10	Охлаждение поверхности тела отсутствует	Охлаждение поверхности тела отсутствует	Охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	Охлаждение через 7,1	-«-	-«-
-20	3,4	-«-	-«-
-25	2,3	-«-	-«-
-30	1,7	Охлаждение через 4,3	-«-
-35	1,4	2,5	-«-
-40	1,1	1,9	-«-

*Учтена наиболее вероятная скорость ветра (1,3 м/с).

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде в часах (на открытой территории) в IB климатическом регионе (IV климатический пояс) в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха определяют по табл. 4.28.

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде в часах (на открытой территории) во II климатическом регионе (III климатический пояс) в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха определяют по табл. 4.29.

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде в часах (на открытой территории) в III климатическом регионе (I и II климатические пояса) в зависимости от категории выполняемых работ и температуры воздуха определяют по табл. 4.30.

Таблица 4.29

Допустимая продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории во II климатическом регионе в зависимости от температуры воздуха и уровня энергозатрат*

Температура воздуха, °С	Энергозатраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	145 (IIб)
-10	Охлаждение через 1,7	Охлаждение через 4,6	Охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	1,2	2,2	-«-
-20	0,9	1,5	Охлаждение через 5,5
-25	0,8	1,1	2,4
-30	0,7	0,9	1,6
-35	0,6	0,7	1,1
-40	0,5	0,6	0,9

*Учтена наиболее вероятная скорость ветра (3,6 м/с).

Таблица 4.30

Допустимая продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в III климатическом регионе в зависимости от температуры воздуха и уровня энергозатрат*

Температура воздуха, °С	Энергозатраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	145 (IIб)
-5	Охлаждение через 1,4	Охлаждение через 3,0	Охлаждение поверхности тела отсутствует

Температура воздуха, °С	Энерготраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	145 (IIб)
-10	1,0	1,7	-«-
-15	0,8	1,1	Охлаждение через 2,7
-20	1,0	0,9	1,5
-25	0,7	0,7	1,1
-30	0,6	0,6	0,8
-35	0,5	0,5	0,7
-40	0,4	0,4	0,6

*Учтена наиболее вероятная скорость ветра (5,6 м/с).

Применительно к нестандартным ситуациям работа на открытой территории и в помещении, в нагревающей и охлаждающей среде различной продолжительности и физической активности требует отдельной их оценки.

В случае когда в течение рабочей смены работник находится на различных рабочих местах, характеризующихся различным уровнем термического воздействия, класс условий труда определяется применительно к каждому уровню и оценивается наибольшей величиной при условии продолжительности пребывания на этом (худшем) рабочем месте большей или равной 50 % рабочей смены. В иных случаях класс условий труда определяется как средневзвешенная величина с учетом продолжительности пребывания на каждом рабочем месте.

Задача 7

В течение 80 % смены транспортировщики подвергаются воздействию повышенных температур, а 20 % смены заняты в помещениях с охлаждающим микроклиматом. По интенсивности энерготрат их работа относится к категории IIа (СанПиН 2.2.4.548–96).

Оценить условия труда отдельно нагревающего и охлаждающего микроклимата.

Решение

1. Определим ТНС-индекс при работе в условиях повышенных температур. Он равен 26,2 °С, что в соответствии с табл. 4.23 характеризует условия труда как вредные второй степени (класс 3.2).

2. Температура воздуха в холодном помещении 8 °С, что согласно Руководству Р 2.2.2006–05 соответствует четвертой степени вредности (класс 3.4).

3. Рассчитываем средневзвешенную величину степени вредности, умножая процент занятости в данных условиях на коэффициент:

- для 3.1 класса условий труда – 1;
- для 3.2 класса условий труда – 2;
- для 3.3 класса условий труда – 3;
- для 3.4 класса условий труда – 4;
- для 4 класса условий труда – 5.

В нашем примере $(80 \cdot 2 + 20 \cdot 4)/100 = 2,4$ – степень вредности между классами 3.2 и 3.3. Так как организм работника подвергается действию температурного перепада, то степень вредности округляем в большую сторону.

Вывод: условия труда транспортировщика по показателям микроклимата относятся к классу 3.3.

Задача 8

Среднесменная температура воздуха на рабочем месте составляет 15 °С, а скорость движения воздуха – 0,6 м/с. При этом работник выполняет работу категории 1б.

Оценить условия труда работника.

Решение

1. Поскольку скорость движения воздуха на рабочем месте превышает 0,1 м/с, то исходя из охлаждающего действия ветра эквивалентная температура воздуха

$$T_{\text{экв}} = 15 - (0,6 - 0,1) 0,2 = 14 \text{ °С},$$

т. е. класс условий труда работника, выполняющего работу категории 1б, при скорости движения воздуха 0,6 м/с и температуре воздуха, равной 15 °С, относится к вредному – 3.3.

Задача 9

Необходимо определить класс условий труда оператора в холодный период года при выполнении им работы категории 1б. При этом зафиксировано, что в течение рабочей смены трудовая деятельность оператора осуществляется в трех помещениях:

- четыре часа оператор работает в оптимальном микроклимате;
- два часа оператор работает при среднесменной температуре воздуха на рабочем месте 15 °С, скорость движения воздуха – 0,2 м/с;
- два часа оператор работает при среднесменной температуре воздуха на рабочем месте 12 °С, скорость движения воздуха – 0,4 м/с.

Решение

1. Поскольку первые четыре часа оператор работает в оптимальном микроклимате (СанПиН 2.2.4.548–96), т. е. класс условий труда на этом рабочем месте оценивается как вредный – степенью 3.1.

2. На втором рабочем месте эквивалентная температура с учетом превышения скорости ветра на 0,2 м/с

$$T_{\text{экв2}} = 15 - 0,2 \cdot 0,2 = 14,96 \text{ } ^\circ\text{C},$$

т. е. соответствует вредному классу условий труда – степенью 3.3.

3. На третьем рабочем месте эквивалентная температура с учетом превышения скорости ветра на 0,2 м/с

$$T_{\text{экв3}} = 12 - 0,2 \cdot 0,4 = 11,92 \text{ } ^\circ\text{C},$$

т. е. соответствует вредному классу условий труда – степенью 3.4.

Контроль микроклиматических условий

Контроль микроклиматических условий является важной составной частью санитарного надзора при решении следующих задач:

составлении подробной характеристики условий труда работников;
изучении состояния здоровья и заболеваемости работников;
гигиенической оценке новых технологических процессов, установок, машин, оборудования;

оценке эффективности вентиляции и других санитарно-технических устройств и оздоровительных мероприятий;
аттестации рабочих мест по условиям труда.

Контроль микроклиматических условий проводят как непосредственно на рабочем месте, так и в пределах рабочей зоны с учетом особенностей технологического процесса. Выбор точек для измерения параметров микроклимата производят в зависимости от задач проводимого исследования с учетом приведенных выше особенностей и от соблюдения общих правил:

измерение составляющих микроклимата проводят на постоянных рабочих местах, а в местах временного их пребывания – лишь температуры воздуха и ограждающих поверхностей;

измерения проводят на уровне груди, т. е. на высоте 1,25–1,5 м от пола или рабочей площадки, а ТНС-индекса – на трех уровнях: головы,

живота, лодыжек (рис. 4.19), в разные смены, дни недели, месяцы года, так как параметры микроклимата колеблются во времени;

количество измерений должно быть достаточным для проведения статистически достоверного контроля;

инструменты и приборы для замеров закрепляют на специальных штативах, не размещая их вблизи нагретых и холодных поверхностей.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха используют измеритель (рис. 4.20).

Скорость движения воздуха V измеряют с помощью анемометра: крыльчатого (рис. 4.21), в котором лопасти пропеллерного типа вращаются под напором воздуха пропорционально V ;

чашечного (рис. 4.22) в конструкции которого используется вращающаяся под напором воздуха пропорционально V лопасть с прикрепленными к ней полусферическими чашечками;

электронного (рис. 4.23), конструктивно выполненного на базе микроэлектронных элементов.

В производственных помещениях, в которых площадь пола на одного работника составляет $> 100 \text{ м}^2$, температура и относительная влажность воздуха вне постоянных рабочих мест не нормируются, а скорость движения воздуха в холодный и переходный периоды года не должна превышать 1 м/с.

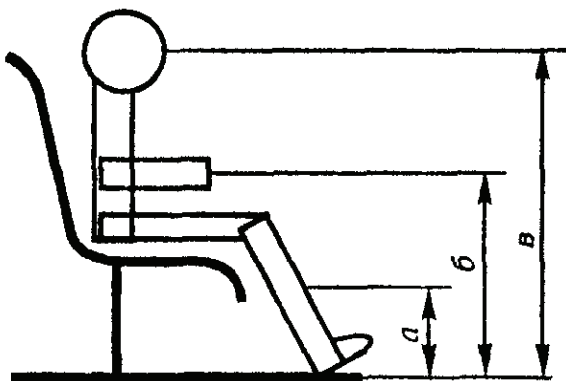


Рис. 4.19. Уровни определения ТНС-индекса: a – лодыжки; b – живот; c – голова



Рис. 4.20. Измеритель влажности и температуры

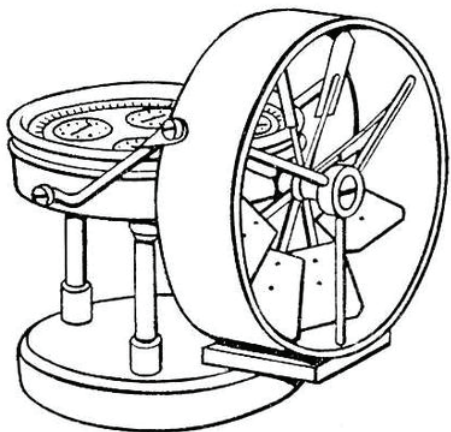


Рис. 4.21. Крыльчатый анемометр

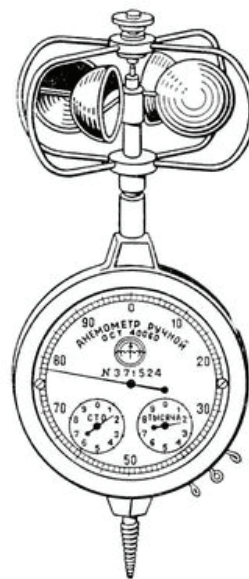


Рис. 4.22. Чашечный анемометр



Рис. 4.23. Электронный анемометр



Рис. 4.24. Шаровой термометр

В отапливаемых производственных помещениях, а также в помещениях со значительными избытками явного тепла, где площадь пола на каждого работника составляет от 50 до 100 м², допускается в холодный и переходный периоды года понижение температуры воздуха вне постоянных рабочих мест: до 12 °С – при легких работах, до 10 °С – при работах средней тяжести и до 8 °С – при тяжелых работах.

Для оценки совместного действия параметров микроклимата (ТНС-индекса) используют шаровой термометр (рис. 4.24).

Контроль теплового состояния человека

Температуру телу измеряют в прямой кишке t_p на глубине 10–15 см в течение 3–5 мин с использованием датчиков и регистрирующих устройств с точностью не меньше чем 0,1 °С.

Температуру кожи измеряют на 11 участках поверхности тела – лба, груди, спины, живота, поясницы, плеча, тыла кисти, верхней и нижней части бедра, голени, тыла стопы. Средневзвешенная температура кожи $t_{ск}$ исходя из 11-точечной системы контроля

$$t_{ск} = 0,0886t_1 + 0,34 \cdot \frac{t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{4} + 0,134t_6 + \\ + 0,045t_7 + 0,203 \cdot \frac{t_8 + t_9}{2} + 0,125t_{10} + 0,0644t_{11},$$

где t_1, t_2, \dots, t_{11} – соответственно температура поверхности кожи в указанных выше 11 точках.

В производственных условиях допустимо измерение на пяти участках тела: лоб, грудь, тыл кисти, середина наружной поверхности бедра, голень. Исходя из 5-точечной системы контроля $t_{ск}$ рассчитывают по формуле

$$t_{ск} = 0,07t_1 + 0,5t_2 + 0,05t_7 + 0,18t_8 + 0,20t_{10}.$$

Используют средства измерения (датчики, регистрирующую аппаратуру), позволяющие определить температуру кожи $t_{ск}$ с точностью не $< \pm 0,2$ °С. При проведении исследований в производственных условиях температуру кожи у рабочих измеряют непосредственно на рабочем месте после выполнения типичных операций (по истечении не более

2–3 мин после окончания работы). Предпочтение в охлаждающей среде отдают измерению температуры кожи с помощью датчиков, укрепленных на все время обследования. В нагревающей среде температуру кожи измеряют путем прикладывания датчика к поверхности тела либо с помощью эластичной ленты (специального эластичного костюма и т. п.), либо путем использования клеящего материала.

Среднюю температуру тела $t_{ст}$ рассчитывают из значений температуры t_p и средневзвешенной температуры кожи $t_{ск}$.

Теплосодержание в организме $Q_{тс}$ определяют по формуле

$$Q_{тс} = C \cdot t_{ст}, \text{ кДж/кг},$$

где C – теплоемкость тканей организма, в расчетах C принимают равной 3,48 кДж/кг · °С (0,83 ккал · °С/кг).

Изменение теплосодержания $\Delta Q_{тс}$ определяют по формуле

$$\Delta Q_{тс} = C \cdot \Delta t_{ст}, \text{ кДж/кг}.$$

Для определения $\Delta Q_{тс}$ допускается также использовать данные температуры тела, измеренной под языком $t_я$, в подмышечной впадине $t_м$, слуховом проходе $t_с$. Не рекомендуется измерять температуру тела под языком при отрицательных температурах. Продолжительность одномоментного измерения температуры тела в подмышечной впадине, под языком, внутри слухового прохода – не менее 5 мин.

В случае невозможности обеспечения данных условий до начала проведения исследований в качестве комфортной (для состояния относительного покоя) ректальная температура тела принимается равной 37,1 °С, подмышечная – 36,6 °С, слухового прохода – 36,8 °С, подъязычная – 36,9 °С, средневзвешенная температура кожи – 33,2 °С.

Энерготраты $Q_{эт}$ определяют по величине объема легочной вентиляции с учетом калорического коэффициента воздуха:

$$Q_{эт} = 0,232 \cdot \lambda, \text{ Вт},$$

где λ – объем легочной вентиляции, дм³/ч, приведенный к нормальному объему при температуре воздуха $t_в$, атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

Влагодотери определяют путем взвешивания работника без одежды на медицинских весах. При повторном взвешивании изменение веса компенсируют за счет используемого в первом взвешивании набора гирей. Изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) – $\Delta\text{ЧСС}$ – опре-

деляют по отношению к ЧСС, зарегистрированной у человека, находящегося в условиях теплового комфорта, в состоянии относительного покоя, в положении сидя. Для ориентировочных расчетов в качестве исходной принимают ЧСС, равную 72 уд./мин.

Измеренные показатели теплового состояния организма сравнивают с допустимыми значениями с целью разработки мероприятий по предупреждению перегревания или переохлаждения работающих.

Первая помощь при солнечном, тепловом ударе и переохлаждении

При оказании первой помощи при солнечном и тепловом ударе пострадавшего необходимо прежде всего вывести или перенести в тень, холод. Уложив его на спину и придав голове возвышенное положение, надо расстегнуть одежду и расслабить пояс. Тело полезно обтереть холодной водой, а на лоб и в те места, где проходят крупные сосуды (на боковые поверхности шеи, подмышечные впадины, паховые области) положить платок, косынку, футболку и т. п., смоченные в холодной воде. Для возбуждения дыхания необходимо поить человека холодной водой.

Если пострадавший без сознания, надо дать понюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом или одеколоном, и растереть виски.

Чтобы усилить приток крови к сердцу и голове, необходимо поднять вверх правую руку пострадавшего, а левую ногу, приподняв, туго забинтовать от пальцев до бедра шарфом, широким поясом или другими подручными средствами. Через 15 мин повязку снять и повторить процедуру, поменяв положение его рук и ног. Если началась рвота, необходимо повернуть голову пострадавшего набок, чтобы рвотные массы не попали в дыхательные пути. При нарушении сердечной деятельности необходимо дать пострадавшему 20–40 капель кордиамина или валокордина в небольшом количестве воды.

При переохлаждении растирать обмороженное место можно сухой варежкой, суконкой, носовым платком или просто ладонью. После этого обмороженное место следует завязать теплым платком или шарфом. При появлении на коже пузырей или признаков омертвления тканей растирание производить нельзя, нужно наложить стерильную повязку. При обморожении пальцев рук или ног после кратковременного растирания (в направлении к туловищу) их следует опустить в воду комнатной температуры, а затем постепенно в течение 15–20 мин доводить температуру до температуры тела – 37 °С.

После отогревания в пораженном участке ощущается боль, покраснение, кожа краснеет. Обмороженный участок кожи нужно растереть и наложить на него теплоизолирующую повязку. На конечности необходимо наложить шины Крамера или шины из подручных средств, обеспечить покой, повязку оставить до появления чувства жара, тепла, дать аспирин, анальгин, крепкий горячий чай, кофе.

При общем переохлаждении с потерей сознания – наложить на зону обморожения теплоизолирующую повязку и пр. Следует обеспечить покой, срочно госпитализировать, обувь не снимать, ноги утеплить.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое микроклиматические условия?
2. Каково действие микроклиматических условий на организм человека?
3. Что такое ТНС-индекс?
4. Что понимается под тепловым обменом в организме человека в результате жизнедеятельности и каковы причины его нарушения?
5. Что учитывают при нормировании микроклиматических условий?
6. Перечислите основные методы и средства нормализации микроклиматических условий.
7. Каковы цели и задачи контроля микроклиматических условий?
8. Назовите приборы для измерения микроклиматических условий и охарактеризуйте принцип их работы.
9. Как производят оценку теплового состояния организма человека?
10. Перечислите основные требования к теплоизоляции СИЗ при выполнении работ в условиях охлаждающего микроклимата.
11. Как следует оказывать первую помощь при солнечном, тепловом ударе и переохлаждении?

4.3. Вентиляция

Вентиляция – это организованный и регулируемый воздухообмен в помещении для удаления избыточного тепла, влаги, вредных и других веществ, а также улучшающий микроклиматические условия в обслуживаемой или рабочей зоне.

Тепло, поступающее в помещение от солнечной радиации, оборудования, нагретых изделий, от находящихся в помещении людей и т. д., называют *теплопоступлениями*.

Количество тепла, необходимое на нагревание воздуха, который удаляется через неплотности строительных конструкций, ограждения кабины, холодного воздуха, поступающего через открытые проемы, а также на нагревание поступающих в помещение материалов, транспортных средств и т. д., называют *теплопотерями*.

Избыточным теплом (теплоизбытками) называют разность суммарных теплопоступлений и суммарных теплопотерь помещения.

В любое время года через неплотности в строительных конструкциях (дверях, окнах, форточках, фрамугах и др.) в помещения непрерывно поступает наружный воздух и удаляется загрязненный. Такой воздухообмен невозможно регулировать и поэтому он называется неорганизованным в отличие от регулируемого воздухообмена, осуществляемого вентиляцией. Поступление наружного воздуха через ограждающие строительные конструкции в помещение называют *инфильтрацией*, а внутреннего воздуха наружу – *экофильтрацией*.

Назначение вентиляции и ее классификация

По своему назначению вентиляция бывает:

рабочая – создает необходимые микроклиматические условия, санитарно-гигиеническое, пожаро- и взрывобезопасное состояние воздушной среды;

аварийная – обеспечивает воздухообмен при внезапном поступлении значительного количества вредных веществ, горючих газов, паров, аэрозолей.

По способу побуждения движения воздуха вентиляцию подразделяют на естественную и искусственную.

В помещениях с естественным освещением их световыми проемами в наружных ограждениях с объемом на каждого работающего 20 м^3 или 40 м^3 (для общественных или производственных помещений соответственно) используют естественную вентиляцию через фрамуги, форточки. При естественной вентиляции воздухообмен происходит (рис. 4.25) за счет разности плотностей воздуха наружного и внутреннего (тепловой напор).

Так как теплый воздух легче холодного, то он поднимается вверх, уступая место холодному. Естественную вентиляцию применяют в жилых

и общественных зданиях, бытовых и административных помещениях промышленных сооружений, а также для удаления избытков тепла. Воздухообмен в таких цехах происходит при открывании фрамуг, расположенных вверху и внизу, и зависит от высоты зданий, их формы в плане и расположения по отношению к направлению господствующих в данной местности ветров. Открывая фрамуги в определенном месте, можно регулировать направление и скорость движения воздуха, а следовательно, и воздухообмен в помещении.

Кроме теплового напора воздухообмен при естественной вентиляции осуществляется и за счет воздействия ветра (ветрового напора). На поверхностях здания, обращенного к направлению ветра (рис. 4.26), создаются избыточные давления, а на других его сторонах – пониженное (по сравнению с окружающей атмосферой).

Организованный естественный воздухообмен, осуществляемый за счет разности плотностей наружного и внутреннего воздуха и (или) воздействия ветра, называют *аэрацией*. Удаление воздуха из помещения осуществляется по вытяжным трубам (каналам) через дефлекторы (рис. 4.27, з), представляющие собой насадки различной конструкции.

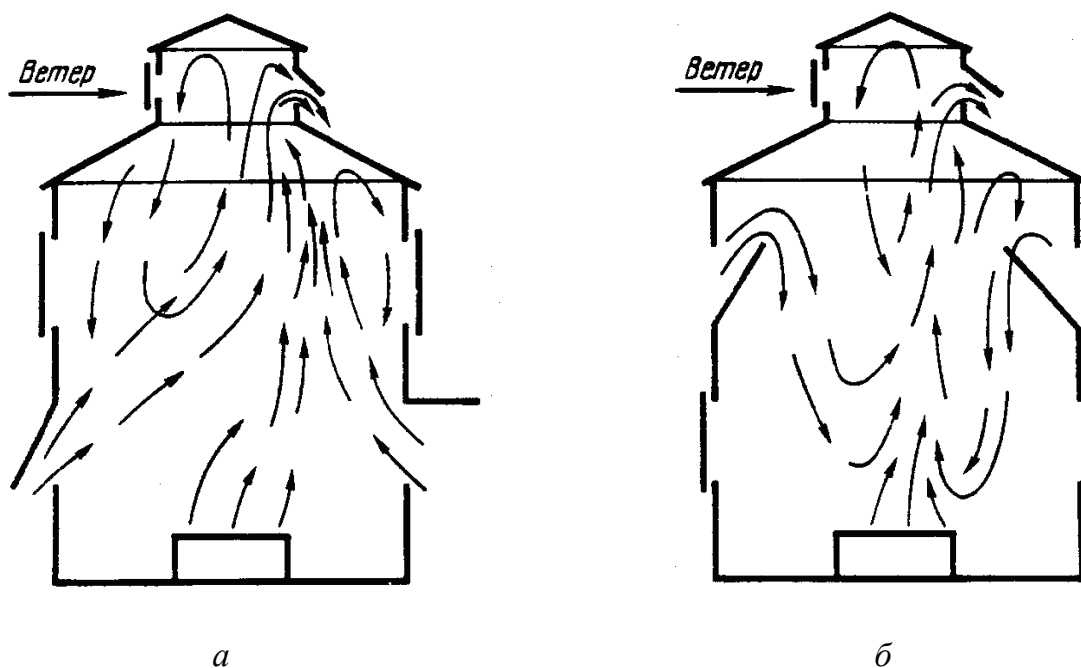


Рис. 4.25. Схема естественной вентиляции:
а – в теплый период года; б – в холодный период года

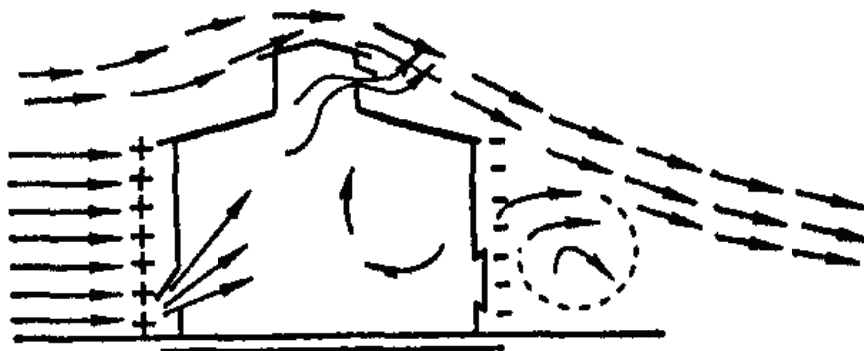


Рис. 4.26. Схема аэрации под воздействием ветрового напора

Дефлектор состоит из патрубка, верхнюю часть которого охватывает обечайка. Зонт закрывает вытяжную трубу от атмосферных осадков. На уровне низа обечайки к патрубку прикреплен конус, который предотвращает проникновение ветра внутрь дефлектора. Поток ветра, ударяясь о поверхность дефлектора и обтекая ее, создает пониженное по сравнению с атмосферным давление, в результате чего по вытяжной трубе вверх движется воздух, который затем выходит наружу через две кольцевые щели между обечайками и краями конуса. Эффективность работы дефлектора зависит от скорости ветра, высоты установки, а также от конструктивных особенностей дефлектора и длины вытяжной трубы.

Преимуществами естественной вентиляции являются простота, невысокая стоимость устройства и эксплуатации, а недостатками – невозможность обработки наружного воздуха (увлажнения, подогрева, подсушивания и др.), трудности равномерной его подачи в рабочую зону и удалении вредных непосредственно от мест их образования.

Искусственную вентиляцию предусматривают в том случае, когда микроклиматические условия и чистота воздуха не могут быть обеспечены естественной вентиляцией, а также для помещений и рабочих зон без естественного проветривания.

При искусственной вентиляции воздух перемещается по воздуховодам осевыми, центробежными вентиляторами либо эжекторными установками (рис. 4.27).

Вентиляция может быть:

вытяжной – удаляет загрязненный, загазованный воздух с избыточным теплом и влагой в атмосферу;

приточной – обеспечивает подачу наружного воздуха;

приточно-вытяжной – одновременно подает наружный воздух и организованно удаляет внутренний воздух.

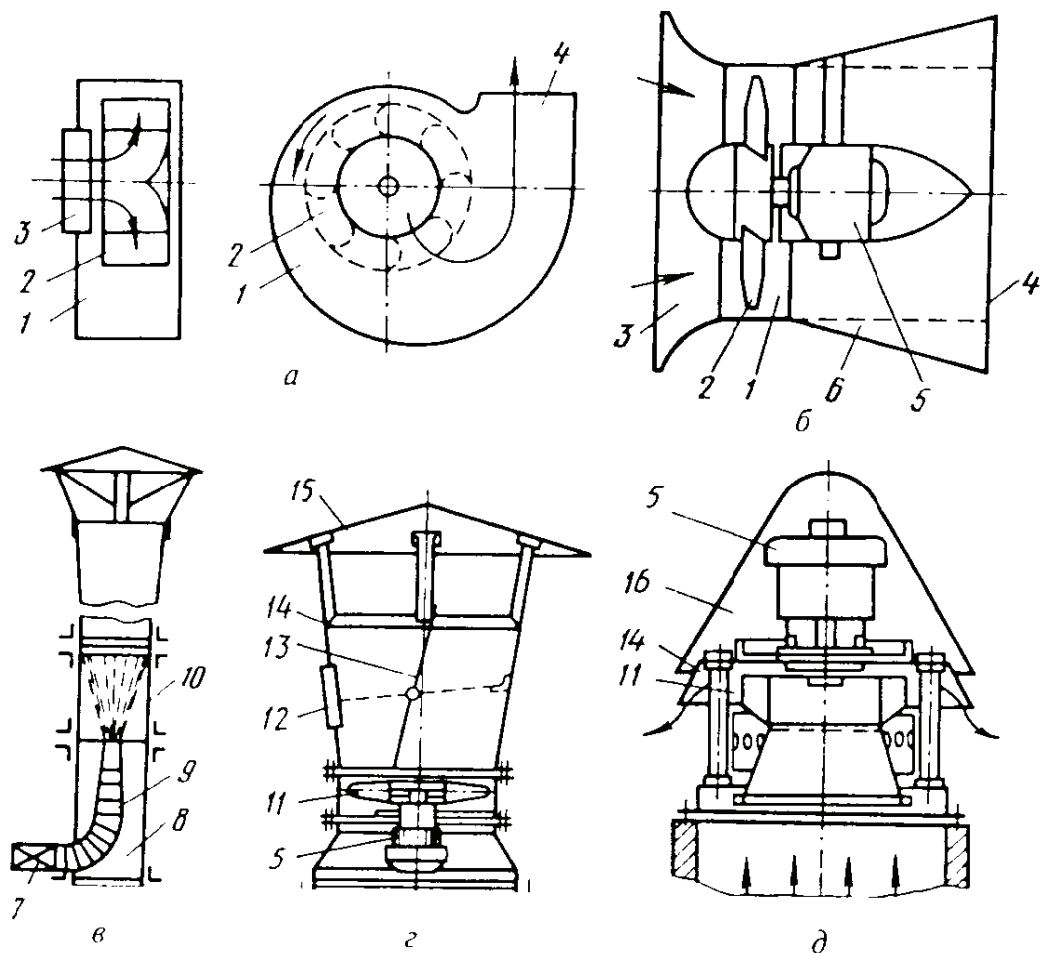


Рис. 4.27. Схема побудителей движения воздуха в системах искусственной вентиляции: *а* – центробежный вентилятор; *б* – осевой вентилятор; *в* – эжекторная установка; *г* – осевой крышной вентилятор; *д* – центробежный крышной вентилятор; *1* – корпус; *2* – лопастное колесо; *3* – входное отверстие; *4* – выходное отверстие; *5* – электродвигатель; *6* – диффузор; *7* – воздуховод от вентилятора или компрессора; *8* – вытяжной канал; *9* – сопло, подающее сжатый воздух; *10* – воздухонагнетательный канал; *11* – рабочее колесо; *12* – люк; *13* – самооткрывающийся клапан; *14* – кожух; *15* – зонт; *16* – откидной колпак

В зависимости от способа организации воздухообмена вентиляция бывает общеобменная и местная.

Общеобменная вентиляция предназначена для удаления из помещений вредных веществ, газов, пыли, избыточной влаги, теплоты, если они распространяются по всему помещению и нет возможности удалить их в местах выделения или образования.

При общеобменной приточной механической вентиляции (рис. 4.28) вне здания на высоте 2,0–2,5 м от поверхности земли устраивают воздухоприемник (шахту) *1* для забора чистого воздуха.

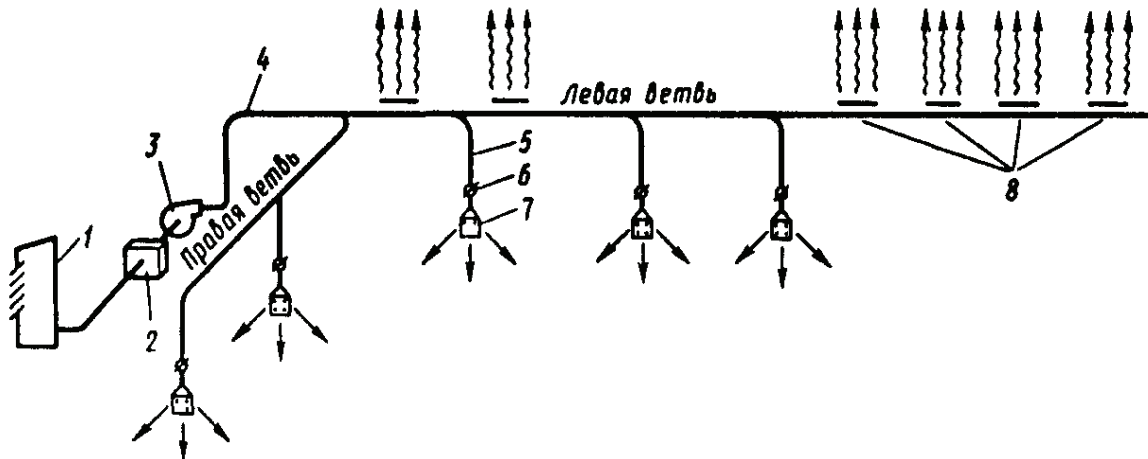


Рис. 4.28. Механическая общеобменная приточная система вентиляции:
 1 – воздухозаборное устройство; 2 – калорифер; 3 – вентилятор;
 4 – нагнетающий воздуховод; 5 – ответвления; 6 – заслонка; 7 – насадки
 для направления воздуха; 8 – отверстия в приточном воздуховоде

Он засасывается вентилятором, проходит через калорифер 2, нагревается, далее увлажняется и в отдельных случаях подсушивается. После этого воздух подается по системе каналов в верхнюю зону помещения и по ответвлениям со специальными насадками 7 для направления приточного воздуха в нижнюю зону помещения. Для регулирования количества подаваемого воздуха в ответвлениях устанавливают клапаны, заслонки, шиберы.

При общеобменной вытяжной механической вентиляции (рис. 4.29) загрязненный или перегретый воздух удаляется через сеть воздуховодов. Чистый воздух подсасывается естественным путем через неплотности строительных конструкций, двери, окна. Если воздух подают в помещение по замкнутой схеме с частичным забором наружного воздуха и частичным подмешиванием воздуха из помещения, то такую систему вентиляции называют *рециркуляционной* (рис. 4.30).

В системах вентиляции с притоком воздуха и в системах с рециркуляцией необходима очистка приточного воздуха в фильтрах из стекловолокна, синтетических волокон или угольных, так как основной объем вредных веществ поступает в здания и сооружения извне.

Фильтры подразделяют на классы по назначению и эффективности (табл. 4.31) на фильтры общего назначения (фильтры грубой очистки, фильтры тонкой очистки) и фильтры, обеспечивающие специальные требования к чистоте воздуха (фильтры высокой эффективности, фильтры сверхвысокой эффективности).

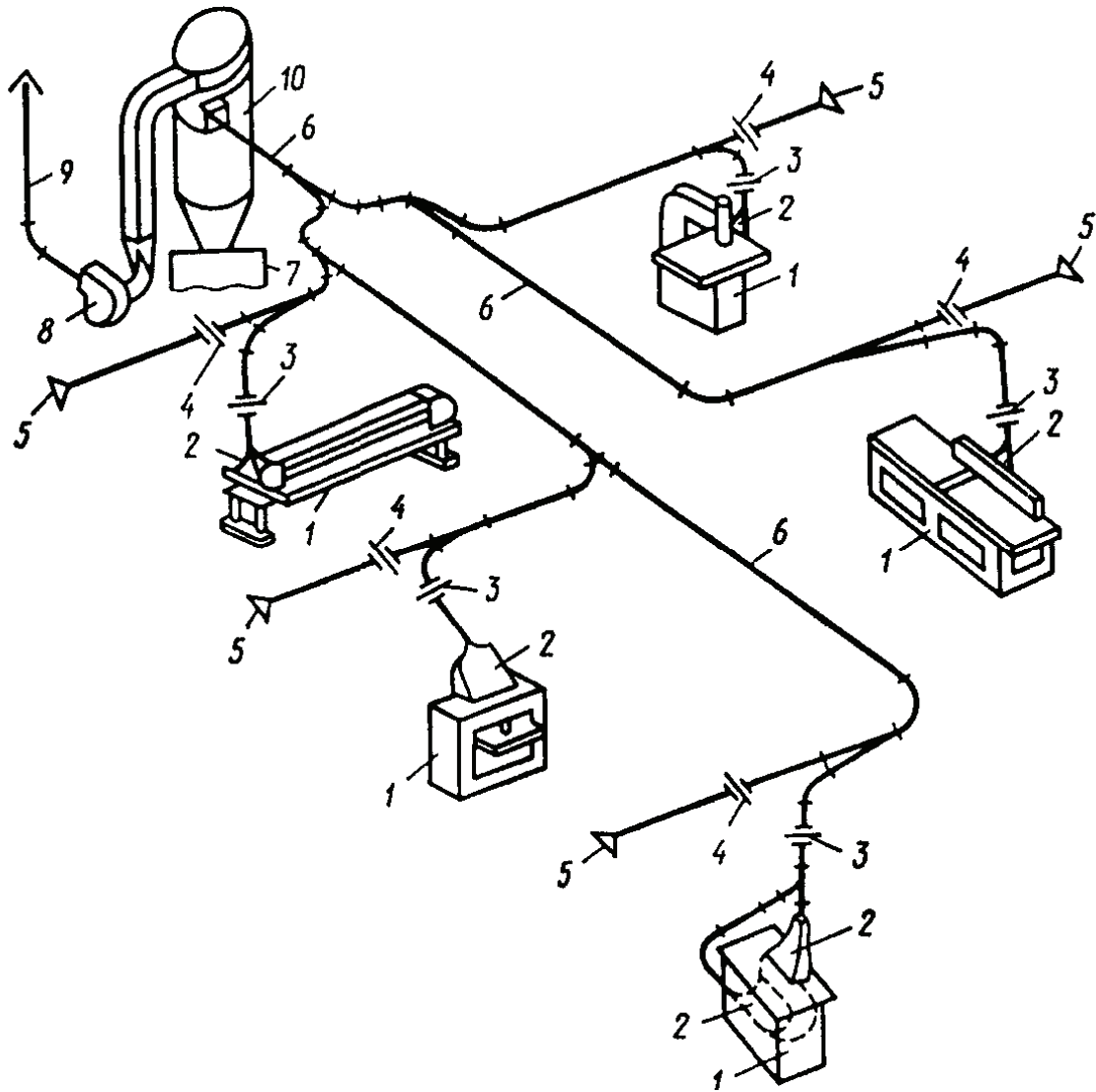


Рис. 4.29. Механическая общеобменная вытяжная система вентиляции:
 1 – станки; 2 – стружко- и пылеприемники; 3, 4 – шиберы; 5 – паро-, газо- и пылеприемники, удаляющие загрязнения из верхней зоны помещения; 6 – воздуховоды; 7 – бункер; 8 – вентилятор; 9 – вытяжная шахта; 10 – циклон

Основными характеристиками фильтров являются:
 эффективность очистки, которую определяют по счетной концентрации наиболее проникающих частиц до и после фильтра, %;
 начальное сопротивление – сопротивление совершенно чистого фильтра воздушному потоку, значение которого лежит между 80 и 120 Па.
 Фильтры грубой очистки устанавливают перед воздухонагревателями для уменьшения концентрации вредных веществ при невысоких требованиях к чистоте воздуха, они задерживают частицы размером > 5 мкм, не очищая воздух от частиц размером < 2 мкм (например частиц сажи).

Для этого в системах притока воздуха после фильтров грубой очистки в качестве второй ступени устанавливают фильтры тонкой очистки. Самые лучшие фильтры тонкой очистки эффективно задерживают частицы крупнее 0,1 мкм и поэтому обеспечивают улавливание многих веществ из наружного воздуха. Фильтры, обеспечивающие специальные требования к чистоте воздуха, устанавливают перед воздухораспределительными устройствами или совмещают с ними в помещениях в качестве третьей ступени очистки.

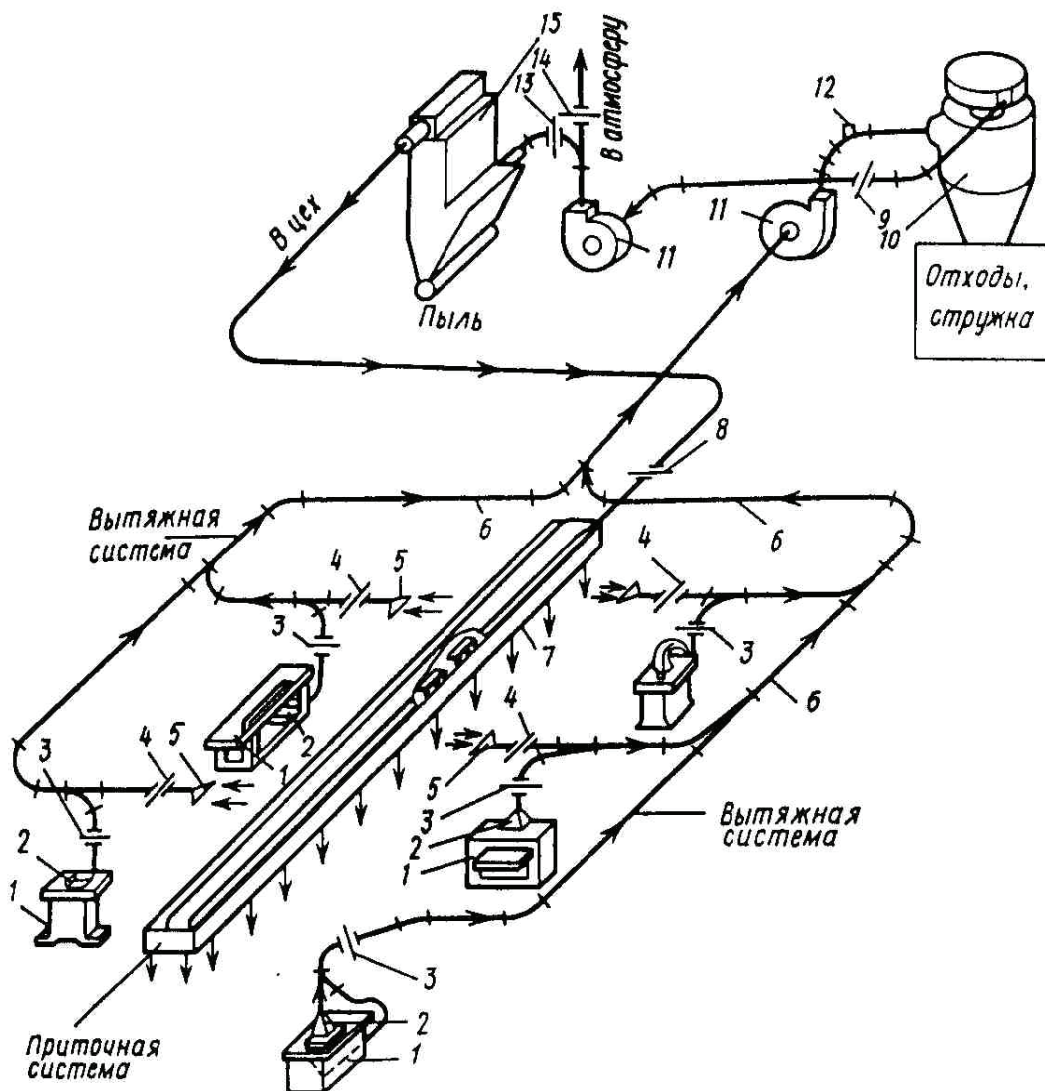


Рис. 4.30. Механическая общеобменная приточно-вытяжная система вентиляции с рециркуляцией: 1 – станки; 2 – стружкоприемники; 3, 4, 8, 9, 13, 14 – шиберы; 5 – паро-, газо- и пылеприемники, удаляющие загрязнения из верхней зоны помещения; 6 – магистральные воздуховоды; 7 – воздухораспределители рециркулируемого воздуха; 10 – циклон; 11 – вентиляторы; 12 – клапан; 15 – фильтр

Таблица 4.31

Обозначение класса фильтров

Группа фильтров	Класс фильтра	Эффективность очистки, %
Фильтры грубой очистки	G1	Менее 65
	G2	От 65 до 80
	G3	От 80 до 90
	G4	Более 90
Фильтры тонкой очистки	F5	От 40 до 60
	F6	От 60 до 80
	F7	От 80 до 90
	F8	От 90 до 95
	F9	Более 95
Фильтры высокой эффективности	H10	85
	H11	95
	H12	99,5
	H13	99,95
	H14	99,995
Фильтры сверхвысокой эффективности	U15	99,9995
	U16	99,99995
	U17	99,999995

Во время работы фильтр постепенно загрязняется, перепад давления увеличивается, достигая конечного значения, при котором очистка воздуха неэффективна, фильтр становится непригодным к дальнейшему использованию и подлежит замене. Рекомендуемое значение конечного сопротивления для фильтров грубой очистки составляет 250 Па, фильтров тонкой очистки – 450 Па, для фильтров, обеспечивающих специальные требования к чистоте воздуха, – 600 Па.

Периодичность замены фильтров составляет:

для первой ступени – через 2000 ч эксплуатации или срок максимум в один год после установки, когда достигнуто конечное значение перепада давления;

фильтров второй или третьей ступени – через 4000 ч эксплуатации или срок максимум в два года после установки, когда достигнуто конечное значение перепада давления;

фильтров рециркуляции воздуха – через 4000 ч эксплуатации или срок максимум в два года после установки, когда достигнуто конечное значение перепада давления.

Замену угольных фильтров рекомендуется производить через один год после установки или после 5000 ч эксплуатации.

Для исключения микробного размножения конструкция фильтра должна быть такой, чтобы относительная влажность воздуха никогда не превышала 90 %.

Местную вытяжную вентиляцию (аспирацию, бортовые отсосы, вытяжные шкафы и др.) применяют в тех случаях, когда необходимо удалить вредные вещества непосредственно от места их выделения или образования.

Бортовые отсосы устраивают в виде сплошной щели по бортам производственных ванн (рис. 4.31, б), представляющих собой открытые резервуары, наполненных жидкостью с различными растворами, которые, испаряясь в виде паров, газов, загрязняют воздух. При ширине ванны до 0,7 м применяют однобортовые отсосы, а при большей ширине – двухбортовые.

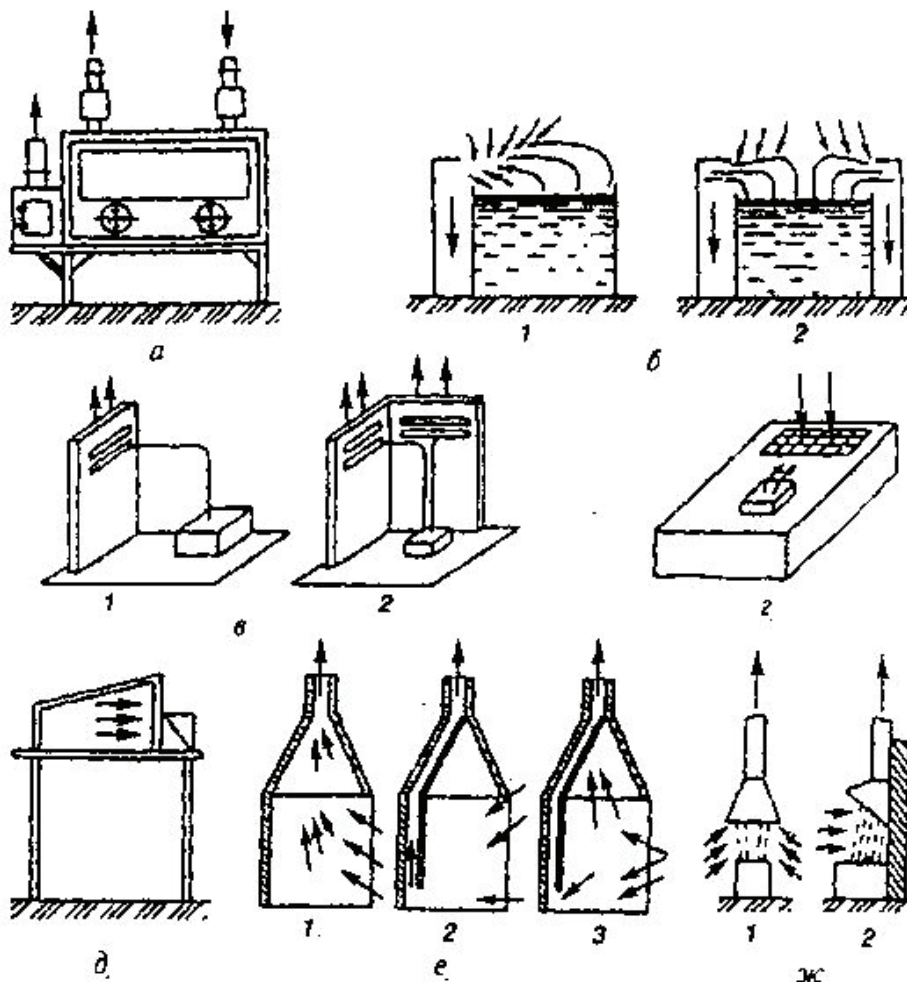


Рис. 4.31. Устройства местной вентиляции: а – укрытие-бюкс; б – бортовые отсосы (1 – однобортовой, двухбортовой); в – боковые отсосы (1 – односторонний, 2 – угловой); г – отсос от рабочих столов; д – отсос витражного типа; е – вытяжные шкафы (1 – с верхним отсосом, 2 – с нижним отсосом), 3 – с комбинированным отсосом); ж – вытяжные шкафы (1 – прямой, 2 – наклонный)

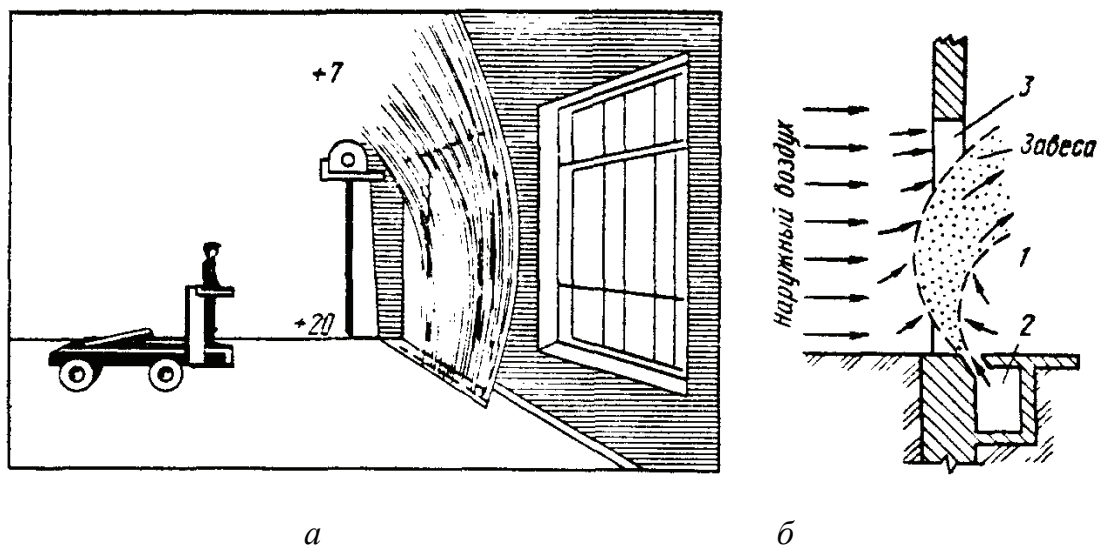


Рис. 4.32. Воздушная завеса: *а* – общий вид; *б* – схема устройства воздушной завесы; 1 – помещение цеха; 2 – нагнетательный канал; 3 – входной проем

Когда источник выделения находится внутри укрытия, местный отсос называют *вытяжным шкафом*, который ограничивает стенками зону распространения вредных веществ, а принудительным засасыванием воздуха внутрь предотвращает попадание их через проемы и щели в помещение (рис. 4.31, *е*).

Чтобы в холодный период года в здания через ворота и дверные проемы не попадал наружный воздух, устраивают *воздушную завесу* (рис. 4.32) в виде струи воздуха, поступающего из щелей, расположенных сбоку входных проемов. Воздух забирают вентилятором из верхних нагретых зон помещения или снаружи и подогревают. Воздушную завесу применяют и для изоляции помещений, сообщающихся между собой через открытые проемы.

Определение необходимого воздухообмена при естественной вентиляции

Естественную вентиляцию для производственных помещений рассчитывают на разность удельных весов наружного и внутреннего воздуха на действие ветра при скорости, равной 1 м/с в теплый период года, для помещений без теплоизбытков.

Общая величина теплового напора

$$H_T = h \cdot g \cdot (\gamma_n - \gamma_v), \text{ Па,}$$

где h – расстояние между центрами верхних и нижних фрамуг, м; γ_n – удельный вес стандартного воздуха (при температуре $+10\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 760 мм рт. ст.), $\gamma_n = 1,248\text{ кг/м}^3$; γ_v – удельный вес внутреннего воздуха, кг/м^3 .

Общая величина ветрового напора

$$H_v = R_a \cdot v \cdot \gamma_n / 2, \text{ Па},$$

где R_a – аэродинамический коэффициент, учитывающий конфигурацию здания (на наветренной стороне здания $R_a = 0,70\text{--}0,85$, на подветренной стороне $R_a = 0,30\text{--}0,45$); v – скорость ветра, м/с.

Объем воздуха, проходящий через фрамуги, форточки,

$$L_e = \mu \cdot F \cdot v_v \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где μ – коэффициент расхода; для открытых проемов и створных переплетов, открытых на угол 90° – $\mu = 0,65$, на 45° – $\mu = 0,44$, на 30° – $\mu = 0,32$; F – площадь проема, м^2 ; v_v – скорость воздуха, м/с.

На основании полученных данных определяют площадь приточных и вытяжных проемов.

Задача 10

Определить объем удаляемого и приточного воздуха в помещении, где выделяется $q = 24$ кг паров ацетона в 1 ч, а также площадь приточных и вытяжных проемов при следующих условиях: нижний предел взрывоопасной концентрации – $62,5\text{ г/м}^3$; расстояние между осями нижних и верхних проемов – 3 м; нижние и верхние створки фрамуг открыты на угол 90° ; пары ацетона в приточном воздухе отсутствуют, т. е. $C_0 = 0\text{ мг/м}^3$; ПДК ацетона в воздухе рабочей зоне $C_{\text{ПДК}} = 200\text{ мг/м}^3$; удельный вес внутреннего воздуха $\gamma_v = 1,169\text{ кг/м}^3$; удельный вес наружного воздуха $\gamma_n = 1,205\text{ кг/м}^3$.

Решение

1. Максимальное количество воздуха, которое необходимо подать в помещение,

$$L = q \cdot 10^6 / (C_{\text{ПДК}} - C_0) = 24 \cdot 10^6 / (200 - 0) = 120000\text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Общая величина теплового напора

$$H_T = h \cdot g \cdot (\gamma_n - \gamma_v) = 3 \cdot 10 \cdot (1,205 - 1,169) = 1,08\text{ Па};$$

3. Принимая разность давлений на уровне верхних H_B и нижних H_H фрамуг одинаковой, получаем

$$H_H = H_B = H_T/2 = 1,08/2 = 0,54 \text{ Па};$$

4. При этой разности давлений скорость движения воздуха равна: в приточных отверстиях

$$v_{пр} = [(2 \cdot H_T)/\gamma_H]^{1/2} = [(2 \cdot 0,54)/1,205]^{1/2} = 0,94 \text{ м/с};$$

в вытяжных отверстиях

$$v_B = [(2 \cdot H_T)/\gamma_B]^{1/2} = [(2 \cdot 0,54)/1,169]^{1/2} = 0,95 \text{ м/с};$$

5. Площадь проемов со створками, открытыми на угол 90° , равна: приточных

$$F_{п} = L/(\mu \cdot v_{пр} \cdot 3600) = 120\,000/(0,65 \cdot 0,94 \cdot 3\,600) = 54,6 \text{ м}^2;$$

вытяжных

$$F_B = L/(\mu \cdot v_B \cdot 3600) = 120\,000/(0,65 \cdot 0,95 \cdot 3\,600) = 54,1 \text{ м}^2.$$

Определение необходимого воздухообмена при общеобменной искусственной вентиляции

Необходимый воздухообмен (L , $\text{м}^3/\text{ч}$) определяют в зависимости от характера вредных выделений отдельно для теплого (ТП), холодного (ХП), переходного (ПП) периодов года в соответствии со СНиП 41-01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» на основе удельных норм расхода приточного воздуха; ПДК загрязняющих веществ и кратности воздухообмена.

На основе удельных норм расхода приточного воздуха

Необходимое количество и качество воздуха обеспечивается за счет подачи в помещение определенного количества наружного воздуха в зависимости от назначения помещения, его эксплуатации. Этот метод рекомендуется применять для расчета воздухообмена в помещениях, в которых не предполагается изменения их назначения, величины и характера поступающих в помещение вредных веществ (например, туалеты, комнаты для отдыха, ваннные комнаты, лаборатории, столовые, курительные, гардеробные и др.).

Необходимый воздухообмен рассчитывают по формулам

$$L = A \cdot k, \quad (4.1)$$

$$L = N \cdot m, \quad (4.2)$$

где N – число людей, рабочих мест, единиц оборудования; k – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м^2 пола помещения, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$; m – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., $\text{м}^3/\text{ч}$, на 1 рабочее место или единицу оборудования, принимают:

туалетные – $m = 75 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 чел.;

столовая – $m = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 чел.;

курильные – $m = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 чел.;

лаборатории – $m = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 чел.

На основе ПДК загрязняющих веществ

Необходимое количество и качество воздуха обеспечивается за счет подачи в помещение определенного количества наружного воздуха в зависимости от величины и характера вредных веществ в помещении. Этот метод рекомендуется применять для расчета воздухообмена в помещениях, которые могут изменять свое назначение и (или) режим работы в период эксплуатации и в которых могут присутствовать или появиться вредные вещества.

Необходимый воздухообмен рассчитывают по следующим формулам:

1. По теплоизбыткам:

$$L = L_{w,z} + \frac{3,6Q - cL_{w,z}(t_{w,z} - t_{in})}{c(t_j - t_{in})}, \quad (4.3)$$

где $L_{w,z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны системами местных отсосов и на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$; Q – теплоизбытки, Вт; $t_{w,z}$ – температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов, в обслуживаемой или рабочей зоне помещения и на технологические нужды, $^{\circ}\text{C}$; t_j – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, $^{\circ}\text{C}$; t_{in} – температура воздуха, подаваемого в помещение, $^{\circ}\text{C}$; c – теплоемкость воздуха, равная $1,2 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Количество избыточной теплоты определяют по формуле

$$Q = \sum Q_{\text{пт}} - \sum Q_{\text{р}},$$

где $\Sigma Q_{\text{пт}}$ – теплота, поступающая от различных источников за 1 ч, Вт,

$$\Sigma Q_{\text{пт}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{эл}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{ср}},$$

где $Q_{\text{об}}$ – количество теплоты от теплоотдающей поверхности оборудования,

$$Q_{\text{об}} = F \cdot \lambda (t_{\text{пов}} - t_{\text{доп}}),$$

где F – площадь теплоотдающей поверхности, м²; λ – коэффициент теплоотдачи поверхности, Вт/(м² · °С); $t_{\text{пов}}$ – температура теплоотдающей поверхности ($t_{\text{пов}} = 35\text{--}45$ °С); $t_{\text{доп}}$ – допустимая температура воздуха в помещении, °С (принимают по СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»);

$Q_{\text{пр}}$ – количество теплоты, выделяемой готовой продукцией в течение 1 ч,

$$Q_{\text{пр}} = M \cdot c_{\text{пр}} \cdot \beta (t_{\text{пр}} - t_{\text{доп}}),$$

где M – масса нагретой поверхности, кг; $c_{\text{пр}}$ – теплоемкость нагретой продукции, Дж/(кг · °С); β – коэффициент, учитывающий неравномерность остывания продукции; $t_{\text{пр}}$ – температура продукции, °С;

$Q_{\text{эл}}$ – тепловыделение в результате перехода электрической энергии в тепловую в течение 1 ч,

$$Q_{\text{эл}} = 998 \cdot P (1 - \eta),$$

где 998 – тепловой эквивалент электричества, Вт/(кВт · ч); P – общая установочная мощность электродвигателей, кВт; η – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую, $\eta = 0,6\text{--}0,75$;

$Q_{\text{осв}}$ – количество теплоты, выделяемой от искусственного освещения,

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \alpha,$$

где $P_{\text{осв}}$ – мощность осветительных приборов, Вт; α – коэффициент, учитывающий вид осветительной арматуры, $\alpha = 0,6$ для люминесцентных ламп, $\alpha = 1,0$ для ламп накаливания;

$Q_{\text{л}}$ – количество теплоты, выделяемое от работающих,

$$Q_{\text{л}} = N \cdot Q_1,$$

где N – число работающих в самую многочисленную смену, чел.; Q_1 – теплотери одного работающего, Вт, зависят от температуры возду-

ха в помещении и от характера выполняемой работы по энерготратам (рис. 4.31);

Q_{cp} – количество теплоты, поступающей от солнечной радиации (учитывают только для теплого периода года),

$$Q_{cp} = F \cdot q \cdot Z,$$

где F – площадь остекления, m^2 ; q – теплопоступления через $1 m^2$ остекления; в зависимости от географической ориентации, характеристики окон, фонарей $q = 70–210$ Вт/($m^2 \cdot ч$); Z – коэффициент, характеризующий остекление, $Z = 0,6$ для окон с деревянными переплетами, $Z = 1,25$ для окон с металлическими переплетами;

$\sum Q_p$ – потери теплоты через наружные ограждения здания за счет теплопередачи, вентиляции и др.;

2. По массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ:

$$L = L_{W,Z} + \frac{m_p - L_{W,Z} (q_{W,Z} - q_{in})}{q_j - q_{in}}, \quad (4.4)$$

где m_p – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч; $q_{W,Z}$ – ПДК вредного или взрывоопасного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³; q_j – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны, мг/м³; q_{in} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³.

При одновременном поступлении вредных веществ, обладающих суммацией действия, расход воздуха принимают равным сумме расходов воздуха, рассчитанного по каждому веществу;

3. По избыткам влаги (водяного пара):

$$L = L_{W,Z} + \frac{W - 1,2(d_{W,Z} - d_{in})}{1,2(d_j - d_{in})}, \quad (4.5)$$

где W – избытки влаги в помещении, г/ч; $d_{W,Z}$ – влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, г/кг; d_j – влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг; d_{in} – влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг.

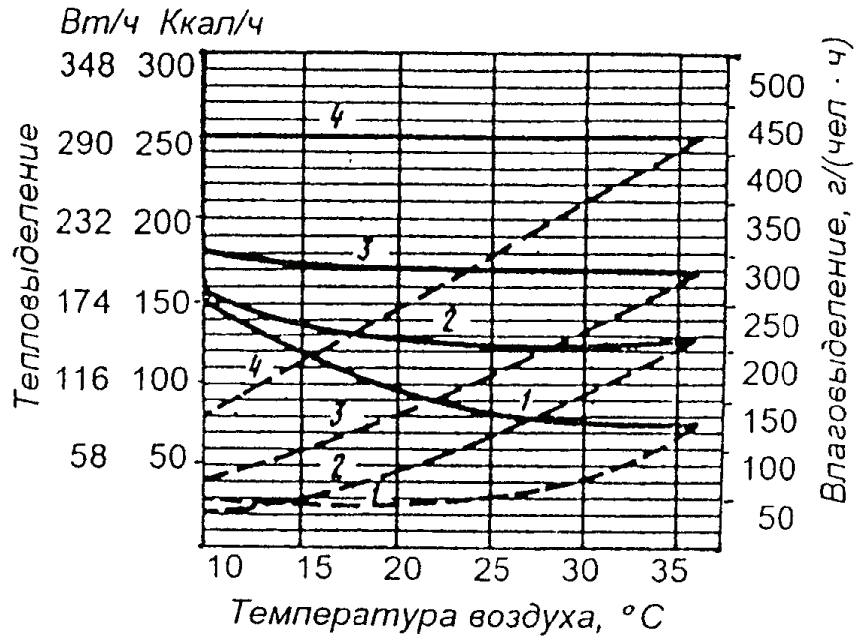


Рис. 4.31. График тепловлаговывделений человеком в зависимости от температуры воздуха в помещении и категории выполняемой работы: 1 – человек в состоянии покоя; 2 – легкая работа; 3 – физическая работа; 4 – тяжелая физическая работ; ———— – полное количество тепла; - - - - - – тепло, идущее на испарение влаги

Источниками выделения влаги (водяного пара) в помещении являются технологическое оборудование, работающие, смоченные поверхности ограждающих конструкций и открытые поверхности:

$$W = W_{об} + W_{л} + W_{огр} + W_{исп.}$$

Количество влаги от оборудования $W_{об}$ определяют из расчета 0,15 кг/ч на 1 кВт установленной мощности.

Количество влаги от работающих

$$W_{л} = N \cdot W_1, \text{ г/ч,}$$

где N – число работающих в самую многочисленную смену, чел.; W_1 – влаготери одного работающего, Вт (зависят от температуры воздуха в помещении и характера выполняемой работы по энерготратам (рис. 4.31)).

Количество влаги, выделяющейся с мокрых поверхностей ограждающих конструкций,

$$W_{огр} = 7,4 \cdot 10^{-3} \cdot (a + 0,017 \cdot v_B) \cdot (P_2 - P_1) \cdot 101,3 \cdot F/P_6, \text{ г/ч,}$$

где a – фактор скорости движения окружающего воздуха под действием гравитационных сил, $a = 0,03$; v_b – скорость движения воздуха над поверхностью испарения, м/с (принимают в расчетах $v_b = 0,2–0,4$ м/с); P_2 – парциальное давление водяного пара, соответствующее температуре поверхности воды, кПа; P_1 – давление водяного пара в воздухе помещения, кПа; F – площадь поверхности испарения, м²; P_6 – расчетное барометрическое давление для местности, кПа.

Количество влаги, испаряющейся с мокрых поверхностей пола, на котором она находится длительное время,

$$W_{\text{исп}} = 6/6,5 \cdot (t_c - t_m) \cdot F, \text{ г/ч},$$

где t_c, t_m – температура воздуха в помещении, соответственно по сухому и мокрому термометру, °С; F – площадь поверхности пола, м².

По кратности воздухообмена

Кратность воздухообмена – это отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него в течение часа к объему помещения. Необходимый воздухообмен при этом составит

$$L = n \cdot V_p, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.6)$$

где n – нормируемая кратность воздухообмена (некоторые значения n приведены в табл. 4.32), ч⁻¹; V_p – объем помещения, м³; для помещений высотой 6 м и более принимают

$$V_p = 6 \cdot A,$$

где A – площадь помещения, м².

За расчетный необходимый воздухообмен в помещении принимают наибольшее из рассчитанных значений по формулам (4.1–4.6).

Таблица 4.32

Кратность воздухообмена

Вещества, обращающиеся в технологическом процессе	Кратность воздухообмена n , ч ⁻¹	
	при отсутствии сернистых соединений	при наличии сернистых соединений в парах в количестве более 0,05 г/м ³
Бензин неэтилированный	6	8
Бензин этилированный	13,5	13,5

Вещества, обращающиеся в технологическом процессе	Кратность воздухообмена n , ч ⁻¹	
	при отсутствии сернистых соединений	при наличии сернистых соединений в парах в количестве более 0,05 г/м ³
Бензол	12	17
Керосин, дизельное и моторное топливо, битум, мазут	3	7
Смазочные масла, парафин (при отсутствии растворителей)	3,3	5,5
Отработанные нефтепродукты	12	12

Проектирование и расчет вентиляционной сети

Расчет конкретной вентиляционной сети производят в такой последовательности:

1. Определяют количество выделяющихся на рабочих местах или проветриваемых зонах вредностей.

2. Рассчитывают количество воздуха, которое необходимо удалить с рабочих мест или зон для обеспечения требуемых санитарных условий.

3. По планам и разрезам помещения (с расстановкой оборудования) составляют аксонометрическую схему вентиляционной системы.

4. На схему наносят номера расчетных участков, количество воздуха, проходящего по участку трубопровода, и длину участка в метрах. Расчетным участком считают участок воздуховода, на котором скорость и количество перемещаемого воздуха не меняются. Вначале нумеруют участки основного направления движения воздуха от самого дальнего с меньшим расходом воздуха до вытяжной трубы. Затем нумеруют ответвления трубопроводов, начиная от наиболее удаленного, приближаясь к вентилятору.

5. Назначают скорости движения воздуха (табл. 4.33). На конечных участках системы принимают меньшие скорости, на участках с большим расходом – большие.

6. По расходу воздуха на участке и назначенной скорости определяют площадь поперечного сечения воздуховода:

$$f_{\text{п}} = L_{\text{р}}/V, \text{ м}^2,$$

где $L_{\text{р}}$ – расчетный расход воздуха на участке, м³/с; V – принятая (расчетная) скорость движения воздуха, м/с.

Таблица 4.33

**Рекомендуемые скорости движения воздуха
на участках и в элементах вентиляционных систем**

Участки и элементы вентиляционных систем	Рекомендуемые скорости, м/с
Жалюзи воздухозабора	–
Приточные шахты	4–6
Горизонтальные воздуховоды и сборные каналы	6–12
Вертикальные каналы и воздуховоды	5–8
Приточные решетки	1–2,5
Вытяжные решетки	1–3
Вытяжные шахты	5–8

7. Диаметр круглого воздуховода:

$$d = [(4 \cdot \dot{V}) / \pi]^{1/2}, \text{ м.}$$

Выбирают ближайший стандартный размер. Для воздуховодов и фасонных частей установлены следующие диаметры: 100, 110, 125, 160, 200, 250, 280, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600 мм. Для систем аспирации и пылеудаления дополнительно к перечисленным делают воздуховоды диаметром 140, 180, 225, 355, 560 мм. После выбора диаметра уточняют фактическую площадь воздуховода и скорость движения воздуха. Данные заносят в таблицу расчета вентиляционной системы.

8. По выбранному диаметру воздуховода и скорости движения воздуха, пользуясь номограммой (рис. 4.32), определяют удельные потери напора вентилятора, приходящиеся на 1 м длины воздуховода. Номограмма составлена для стальных воздуховодов круглого сечения с шероховатостью стенок 0,1 мм. Для воздуховодов других сечений и изготовленных из других материалов необходимо вносить поправки. Умножив удельные потери на длину расчетного участка, получают потери давления на трение на данном участке:

$$P_T = R \cdot l, \text{ Па.}$$

Расчеты заносят в таблицу.

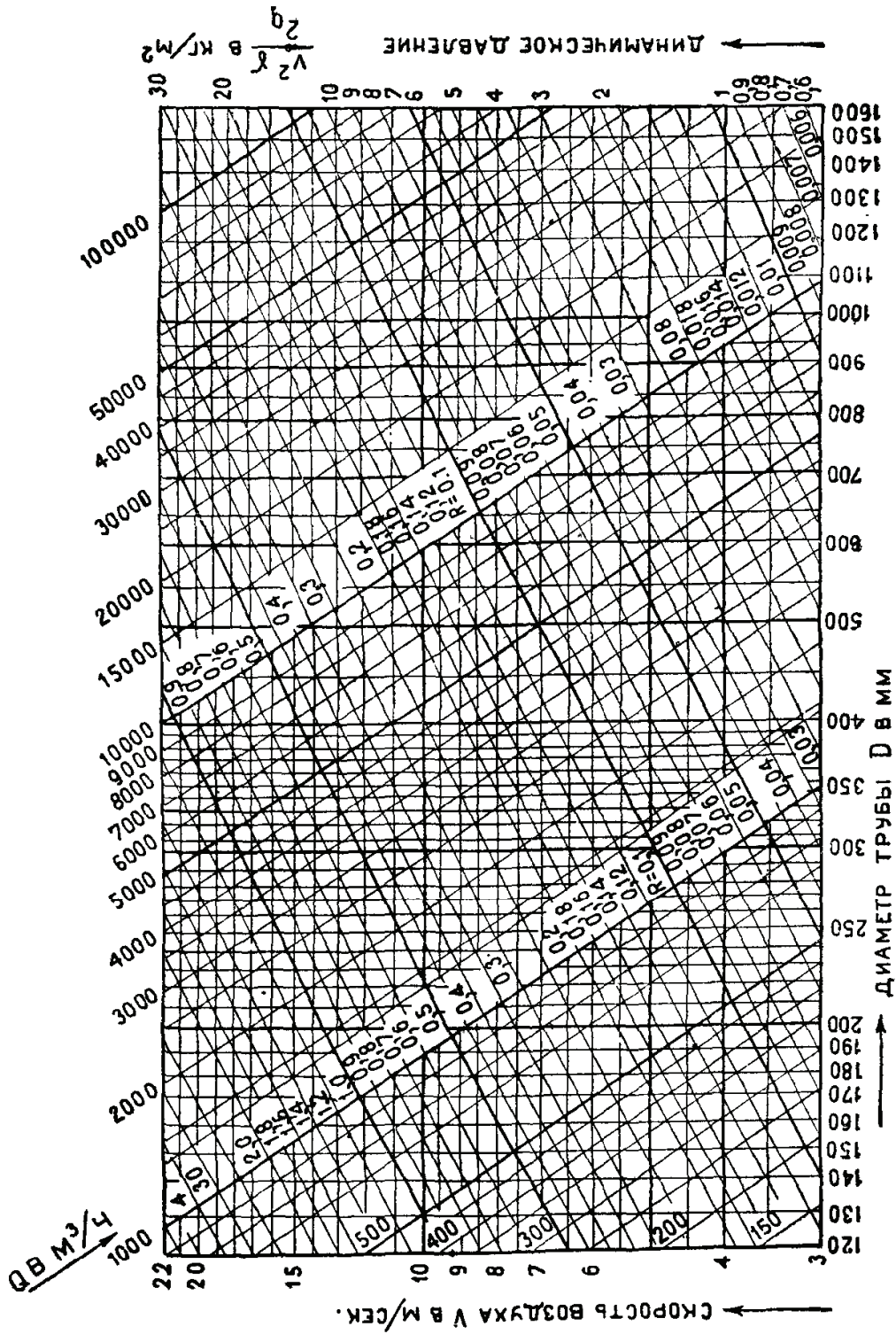


Рис. 4.32. Номограмма для определения потерь на трение в круглых воздуховодах

9. Определяют потери давления в местных сопротивлениях. Местные сопротивления – это потери давления, возникающие при изменении скорости или направления движения воздуха. К частям воздуховодов и вентиляционным устройствам (табл. 4.34), где возможны местные сопротивления, относятся повороты воздуховодов, тройники при делении и слиянии воздушных потоков, расширение или сужение воздуховодов, регулирующие устройства (шиберы, заслонки), входы в воздуховод и выходы из него. В местных сопротивлениях происходит потеря энергии воздушного потока пропорционально динамическому давлению воздуха в воздуховоде.

Таблица 4.34

Значения коэффициентов местных сопротивлений

Название сопротивления	Значение коэффициента	Примечание
Вход с поворотом; жалюзийная решетка	2	
Выход из трубы по прямому направлению	1	
Выход с резким поворотом потока; жалюзийная решетка на входе	2,5	
Выход через расширенный насадок с плавным поворотом и сеткой	1	
Отвод (поворот) 90°	r/d 0,75 1 1,5 2 ζ 0,5 0,3 0,2 0,15	r – радиус закругления; d – диаметр воздуховода
Тройник на нагнетание	$v_{\text{п}}/v_0$ 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 1 $\zeta_{\text{п}}$ 0 0 0 0 0 0 ζ_0 2,7 1,7 1,1 0,7 0,4 0,1	$v_{\text{п}}$ – скорость на проход после тройника; v_0 – скорость в ответвлении; $\zeta_{\text{п}}$ – для участка на проход; ζ_0 – для ответвления
Тройник на всасывание	$v_{\text{п}}/v_0$ 0,6 0,8 1 $\zeta_{\text{п}}$ 0,40 0,35 0,20 ζ_0 1,8 0,7 0,3	$v_{\text{п}}$ – скорость до тройника; v_0 – скорость в ответвлении до тройника

10. Складывают потери давления на трение и в местных сопротивлениях и получают полную потерю давления на расчетном участке:

$$P_{\text{уч}} = R \cdot l + Z, \text{ Па.}$$

11. Путем сложения полных потерь давления на участках основного направления (от самого дальнего участка до вентилятора и после вентилятора, включая вытяжную шахту или вентиляционную трубу), получают необходимый напор вентилятора.

12. Производят аэродинамический расчет ответвлений. Суть расчета сводится к подбору таких диаметров воздуховодов, чтобы при движении по ним расчетного количества воздуха потери давления на трение и местные сопротивления не превышали располагаемых (давлений в воздуховоде основного направления в точках присоединения ответвлений). Расчет носит характер подбора с элементами метода последовательного приближения, который считается законченным, если невязка давлений не превышает 10 %.

13. По расходу воздуха и расчетному напору, пользуясь индивидуальными характеристиками, подбирают вентилятор, определяют необходимое число оборотов вентилятора и его КПД.

Выполненный расчет является основой для конструкторской проработки системы вентиляции и составления монтажной схемы.

Задача 11

Рассчитать систему вентиляции, подобрать необходимые диаметры воздуховодов и вентилятор для удаления загрязненного воздуха от шести однотипных рабочих мест. От каждого рабочего места необходимо удалять 1 000 м³/ч загрязненного воздуха. Аксонометрическая схема системы вентиляции представлена на рис. 4.33. Трубопроводы стальные круглого сечения.

Решение

1. Намечаем расчетные участки воздуховодов основного направления. Наиболее удаленный от вентилятора обозначаем цифрой 1, нумеруем, последовательно приближаясь к вентилятору, остальные 4 участка и участок после вентилятора (вентиляционную трубу) обозначаем цифрой 6. По такой же схеме обозначаем ответвления (участки с 7 по 12).

2. Наносим на расчетные участки на выносных полках объем воздуха, проходящего по участку (числитель), и длину участка (знаменатель).

3. Задаём скорость движения воздуха v на первом участке 8 м/с.

4. Площадь поперечного сечения воздуховода

$$f_B = L_B/v \cdot 3600 = 1\,000/8 \cdot 3\,600 = 0,0347 \text{ м}^2.$$

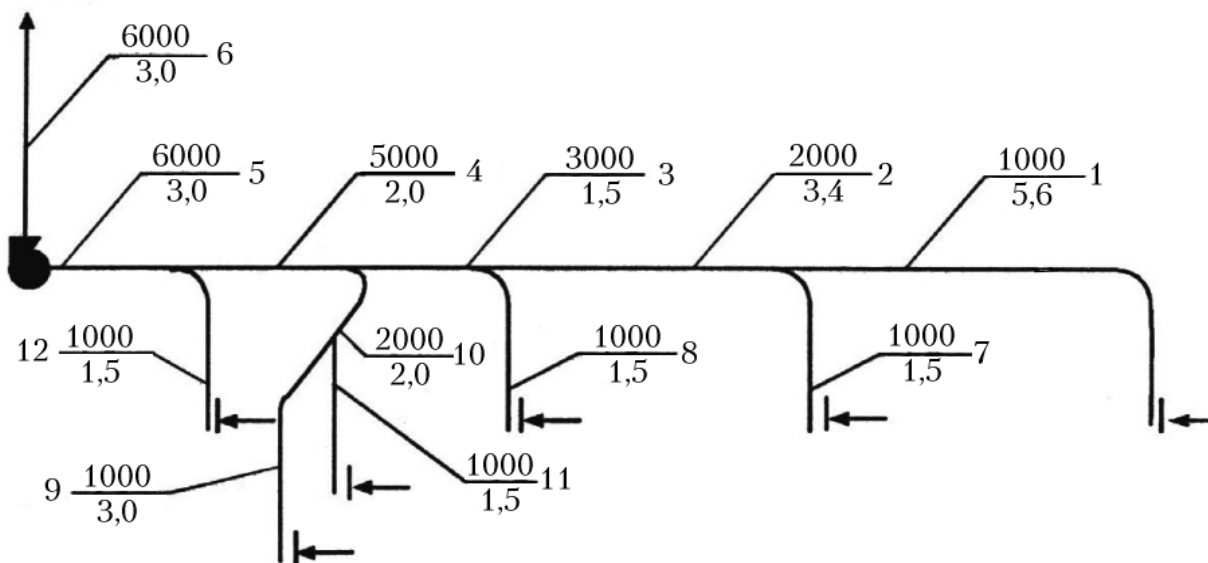


Рис. 4.33. Аксонометрическая схема системы вентиляции
(к примеру расчета)

5. Диаметр воздуховода

$$d = [(4 \cdot 0,0347)/3,14]^{1/2} = 0,21 \text{ м} = 210 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный воздуховод диаметром 200 мм, тогда фактическая скорость движения воздуха составит

$$v_{\phi} = L/(f_{\phi} \cdot 3600) = 1000/0,0314 \cdot 3600 \approx 8,85 \text{ м/с.}$$

6. Принимаем скорость равной 8,9 м/с. По номограмме (рис. 4.32) определяем удельные потери давления на 1 м воздуховода и динамическое давление воздушного потока. Для принятых диаметра воздуховода (200 мм), скорости движения воздуха (8,9 м/с) искомые величины равны:

$$R = 4,8 \text{ Па}, \quad P_{\text{д}} = 48,4 \text{ Па.}$$

Умножая удельные потери давления на длину l участка, получаем потери на трение в первом участке:

$$P_{\text{т}} = R \cdot l = 4,8 \cdot 5,6 = 26,9 \text{ Па.}$$

7. Определяем коэффициенты местных сопротивлений на первом участке:

вход через жалюзийную решетку с поворотом – $\xi = 2$;
 отвод (поворот) 90° при радиусе закругления, равном 1,5 диаметра воздуховода, – $\xi = 0,2$;

тройник на проход – при отношении скорости на проход к скорости в ответвлении равном 1 – $\xi = 0,2$.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

$$\sum \zeta = 2 + 0,2 + 0,2 = 2,4.$$

8. Потери давления в местных сопротивлениях на первом участке:

$$Z = \sum \zeta \cdot P_d = 2,4 \cdot 48,4 \approx 116,2 \text{ Па.}$$

9. Общие потери давления на первом участке:

$$P_{\text{уч}} = R_r + Z = 26,9 + 116,2 \approx 143,1 \text{ Па.}$$

10. Аналогично рассчитываем потери давления на участках 2, 3, 4, 5, 6. Расчет принято производить с записью в таблицу расчета системы вентиляции (табл. 4.35).

Расчет и подбор вентиляторов

Вентилятор (от лат. *ventilo* – вею, махаю) – это техническое устройство для подачи воздуха под давлением. Наибольшее распространение в вентиляционных системах получили следующие типы вентиляторов: центробежные и осевые.

Вентилятор центробежный (рис. 4.27, *а*) состоит из входного и выходного отверстий, кожуха, внутри которого находится рабочее колесо, и шкива, насаженного на вал, который вращается в подшипниках.

Вентилятор осевой (рис. 4.27, *б*) применяют тогда, когда большие объемы воздуха необходимо переместить на небольшие расстояния; он состоит из металлической обечайки цилиндрической формы, внутри которой расположены рабочее колесо-крыльчатка с насаженными на втулку лопатками. Лопатки рабочего колеса могут быть неподвижно закрепленными на втулке или быть поворотными. Рабочее колесо чаще всего насаживается непосредственно на ось электродвигателя, хотя в некоторых случаях вентилятор соединяется с электродвигателем с помощью клиноременной передачи.

Таблица 4.35

К расчёту системы вентиляции

Номер участка	L , м ³ /ч	l , м	Диаметр, мм	R , Па/м	Rl , Па	v , м/с	Pg , Па	$\sum \xi$	Z , Па	$Rl + Z$, Па
1	1000	5,6	200	4,8	26,9	8,9	48,4	2,4	118,5	145,4
2	2000	3,4	280	3,3	11,5	9,1	50,7	0,2	11,4	22,9
3	3000	1,5	315	3,86	5,8	10,7	70,0	0,1	7,0	12,8
4	5000	2,0	400	3,07	6,1	11,7	75,4	0,2	15,1	21,2
5	6000	3,0	450	2,38	7,14	10,5	67,4	0,0	0,0	7,10
6	6000	3,0	500	1,41	4,2	8,5	44,2	0,6	26,8	31,0
<i>Общие потери давления (напор вентилятора) $\Sigma(Rl + Z) = 260,5$</i>										
7	1000	1,5	200	4,8	7,2	8,9	48,4	2,5	121	128,2
<i>Невязка (128,2 – 145,4)/145,4 ≈ – 0,12; больше 10%; устанавливаем шибер для регулировки расхода</i>										
8	1000	1,5	180	7,7	11,6	10,8	70	2,5	175,0	186,6
<i>Располагаемое давление 145,4 + 22,9 = 168,3 Па; невязка (186,6 – 168,3)/186,6 ≈ 0,1; 10% допустимо</i>										
9	1000	3,0	200	4,8	14,4	8,9	48,4	2,4	118,5	132,9
10	2000	2,0	280	3,3	6,6	9,1	50,7	0,7	35,5	42,1
<i>Располагаемое давление 145,4 + 22,9 + 12,8 = 181,1 Па; невязка (181,1 – 175,0)/181,1 = 0,033; 3,3% допустимо</i>										
11	1000	1,5	200	4,8	7,2	8,9	48,4	2,5	121	128,2
<i>Располагаемое давление 132,9 Па; невязка (132,9 – 128,2)/132,9 = 0,035; 3,5% допустимо</i>										
12	1000	1,5	180	7,7	11,6	10,8	70	2,5	175	186,5
<i>Располагаемое давление 202,3 Па; невязка (202,3 – 186,5)/132,9 = 0,085; 8,5% допустимо</i>										

В зависимости от развиваемого давления вентиляторы могут быть низкого, среднего и высокого давления. Вентиляторы низкого и среднего давления применяют в системах общеобменной вентиляции, кондиционирования воздуха, пневматического транспорта и в других вентиляционных системах. Вентиляторы высокого давления используют главным образом для технологических целей, например для дутья в вагранки.

В зависимости от исполнения вентиляторы могут быть:

обычного исполнения – для перемещения чистого или малозапыленного воздуха с температурой до 150 °С; все части таких вентиляторов выполняют из обычных сортов стали;

антикоррозийного исполнения – для перемещения воздуха, содержащего примеси веществ, которые разрушающе действуют на обычный металл; в этом случае для изготовления вентиляторов применяют стойкие против действия агрессивных сред материалы (железохромистая и хромоникелевая сталь, винипласт и т. д.);

взрывобезопасного исполнения – для перемещения горючих и взрывоопасных смесей. Основное требование, предъявляемое к таким вентиляторам, заключается в том, чтобы во время их работы была полностью исключена опасность искрения при случайном ударе или трении движущихся частей о неподвижные части, например рабочего колеса о кожух; поэтому колеса, кожухи и входные патрубки таких вентиляторов изготавливают из более мягкого, чем сталь, металла – алюминия или дюралюминия; часть вала, омываемая движущимся потоком воздуха взрывоопасной смеси, должна прикрываться алюминиевыми колпаками и втулкой, а в месте прохода вала через кожух ставится сальниковое уплотнение;

пылевые вентиляторы – для перемещения воздуха с содержанием пыли свыше 150 мг/м³; к этим вентиляторам предъявляется требование износоустойчивости, что достигается применением материалов повышенной прочности, утолщением частей, подвергающихся истиранию механическими примесями, наваркой на них твердых сплавов и т. д.

В зависимости от способа соединения вентилятора с электродвигателем различают следующие схемы исполнения:

колесо находится на валу электродвигателя;

вал колеса соединен с валом электродвигателя при помощи соединительной муфты;

вентилятор на валу колеса имеет шкив для ременной передачи.

Вентилятор с вертикально расположенными осями используют для вытяжки в вертикальных воздуховодах.

Вентиляторы изготовляют различных размеров, каждому из них присваивают определенный номер, который численно выражает величину диаметра рабочего колеса в дц. Например, вентилятор № 4 имеет диаметр колеса 4 дц или 400 мм.

Вентиляторы бывают правого и левого вращения. При вращении рабочего колеса по часовой стрелке, если смотреть на него со стороны привода, вентилятор считается правого вращения, а при вращении в обратную сторону – левого.

Техническими показателями эффективности вентилятора являются: количество перемещаемого в единицу времени воздуха или его производительность ε в м³/ч или м³/с; развиваемое полное давление H ; число оборотов колеса в минуту n и зависящая от него и диаметра колеса D окружная скорость v в м/с; коэффициент полезного действия η_v и потребляемая мощность N в кВт.

Для любого вентилятора ε , H и N находятся в прямой зависимости от числа оборотов колеса:

производительность вентилятора прямо пропорциональна числу оборотов колеса:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{n_1}{n_2};$$

развиваемое полное давление пропорционально квадрату числа оборотов колеса:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2};$$

потребляемая мощность пропорциональна кубу числа оборотов колеса:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}.$$

Эти зависимости носят название закона подобия или пропорциональности. Если число оборотов колеса увеличить в 1,5 раза, то производительность возрастет тоже в 1,5 раза, давление в $(1,5)^2 = 2,25$ раза, а потребляемая мощность в $(1,5)^3 = 3,37$ раза.

Окружная скорость вентилятора

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}, \text{ м/с.}$$

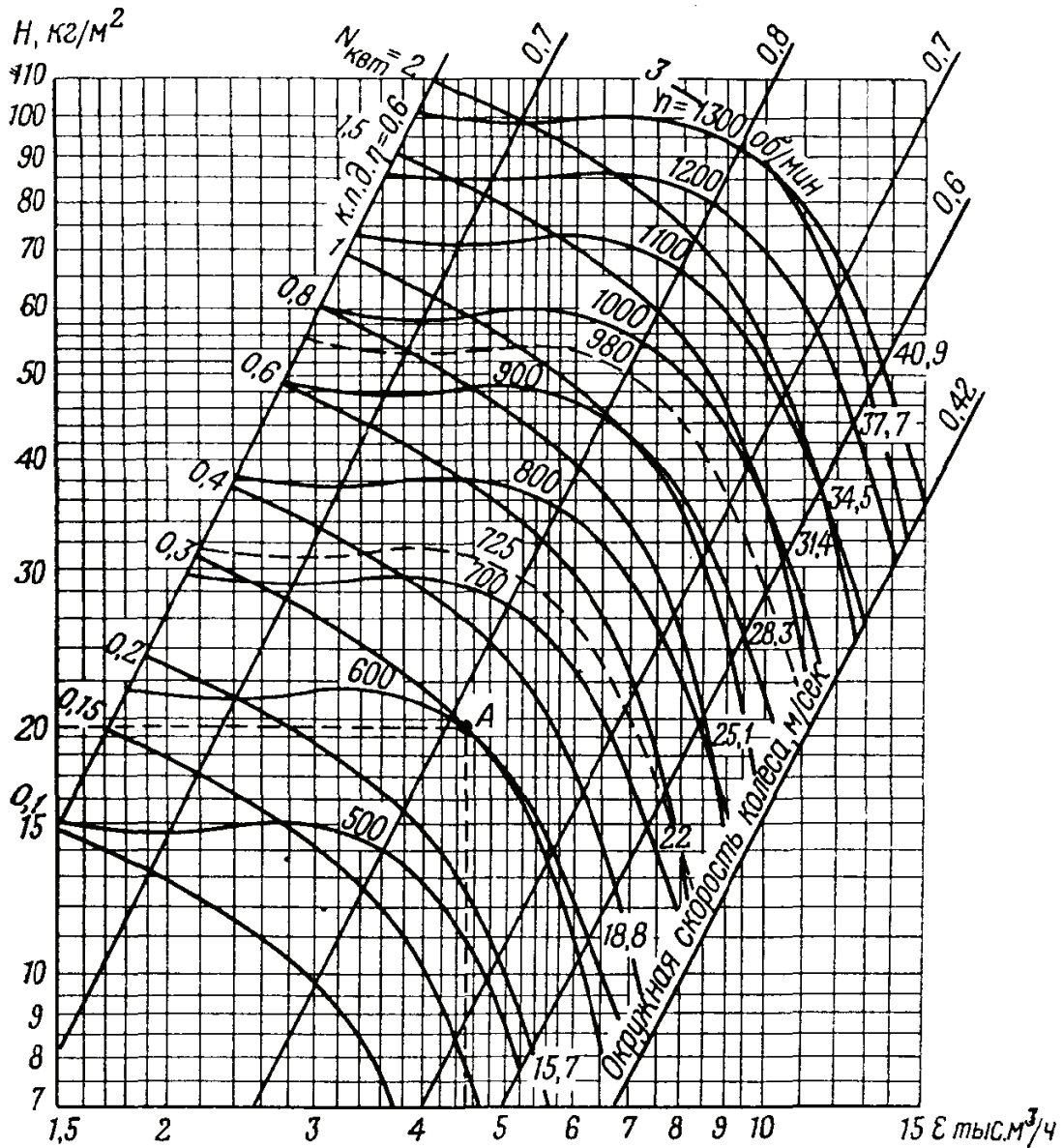


Рис. 4.34. Аэродинамическая характеристика центробежного вентилятора Ц4-70 № 6

Вентиляторы различных номеров, выполненные по одной и той же аэродинамической схеме, имеют геометрически подобные размеры и составляют одну серию или тип, например Ц4-70. Для каждой серии вентиляторов даны предельно допустимые окружные скорости по условиям прочности и аэродинамическому шуму. Например, для уменьшения аэродинамического шума, создаваемого вентилятором, окружная скорость колеса у осевых вентиляторов не должна быть более 20 м/с, а у центробежных – более 13 м/с.

Подбор осевых вентиляторов производят по графикам и таблицам, а центробежных – по аэродинамическим характеристикам, которые составляют по данным испытаний. Например, требуется подобрать вентилятор производительностью $\varepsilon = 6\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ при $H = 22,2\text{ кг/м}^3$. Согласно рис. 4.34 получаем число оборотов колеса $n = 700\text{ об/мин}$, $\eta_v = 0,73$.

Вентилятор можно подобрать и по индивидуальной характеристике следующим образом.

Производительность вентилятора с учетом потерь или подсосов воздуха в воздуховодах

$$L_b = k \cdot L, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где k – коэффициент, учитывающий потери или подсос воздуха (для стальных и пластмассовых воздуховодов длиной до 50 м $k = 1,10$, а в остальных случаях – $k = 1,15$).

Необходимая мощность вентилятора

$$N = L_b \cdot H / (3\,600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_n), \text{ кВт},$$

где η_v – КПД вентилятора (принимают по характеристикам вентилятора); η_n – КПД передачи (принимают по табл. 4.36 в зависимости от конструктивного исполнения вентилятора).

Таблица 4.36

Значения КПД передачи

Тип передачи	η_n
Колесо вентилятора установлено на валу электродвигателя	1,0
Вал вентилятора соединен с валом электродвигателем фрикционной соединительной муфтой	0,98
Клиноременная передача	0,95
Плоскоремennая передача	0,90

Установочная мощность электродвигателя

$$N_y = k_3 \cdot N, \text{ кВт},$$

где k_3 – коэффициент запаса (табл. 4.37).

Значения коэффициента запаса

Необходимая мощность N , кВт	k_z вентилятора	
	центробежного	осевого
До 0,50	1,50	1,20
От 0,51 до 1,0	1,30	1,15
От 1,01 до 2,0	1,20	1,10
От 2,01 до 5,0	1,15	1,05
Свыше 5,0	1,10	1,05

По найденной установочной мощности подбираем тип электродвигателя. Выполненный расчет является основой для конструкторской проработки вентиляционной системы и составления монтажной схемы.

Организация воздухообмена в производственных помещениях и кабинах управления грузоподъемными кранами

Организация воздухообмена – это распределение приточного воздуха и удаление воздуха из помещений, кабин управления с учетом режима их использования в течение суток или года, а также с учетом переменных поступлений теплоизбытков, влаги, вредных веществ и др.

В производственных зданиях, оборудованных механическими системами вентиляции, в холодный период года, как правило, обеспечивают баланс между расходом приточного и вытяжного воздуха. В холодный период года допускается предусматривать при техническом обосновании отрицательный дисбаланс в объеме не более однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее и из расчета $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 пола в помещениях высотой более 6 м.

В производственные помещения (рис. 4.35) приточный воздух подают в рабочую зону из воздухораспределителей:

а) горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой воздухоподаче;

б) наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 2 м и более от пола;

в) вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более от пола.

При незначительных теплоизбытках ($23,2 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и менее) приточный воздух допускается подавать из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне производственных помещений.

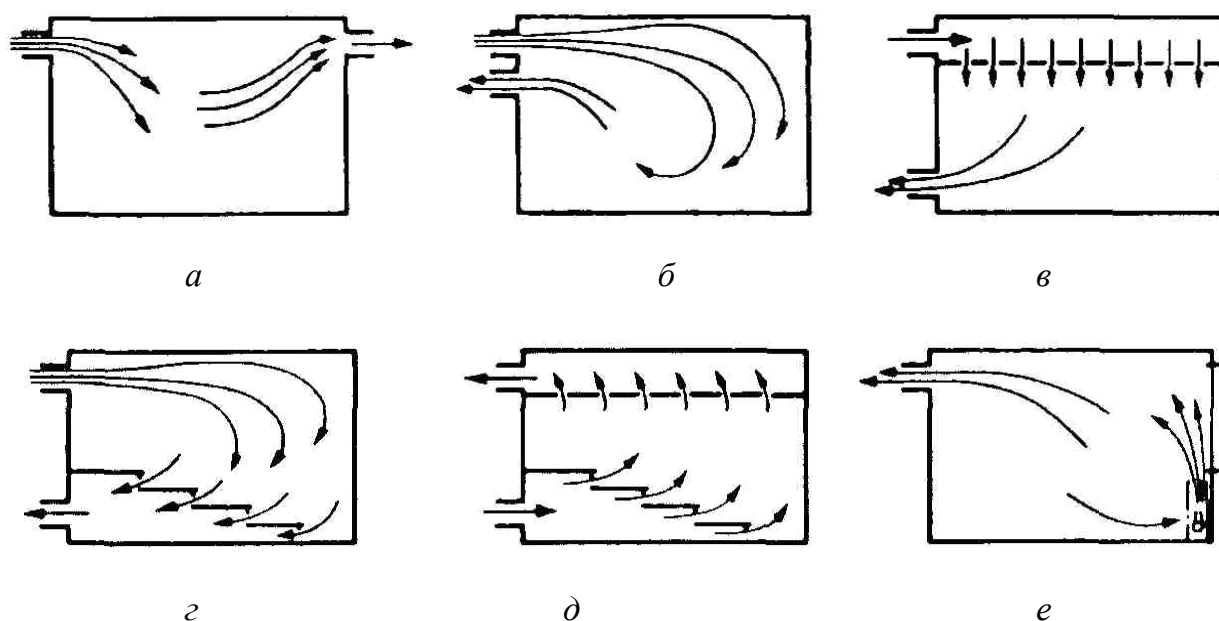


Рис. 4.35. Возможные способы подачи воздуха в помещение: *a* – прямоточная вентиляция с противоположных сторон; *б* – вентиляция с сосредоточенной подачей воздуха; *в* – подача воздуха через перфорированный потолок; *г* – ступенчатый отвод отработавшего воздуха; *д* – подача воздуха через ступени, отвод – через перфорированный потолок; *е* – подача воздуха через окно с помощью эжекционного доводчика

В помещениях с выделениями пыли приточный воздух, как правило, подают струями, направленными сверху вниз из воздухо-распределителей, расположенных в верхней зоне. Приточный воздух подают на постоянные рабочие места, если они находятся вблизи источников вредных выделений, у которых невозможно устройство местных отсосов.

Удаление воздуха из помещений системами вентиляции предусматривают из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру. При выделении пыли и аэрозолей удаление воздуха системами общеобменной вентиляции производят из нижней зоны.

В производственных помещениях с выделениями вредных или горючих газов или паров загрязненный воздух удаляют из верхней зоны в объеме не менее однократного воздухообмена в 1 ч, а в помещениях высотой более 6 м – не менее $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 помещения.

Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вытяжной вентиляции из верхней зоны помещения размещают:

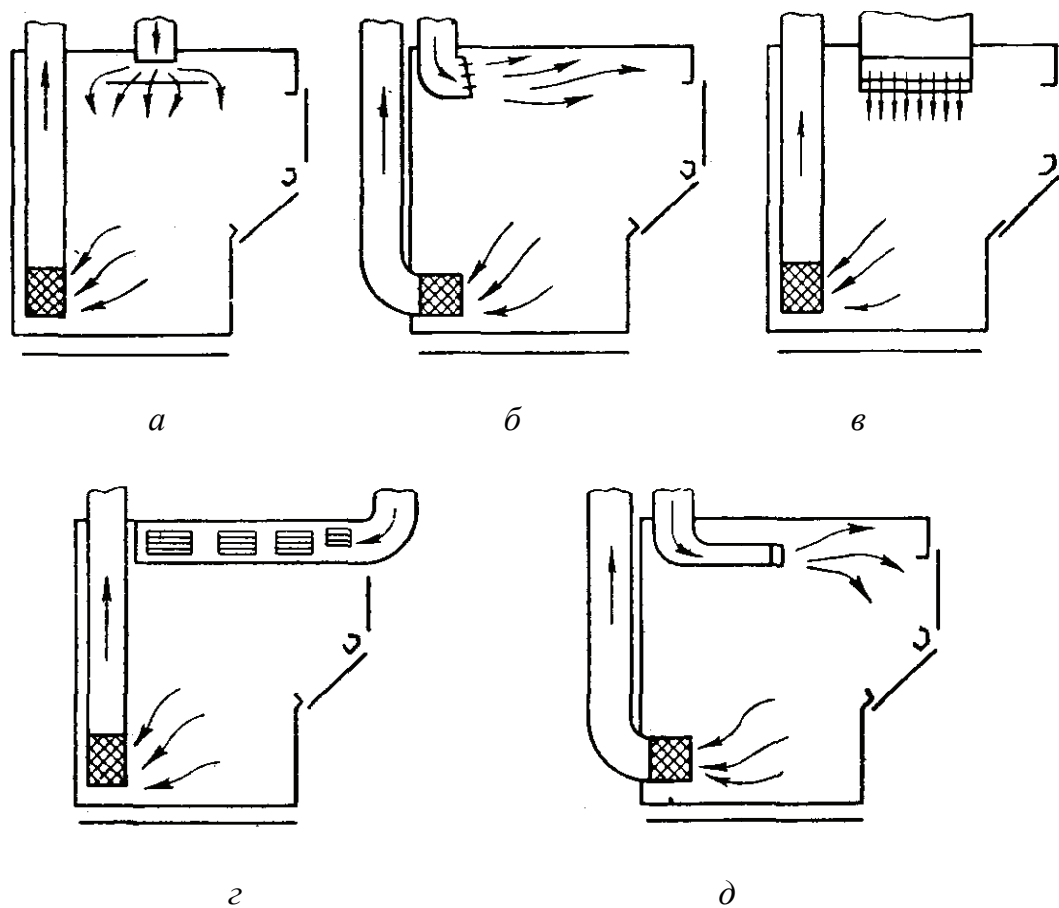


Рис. 4.36. Схема подачи воздуха в кабину управления: *а* – через потолочный плафон с поджатием воздушной струи к потолку; *б* – через регулируемые решетки; *в* – ниспадающим потоком; *г* – настилающимся по потолку струями; *д* – неполными веерными струями

а) под потолком или покрытием, но не ниже 2 м от пола до низа отверстий – для удаления теплоизбытков, влаги и вредных газов;

б) не ниже 0,4 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий – для удаления взрывоопасных смесей газов, паров и аэрозолей (кроме смеси водорода с воздухом);

в) не ниже 0,1 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий в помещениях высотой 4 м и менее или не ниже 0,025 высоты помещения (но не более 0,4 м) в помещениях высотой более 4 м – для удаления смеси водорода с воздухом.

Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вентиляции из нижней зоны размещают на уровне до 0,3 м от пола до низа отверстий.

Организация воздухообмена имеет большое значение и для кабин управления, так как в их ограниченном замкнутом объеме необходимо

распределить воздушные потоки так, чтобы не допустить попадания сосредоточенного потока холодного, загрязненного воздуха на оператора.

Существуют различные способы подачи воздуха:

через потолочный плафон с поджатием воздушной струи к потолку (рис. 4.36, *а*);

в верхнюю зону кабины (рис. 4.36, *б*) с равномерной подачей воздуха через регулируемые решетки;

ниспадающим потоком (рис. 4.36, *в*);

настилающимися по потолку струями (рис. 4.36, *г*);

неполными веерными струями (рис. 4.36, *д*).

Способ подачи и организация воздухообмена в кабинах управления зависят от объема кабины, условий эксплуатации машины (например, ремонтный цех, открытая площадка) и других факторов. То, каким способом воздух подается в кабины управления, в значительной степени определяет особенности протекания его через объем кабин, создавая в конечном счете качество воздуха в рабочей зоне и нормальный теплообмен между организмом человека и окружающей средой.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите параметры, характеризующие состояние воздуха в производственных помещениях.
2. Каково назначение вентиляции?
3. Какие системы вентиляции используются в производственных помещениях?
4. За счет чего происходит воздухообмен при аэрации и использовании дефлекторов?
5. Назовите последовательность проектирования вентиляционной системы.
6. Приведите примеры местной приточной вентиляции.
7. Приведите примеры местной вытяжной вентиляции.
8. Как рассчитывают и подбирают вентилятор?
9. Что такое кратность воздухообмена?
10. Какие факторы учитывают при распределении приточного воздуха в производственных помещениях и кабинах управления?
11. Как подбирают электродвигатель к вентиляционной системе?
12. Назовите вредные вещества в воздухе рабочей зоны и их источники.

4.4. Системы отопления

Системы отопления и кондиционирования воздуха совместно с комплексом осуществляемых технологических мероприятий должны исключать скопление в воздухе производственных помещений пыли, ядовитых паров и газов в концентрациях, превышающих ПДК (ОБУВ), и поддерживать в допустимых диапазонах микроклиматические условия.

Отопление – это искусственный обогрев помещений для поддержания температуры, отвечающей условиям теплового комфорта, а иногда и требованиям технологического процесса.

Целью отопления производственных помещений является создание таких условий, при которых устанавливается нормальный теплообмен между организмом человека и окружающей средой.

В зависимости от радиуса действия различают системы отопления:

местные – тепло используют непосредственно в отапливаемом помещении;

центральные – генератор тепла (например котел) находится за пределами отапливаемого помещения.

По виду теплоносителя различают системы водяного, парового, воздушного, газового и электрического отопления. Система отопления согласно СНиП 41-01–03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» должна соответствовать назначению помещения, обеспечивать допустимые условия труда, температуру, равномерное нагревание воздуха, взрывопожаробезопасность, а также доступность очистки и ремонта.

Водяное отопление – наиболее распространенное отопление, применяемое в производственных зданиях, при котором тепло в отапливаемые помещения передается горячей водой через находящиеся в них отопительные приборы (радиаторы, конвекторы, панели и т. п.). Система водяного отопления включает воздухонагреватели, отопительные приборы, трубопроводы, расширительный сосуд для восприятия увеличивающегося при нагревании объема воды, запорно-регулирующую аппаратуру.

Различают водяное отопление с естественным побуждением, при котором вода циркулирует за счет разности температур и плотностей нагретой в воздухонагревателе (более легкой) и остывшей в отопительных приборах и трубопроводах (более тяжелой) воды, и с механическим побуждением, когда циркуляция воды происходит в основном за счет действия циркуляционного насоса, который устанавливают на трубо-

проводе, подводящем охлаждаемую в системе воду к водонагревателю. Системы водяного отопления наиболее распространены, гигиеничны и легко регулируются в соответствии с температурой окружающего воздуха.

Системы *парового отопления* могут быть низкого давления – до 0,7 атм и высокого давления – более 0,7 атм; в них перемещение пара всегда происходит вследствие разности давлений при выходе пара из котла и перед отопительным прибором. Системы парового отопления не гигиеничны из-за пригорания пыли, которая находится в воздухе, на поверхности отопительных приборов и плохо поддаются регулированию.

Газовое отопление – это вид отопления, при котором топливом служат горючие газы, сжигаемые в отопительных приборах (излучателях и др.), устанавливаемых в помещениях.

Системы электрического отопления состоят из электрических приборов, в которых электрическая энергия превращается в тепловую. Электрические отопительные приборы бывают с открытыми проводами накаливания (электрорефлекторы); с закрытыми проводами накаливания, в том числе нагревающие циркулирующую в приборах воду или масло (фарфоровые и стальные радиаторы); с закрытыми проводами накаливания, заделанными в строительные конструкции (например в междуэтажные перекрытия); с полупроводниковыми.

В системах *воздушного отопления* тепло в отапливаемые помещения передается воздухом, нагретым в специальных подогревателях – калориферах. Из-за плохого регулирования это отопление рекомендуется использовать для отопления больших помещений.

Для определения количества воздуха, требуемого для воздушного отопления и теплопроизводительности калориферов необходимы следующие исходные данные: суммарные теплотери помещения $\sum Q_{\text{пот}}$, ккал/ч; $t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С согласно СНиП 23-01–99 «Строительная климатология»; $t_{\text{в}}$ – допустимая температура воздуха внутри помещения, °С, в соответствии со СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»; $t_{\text{под}}$ – допустимая температура воздуха, подаваемого в помещение, °С (принимают по нормам технологического проектирования).

Порядок расчета следующий:

1) количество тепла, отдаваемого 1 кг воздуха, подаваемого вентилятором,

$$G_1 = 0,24 \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{в}}), \text{ ккал/кг};$$

2) количество воздуха, требуемого для воздушного отопления

$$G = \sum Q_{\text{пот}} / G_1, \text{ кг/ч,}$$

3) теплопроизводительность калориферов

$$q = 0,24 \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{н}}) \cdot G_1, \text{ кВт.}$$

Задача 12

Суммарные теплотери помещения составляют 45 000 ккал/ч; температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = -15$ °С; допустимая температура воздуха внутри помещения в холодный период года $t_{\text{в}} = 18$ °С; допустимая температура воздуха $t_{\text{под}}$, подаваемого в помещение, – не более 25 °С.

Рассчитать количество воздуха, требуемого для воздушного отопления, и теплопроизводительность калориферов.

Решение

1. Количество тепла, отдаваемого 1 кг воздуха, подаваемого вентилятором,

$$G_1 = 0,24 \cdot (25 - 18) = 1,68 \text{ ккал/кг;}$$

2. Количество воздуха, требуемого для воздушного отопления

$$G = 45000 / 1,68 \approx 26786 \text{ кг/ч;}$$

3. Теплопроизводительность калорифера

$$q = 0,24 \cdot [25 - (-15)] \cdot 26786 \approx 257146 \text{ ккал/ч} \approx 300 \text{ кВт.}$$

По каталогу «Отопительное оборудование» ОАО «МОВЕН» выбираем калорифер стальной пластинчатый КВБ-11 с производительностью по теплу 328,6 кВт.

В неотапливаемых производственных и складских помещениях допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха обеспечивают в рабочей зоне только тех постоянных рабочих мест, размеры которых на каждого работника не превышают по площади 100 м² либо по протяженности 20 м. На остальных рабочих местах температура и относительная влажность воздуха не нормируется, а скорость его движения должна быть не более 0,5 м/с.

Для работников, работающих в неотапливаемых производственных и складских помещениях, предусматривают специальные помещения для обогрева.

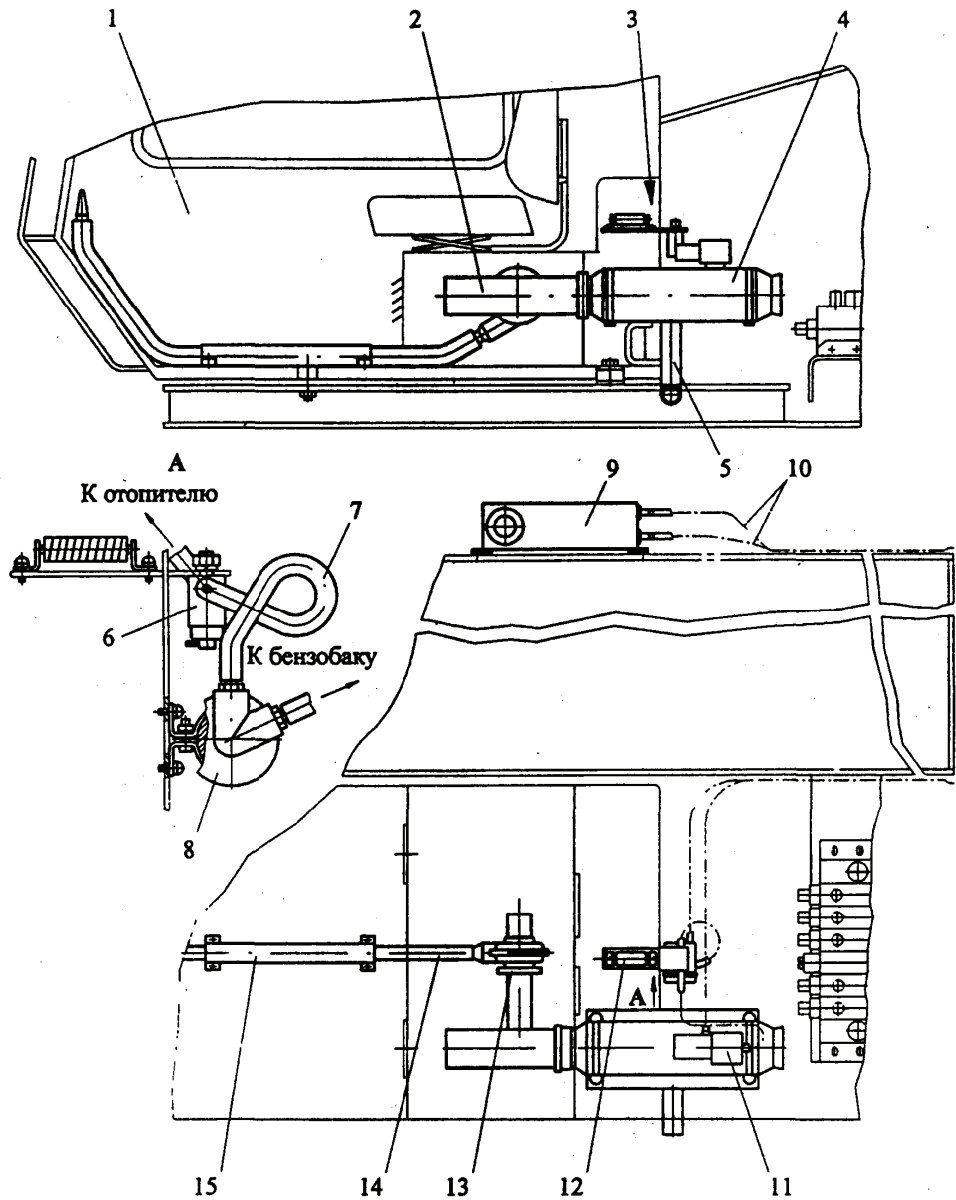


Рис. 4.37. Система обогрева кабины грузоподъемного крана на специальном шасси автомобильного типа: 1 – кабина крановщика; 2 – воздуховод; 3 – ниша кабины; 4 – отопительная установка; 5 – труба; 6 – бензоотстойник; 7, 10 – бензопроводы; 8 – бензонасос; 9 – бензобак; 11 – регулятор подачи бензина; 12 – электросопротивление; 13 – вентилятор; 14 – шланг обогрева переднего стекла; 15 – щиток

Для обогрева кабин управления применяют автономные отопительные установки. В качестве примера на рис. 4.37 приведена система обогрева кабины грузоподъемного крана на специальном шасси автомобильного типа. Отопительная установка 4 установлена в задней части кабины крановщика, а бензобак 9 – на правой стороне поворотной

платформы. Бензобак соединен с отопительной установкой, бензонасосом и бензоотстойником бензопроводами 7, 10. Обогрев переднего стекла кабины осуществляется через шланг 14 потоком теплого воздуха, забираемого вентилятором 13 из воздуховода 2.

Расчет отопления кабин управления

В кабинах некоторых машин используют панельно-лучистое отопление. Принцип его заключается в том, что на полу и по стенам кабины размещают нагревательные панели (они же являются и облицовочным материалом), в которых расположены нагревательные элементы, состоящие из бумажно-слоистых пластин с расположенным внутри нагревательным слоем из электропроводной бумаги. При наличии в кабине жалюзей в полу и дефлектора в крыше внутри кабины создается гравитационный напор для конвективного тепло- и воздухообмена.

Ограждения (стены, потолок, пол, передняя часть) кабин управления, как правило, являются многослойными, выполненными из различных материалов: металлический лист, войлок, резина, стекло и др. Теплотехнические качества ограждений характеризуются величиной сопротивления теплопередаче R . Правильно выбранная конструкция ограждения кабины в отдельности и в целом всей кабины, строго обоснованная величина его сопротивления теплопередаче $R_{тр}$ обеспечивают требуемый микроклимат в кабине, экономичность ее конструкции, а также системы отопления, т. е. $R_{тр} \approx R$.

При расчете отопления принимают, что все ограждения и оборудование, установленное в кабине управления, находятся в состоянии теплового равновесия. Это значит, что их температура остается неизменной, количество поступающего и расходуемого тепла остается постоянным.

Исходными данными для расчета отопления кабин управления являются следующие: конструкция кабины, место эксплуатации машины, нормируемые параметры микроклимата, параметры окружающего воздуха.

Система отопления рассчитывается по следующим формулам:

1) сопротивление теплопередаче каждого однослойного материала ограждения кабины

$$R_i = h_i / \lambda_i, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C},$$

где h_i – толщина i -го материала в ограждении кабины, м; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го материала (табл. 4.38) в ограждении кабины,

ккал/(м · ч · °С), на случай усадки значения λ_i , приведенные в табл. 4.17, увеличивают на 20 % (кроме стали, стекла и воздуха);

2) общее сопротивление теплопередачи ограждений кабины

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{в}} + R_1 + R_2 + \dots, R_i + R_{\text{н}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал},$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждения кабины, в расчетах принимают $R_{\text{в}} = 0,133 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал}$; $R_{\text{н}}$ – сопротивление теплопередаче наружной поверхности ограждения кабины, $R_{\text{н}} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал}$;

Таблица 4.38

Коэффициенты теплопроводности некоторых материалов

Материал	Коэффициенты теплопроводности λ
Воздух	0,0214
Войлок	0,061
Гипсовая плита	0,130
ДСП	0,050
Картон облицовочный	0,150
Линолеум	0,335
Минеральная вата	0,038
Пенополиуретан	0,035
Резина	0,140
Сталь	54,0
Стекло	0,70
Фанера клееная	0,10

3) теплотери каждого ограждения (стены $Q_{\text{ст}}$, потолок $Q_{\text{пт}}$, пол $Q_{\text{пл}}$, стекло $Q_{\text{ст}}$) кабины

$$Q_{\text{огр}} = [F_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \cdot K] / R_{\text{огр}}, \text{ ккал/ч},$$

где $F_{\text{огр}}$ – площадь ограждения, м^2 ; $t_{\text{к}}$ – допустимая (оптимальная) температура воздуха в кабине, °С (принимают по СанПиН 2.2.4.548–96); $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С (принимают по СНиП 23-01–99);

4) теплотери через неплотности кабины

$$Q_{\text{нп}} = C \cdot G \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \text{ ккал/ч},$$

где C – удельная теплоемкость сухого воздуха при нормальных условиях, $C = 0,242$ ккал/(кг · °С); G – количество воздуха, инфильтруемого через неплотности,

$$G = G_1 \cdot l, \text{ кг/ч,}$$

где G_1 – количество воздуха, инфильтруемого через 1 погонный метр щели, для кабин управления $G_1 = 7,65$ кг/(ч · м); l – длина щелей шириной менее 1 мм;

5) теплопотери через воздухообмен

$$Q_{\text{вз}} = V_{\text{каб}} \cdot \gamma \cdot C \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \text{ ккал/ч,}$$

где $V_{\text{каб}}$ – необходимый воздухообмен на 1 человека, м³/ч, который зависит от объема воздуха в кабине (если он менее 20 м³, то $V_{\text{каб}}$ принимают более 30 м³/ч); γ – удельный вес воздуха, кг/м³, который зависит от температуры наружного воздуха;

6) общие теплопотери

$$\Sigma Q = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{пт}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{нп}} + Q_{\text{вз}} - Q_{\text{ч}}, \text{ ккал/ч,}$$

где $Q_{\text{ч}}$ – тепловыделения человека, ккал/ч;

7) по значению общих теплопотерь подбираем мощность и тип отопительной установки.

Контрольные вопросы и задания

1. Каково назначение отопления?
2. Назовите виды и системы отопления.
3. Какие требования предъявляются к системам отопления?
4. Что такое тепловое равновесие?
5. Какие факторы учитывают при расчете систем отопления кабин управления?

4.5. Кондиционирование воздуха

Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) с це-

лью обеспечения главным образом оптимальных микроклиматических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей. Кондиционирование воздуха согласно СНиП 41-01–03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» применяют для обеспечения:

параметров микроклимата и чистоты воздуха, требуемых для технологического процесса, при экономическом обосновании или в соответствии с требованиями специальных нормативных документов;

параметров микроклимата в пределах оптимальных норм (всех или отдельных параметров);

необходимых параметров микроклимата в пределах допустимых норм, когда они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха.

При кондиционировании скорость движения воздуха допускается принимать в обслуживаемой или рабочей зоне помещений в пределах допустимых норм.

Комплекс устройств по приготовлению воздуха, его перемещению и распределению по отдельным помещениям называют *системой кондиционирования*. Возможность осуществления той или иной системы кондиционирования воздуха во многом зависит от аппарата – *кондиционера* (от лат. condition – условие, состояние), служащего для обработки (очистки, увлажнения, нагрева или охлаждения) и перемещения воздуха. По расположению относительно обслуживаемых помещений кондиционеры подразделяют на центральные и местные.

Центральные кондиционеры размещают вне обслуживаемых помещений. Центральный кондиционер включает в себя (рис. 4.38) следующие типовые секции: воздушные клапаны, камеры обслуживания, воздухонагреватели, камеры выравнивания, оросительную камеру, воздушный фильтр, присоединительную секцию, вентиляторный агрегат.

Воздушные клапаны *1, 3, 5* и *10* служат для регулирования поступающего наружного воздуха, смешивания и регулирования рециркуляционного воздуха, а также для регулирования теплопроизводительности воздухонагревателей при установке их в обводном канале. Камеры обслуживания *2* устанавливают у фильтров оросительных камер, воздухонагревателей для удобства обслуживания этих устройств во время эксплуатации. На передней стенке камеры находится герметичная дверь, с помощью которой можно попасть внутрь кондиционера. Воздухонагреватель *4* служит для подогрева обрабатываемого воздуха горячей или перегретой водой до температуры $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и рабочим давлением до $0,6\text{ МПа}$ (6 кгс/см^2).

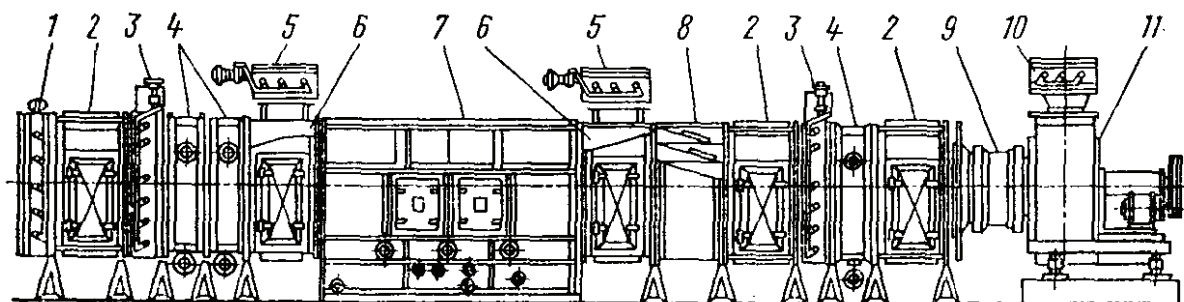


Рис. 4.38. Центральный кондиционер из типовых секций: 1, 3, 5, 10 – воздушные клапаны; 2 – камеры обслуживания; 4 – воздухонагреватели; 6 – камеры выравнивания; 7 – оросительная камера; 8 – воздушный фильтр; 9 – присоединительная секция; 11 – вентиляторный агрегат

Камеры выравнивания 6 применяют, если необходимо изменить направление воздушного потока перед поступлением его в рабочие секции. Оросительная двухрядная или трехрядная камера 7 служит для обработки воздуха водой. В соответствии с заданным режимом воздух в камере может нагреваться и увлажняться, осушаться и охлаждаться, увлажняться и охлаждаться. Вода в камере распыляется форсунками с отверстиями диаметром 3; 3,5; 4; 4,5; 5 и 5,5 мм. Камеры изготовляют с двумя (двухрядные) и тремя (трехрядные) рядами форсунок. Плотность установки форсунок 18 или 24 шт. на 1 м² в одном ряду. На входе воздуха в камеру устанавливают воздухораспределители, а на выходе – каплеуловители. Факел воды первого ряда форсунок направляется по движению воздуха, а второго и третьего рядов – против движения воздуха. Основанием камеры служит бак, снабженный съемным фильтром для воды и переливным устройством. Воздушный фильтр 8 предназначен для очистки воздуха от пыли. Вентиляторный агрегат 11 служит для забора наружного и рециркулируемого воздуха, перемещения воздуха при его обработке в кондиционере и подачи в помещения по сети воздуховодов. Агрегат состоит из центробежного вентилятора и электродвигателя, смонтированных на общей раме и соединенных клиноременной передачей.

Местные кондиционеры устанавливают непосредственно в обслуживаемых помещениях; их подразделяют:

на автономные – вырабатывают холод (тепло) и обрабатывают воздух собственными встроенными агрегатами;

неавтономные – снабжают холодом (теплом) извне от центральных источников.

В кабинах управления машин применяют автономные кондиционеры.

В зависимости от зоны действия кондиционеры подразделяют на общие и локальные. Общие системы кондиционирования воздуха обеспечивают нормируемые параметры микроклимата и чистоту воздуха почти во всем объеме кабины, а локальные – ограничиваются подачей кондиционированного воздуха в зону дыхания оператора.

Для расчета системы кондиционирования воздуха необходимы следующие исходные данные: место и условия эксплуатации машины; тип двигателя; мощность машины и оборудования, избыточное тепло Q , кВт, которое будет проникать в кабину; допустимые параметры микроклимата в соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 – температура t_b , относительная влажность воздуха ϕ_b ; параметры наружного воздуха согласно СНиП 23-01–99 «Строительная климатология» – температура t_n , относительная влажность ϕ_n , теплосодержание I_n , количество влаги, выделяющейся от оборудования и человека W , кг/с (в расчетах можно принять W от оборудования – 0,15 кг/ч на 1 кВт мощности оборудования, а от человека – по рис. 4.20).

Система кондиционирования воздуха рассчитывается по следующим образом:

1) тепловлажностное отношение в кабине определяем по формуле

$$m = Q/W, \text{ кДж/кг},$$

2) принимаем температурный перепад между наружным воздухом и воздухом в кабине Δt , °С;

3) находим производительность кондиционера по воздуху, с учетом плотности воздуха ρ , кг/м³, значение которой принимаем по табл. 4.39 в зависимости от температуры воздуха;

4) производительность кондиционера с учетом запаса на потери воздуха определяем по формуле

$$L_3 = 1,1 \cdot L_k, \text{ м}^3/\text{ч},$$

Таблица 4.39

Плотность и влагосодержание воздуха

Параметр воздуха	Температура, °С П						
	–15	–10	0	+5	+10	+20	+30
Плотность, кг/м ³	1,374	1,342	1,293	1,27	1,248	1,205	1,165
Влагосодержание при полном насыщении воздуха, г/кг	1,1	1,7	3,8	5,4	7,5	14,4	20,3

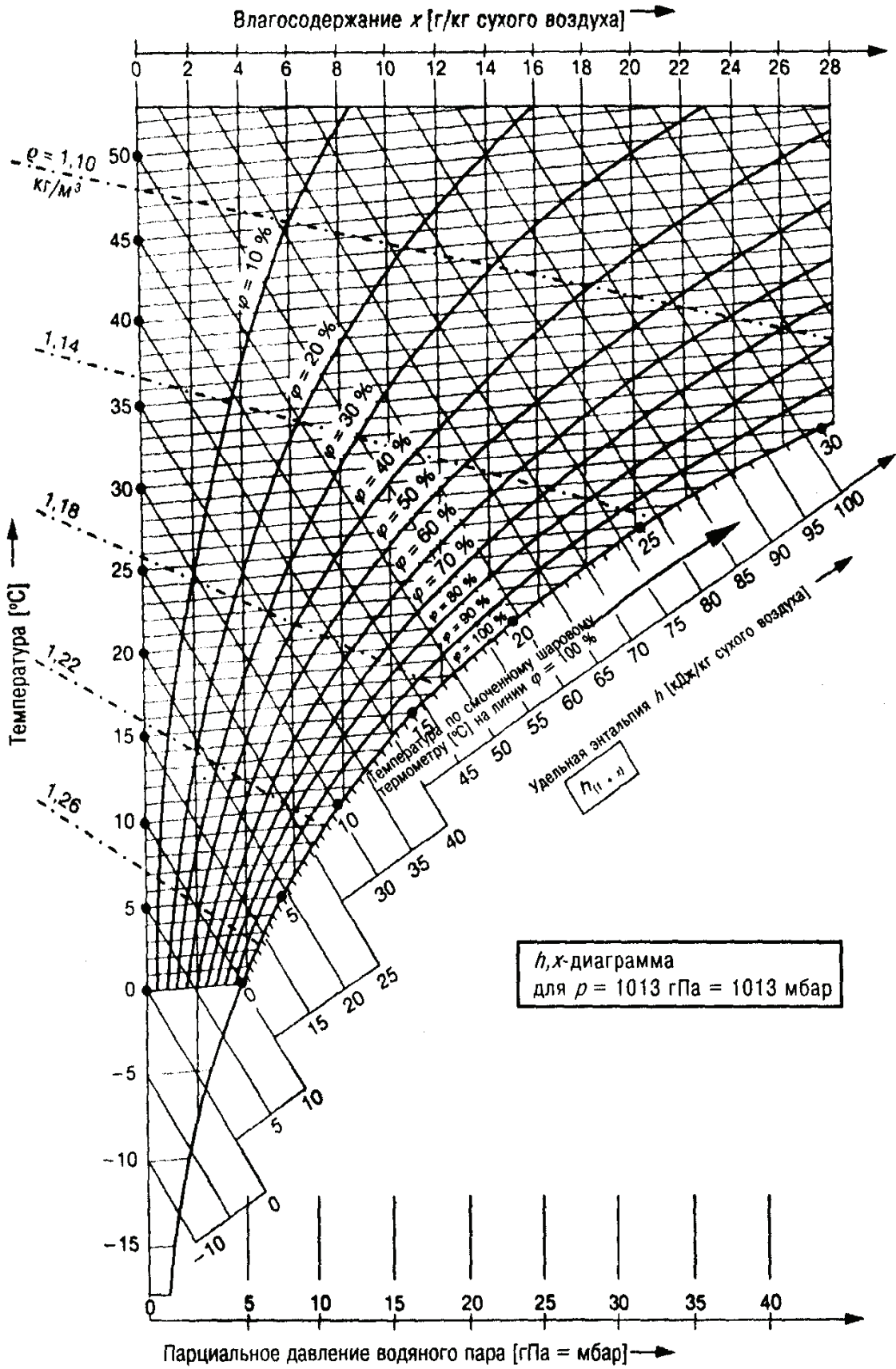


Рис. 4.39. $I-d$ диаграмма

5) пересчитаем истинный перепад температур:

$$\Delta t_{\text{и}} = Q / (C \cdot \rho \cdot L_3), \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$L_k = Q / (C \cdot \rho \cdot \Delta t), \text{ м}^3/\text{ч},$$

6) на $I-d$ диаграмму (рис. 4.39) наносим параметры наружного воздуха $t_{\text{н}}$, $\varphi_{\text{н}}$, $I_{\text{н}}$, затем через точку, определяющую эти параметры, проводим прямую параллельную линии тепловлажностного отношения m . Точка пересечения последней с линией, отвечающей значению температуры воздуха в кабине $t_{\text{к}}$, указывает на параметры кондиционированного воздуха – $\varphi_{\text{к}}$, $I_{\text{к}}$, $d_{\text{к}}$;

7) холодопроизводительность кондиционера определяем по формуле

$$L_x = L_3 \cdot (I_{\text{н}} - I_{\text{к}}), \text{ ккал/ч};$$

8) по значениям L_3 и L_x , используя «Справочник проектировщика» (4.10), подбираем кондиционер.

Кондиционер можно устанавливать как на крыше кабины, так и рядом с ней. Возможные варианты привязки кондиционера с кабиной крана показаны на рис. 4.40–4.42.

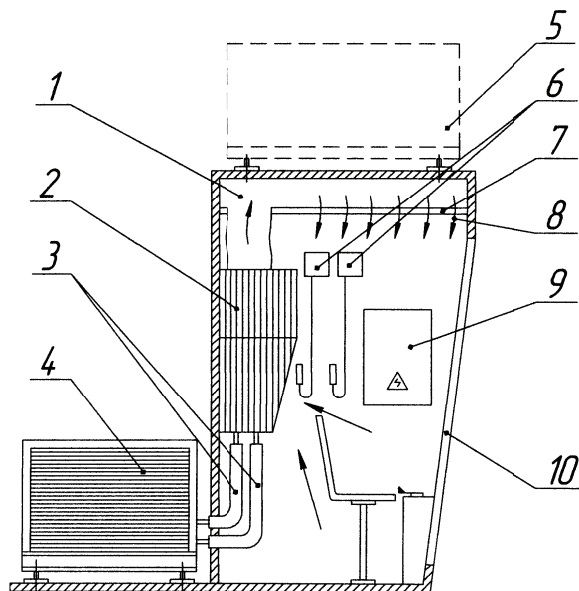


Рис. 4.40. Вариант привязки кондиционера с кабиной крана: 1 – воздуховод; 2 – блок обработки воздуха; 3 – трубопроводы; 4, 5 – компрессорно-конденсаторный блок; 6 – датчики реле температуры; 7 – перфорированный потолок; 8 – движение воздуха; 9 – щит управления; 10 – кабина крана

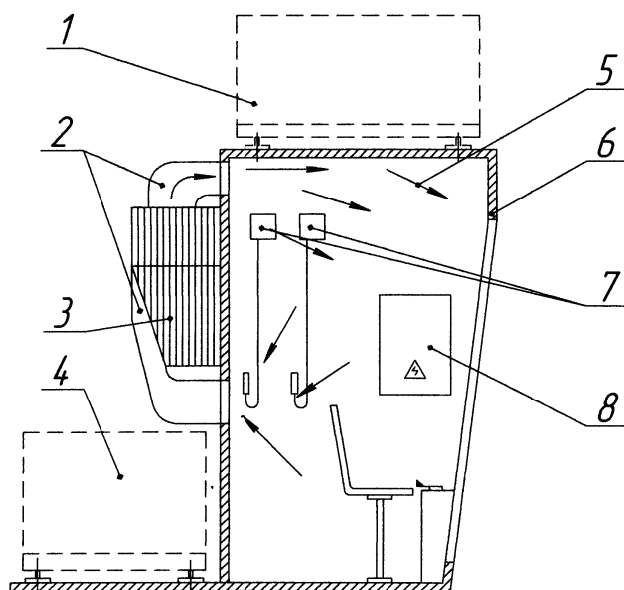


Рис. 4.41. Вариант привязки кондиционера с кабиной крана:
1, 4 – компрессорно-конденсаторный блок; 2 – воздухо-
вод; 3 – блок обработки воздуха; 5 – движение воздуха;
6 – кабина крана; 7 – датчики реле температуры; 8 – щит
управления

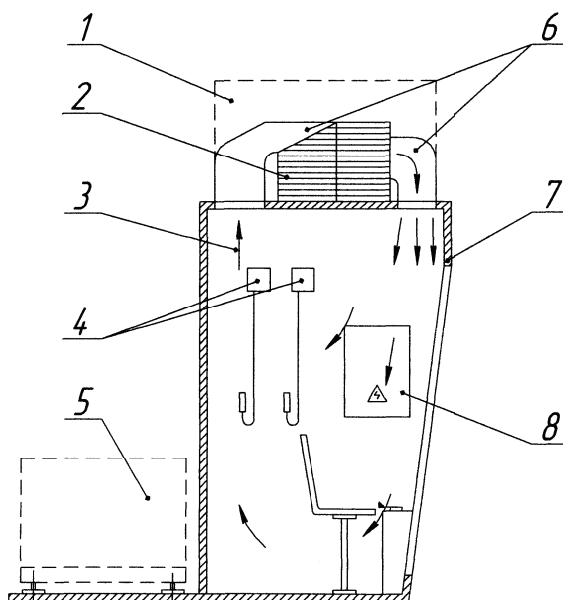


Рис. 4.42. Вариант привязки кондиционера с кабиной крана:
1, 5 – компрессорно-конденсаторный блок; 2 – блок обра-
ботки воздуха; 3 – движение воздуха; 4 – датчики реле
температуры; 6 – воздуховод; 7 – кабина крана; 8 – щит
управления

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое кондиционирование воздуха?
2. Каковы задачи, решаемые с помощью кондиционирования воздуха?
3. Что такое системы кондиционирования воздуха?
4. Какие факторы учитывают при расчете систем кондиционирования воздуха в кабинах управления машин?

4.6. Световая среда

Информацию об окружающей среде человек получает в основном (до 90 %) через зрительный анализатор. Поэтому полнота и качество информации, поступающей через органы зрения, зависят во многом от световой среды. Зрительный процесс основан на том, что свет, излучаемый или отражаемый объектом различения, производит соответствующее раздражение в светочувствительной сетчатке глаза. Способность глаза четко различить форму и детали объекта различения характеризуется *остротой зрения* (рис. 4.43). Наиболее острое зрение – центральное – в конусе с углом $3-4^\circ$.

Важной характеристикой зрения является *зрительное поле* – это измеряемая в градусах область пространства, видимая фиксированным (неподвижным) глазом в среднем поле зрения.

Нацеливание глаз в одну точку называют *конвергенцией*. Среднее время конвергенции 0,16 с.

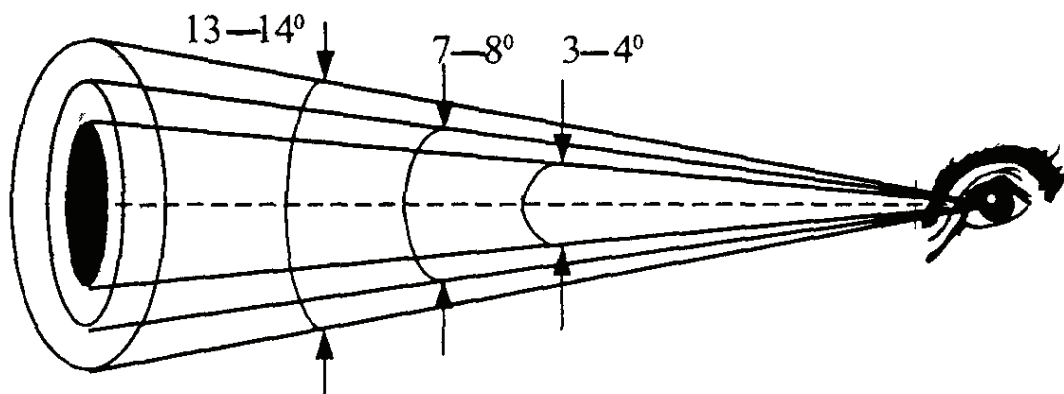


Рис. 4.43. Область острого зрения

Приспособление глаза к четкому различению предметов, находящихся на разных расстояниях (обеспечение резкости изображения), достигается изменением при помощи глазных мышц кривизны хрусталика. Этот процесс называют *аккомодацией*. Время аккомодации длится около 0,1 с.

Значительное влияние на безопасность оказывает способность глаза различать цвета. У некоторых людей могут быть врожденные или приобретенные отклонения в цветоразличении. В процессе жизнедеятельности человека происходит снижение его зрительных функций, что связано с возрастом, болезнями, принятием лекарственных препаратов, употреблением некоторых продуктов питания и др.

Важнейшим фактором создания условий труда, отражающемся на состоянии органов зрения и самочувствии человека, является *освещение*. Неудовлетворительное освещение помещений, места производства работ может явиться причиной утомления органов зрения, снижения производительности труда, ухудшения самочувствия работающих, несчастных случаев, аварий. Неправильно выполненное освещение может привести к взрывам, пожарам или неспособности человека различить условную окраску на электрических кабелях, баллонах, трубопроводах, знаках безопасности и др.

В зависимости от источника света выделяют естественное, искусственное и совмещенное освещение.

естественное освещение характерно для светлого времени суток и при работе в помещениях, в которых имеются световые проемы (окна) в стенах и фонари в крыше здания. По своему спектральному составу оно является наиболее приемлемым;

искусственное освещение используют для приближения ночных условий труда к дневным, поскольку в это время суток отсутствует достаточная освещенность поля зрения работающих равномерно распределенным световым потоком. Отличается оно относительной сложностью восприятия его органами зрения. Это связано с тем, что суточные переходные режимы естественной освещенности имеют малую частоту при достаточно высокой (днем) или очень низкой (ночью) интенсивности светового потока, а искусственное – довольно большую частоту при недостаточной в целом освещенности. Поэтому при искусственном освещении начинают возникать неустойчивые зрительные процессы, которые из-за большой частоты сменяемости световых условий накладываются друг на друга, не давая глазу времени на адаптацию в новых условиях. От усиленной деятельности приспособительных механизмов органы зрения быстро устают, что вызывает общее утомление организма.

При *совмещенном* освещении недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Системы естественного освещения (виды, характеристики, гигиенические требования)

В зависимости от конструктивного оформления различают следующие виды естественного освещения (рис. 4.44):

одностороннее боковое – через световые проемы в наружных стенах;

двустороннее боковое;

верхнее – через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания; используют в производственных зданиях с большой площадью, целесообразность его применения решают в каждом отдельном случае применительно к производственным особенностям и типу зданий и с учетом требований аэрации;

комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

Естественный свет внутри помещения распределяется неравномерно в зависимости от конструкции световых проемов и их размещения. При одностороннем боковом освещении уровень его в глубине помещения уменьшается. Лучшее освещение обеспечивается боковыми проемами. При верхнем освещении хорошо освещается пространство в середине помещения и хуже у стен. Устройство комбинированного освещения создает более равномерное освещение по всей глубине помещения.

Выбор системы освещения – верхнего, бокового или комбинированного – определяют в зависимости от назначения помещения.

Верхнее и комбинированное естественное освещение применяют преимущественно в производственных одноэтажных многопролетных зданиях (три пролета и более).

Боковое естественное освещение используют в многоэтажных производственных зданиях, а также в производственных зданиях, в которых отношение глубины помещений к высоте окон над условной рабочей поверхностью не превышает 8.

Кроме того, при устройстве окон в стенах, учитывают также следующее:

предпочтительнее одно большое окно, чем несколько небольших того же суммарного размера;

окна должны располагаться равномерно и возможно ближе к потолку, должны иметь узкие и редкие переплеты;
свет через окна должен падать на рабочее место слева по отношению к работнику с углом падения световых лучей не менее 25–30°.

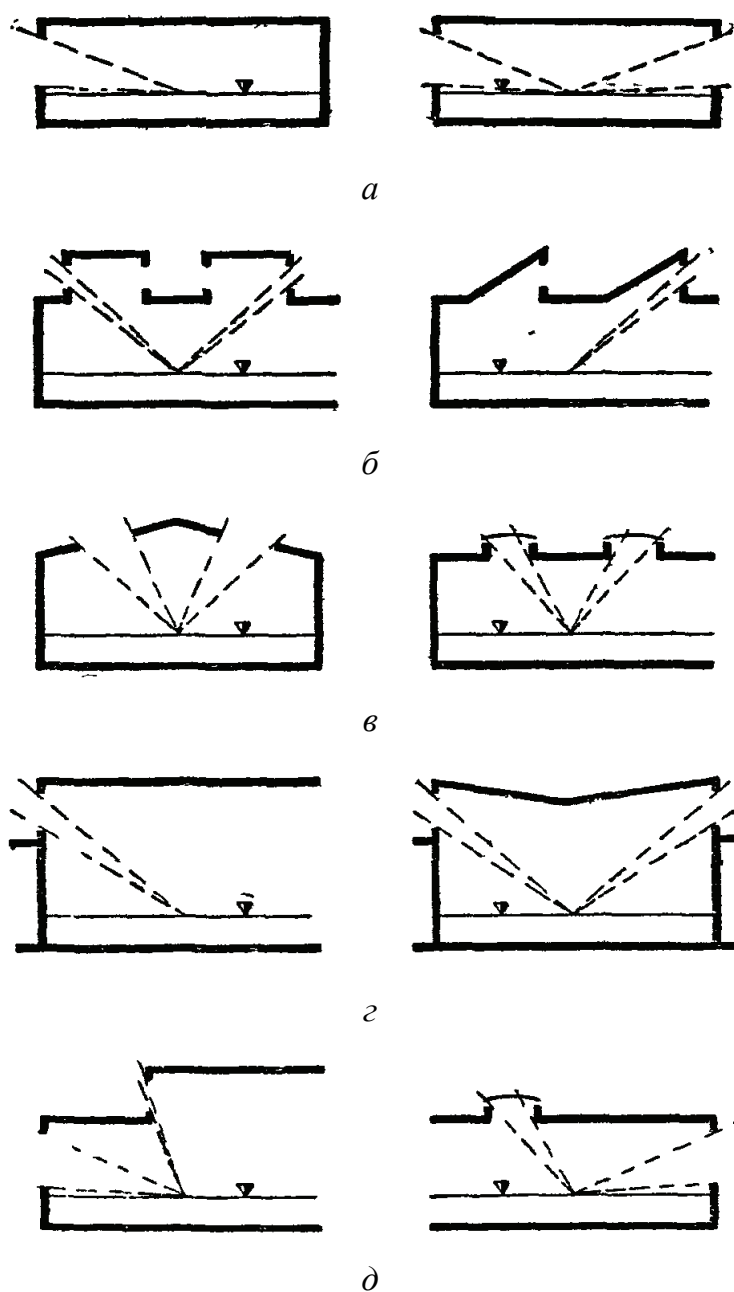


Рис. 4.44. Схемы естественного освещения зданий:
а – бокового; б–г – верхнего; д – комбинированного
(треугольником обозначен уровень условной рабочей поверхности)

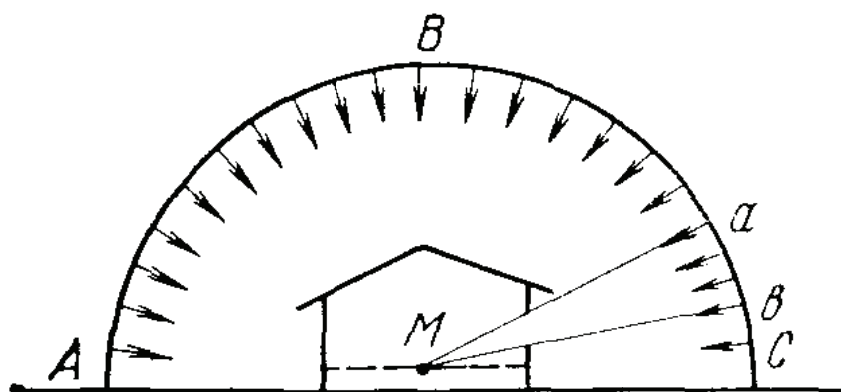


Рис. 4.45. Схема для определения КЕО

В световых проемах ограждающих конструкций зданий предусматривают устройства и приспособления (солнцезащитные козырьки, экраны, жалюзи, шторы, пустотелые стеклянные блоки и др.), устраняющие на рабочих местах действие прямой или отраженной блескости.

Условия работы органов зрения при естественном освещении можно охарактеризовать количественными и качественными показателями.

Количественный показатель – коэффициент естественной освещенности (КЕО) – отношение естественной освещенности (рис. 4.45), созданной в некоторой точке М заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности в этой точке, создаваемой рассеянным светом полностью открытого небосвода, выражаемой в процентах.

Качественный показатель учитывает неравномерность освещения (отношение среднего значения КЕО к минимальному КЕО в помещении), так как наружная освещенность не постоянна и резко колеблется как по времени года, так и по часам суток.

Гигиенические требования к освещению регламентируют СНиП 23-05–95 «Естественное и искусственное освещение».

Для систем естественного освещения нормируемыми параметрами являются коэффициент неравномерности освещения и КЕО (e_N):

$$e_N^{I, II, IV, V} = e_H^{III} \cdot m \cdot C,$$

где N – номер группы помещения по задачам зрительной работы согласно СНиП 23-05–03; m – коэффициент светового климата (табл. 4.40); e_H –

нормируемое значение КЕО для зданий, расположенных в III поясе светового климата (табл. 4.41); C – коэффициент солнечности климата (табл. 4.42), учитывающий дополнительный световой поток, проникающий через световые проемы в помещение за счет прямого и отраженного от подстилающей поверхности солнечного света в течение года.

Значения КЕО зависят от подряда (а–г) и разряда зрительных работ по точности (СНиП 23-05–03 устанавливают с I по VIII разряды при производстве работ в помещениях), контраста объекта с фоном, характеристики фона и системы освещения по конструктивному оформлению.

Таблица 4.40

Коэффициент светового климата m

Пояс светового климата	Коэффициент светового климата m
I	1,2
II	1,1
III	1,0
IV	0,9
V	0,8

При одностороннем боковом естественном освещении (рис. 4.46, а) значение КЕО нормируется в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, т. е. в точке, наиболее удаленной от световых проемов на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Условная рабочая поверхность – это горизонтальная поверхность стола (поста оборудования и др.) на высоте 0,8 м, на которой производится работа.

При двустороннем боковом естественном освещении (рис. 4.46, б) значение КЕО нормируется в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

При верхнем естественном освещении (рис. 4.46, в) нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Обе расчетные точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен или осей средних колонн.

Таблица 4.41

Коэффициент естественного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд, подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение			Совмещенное освещение	
					$e_{н, \text{III}}, \%$				
					при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Наивысшей точности	Менее 0,15	Iб	Малый Средний	Средний Темный	–	–	–	6,0	2,0
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	Пв	Малый Большой	Светлый Средний	–	–	–	4,2	1,5
		Пг	Малый	Светлый	–	–	–	4,2	1,5
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	Шв	Малый	Светлый	–	–	–	3,0	1,2
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IVб	Средний	Темный	4,0	1,5	1,5	2,4	0,9
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0	Vб	Средний	Темный	3,0	1,0	1,0	1,8	0,6
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI			3,0	1,0	1,0	1,8	0,6
		VII	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		3,0	1,0	1,0	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	–								
Постоянное общее наблюдение за ходом производственного процесса	–	VIIа			3,0	1,0	1,0	1,8	0,6

Таблица 4.42

Коэффициент солнечности климата С

Пояс светового климата	При световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта (азимут)							При зенитных фонарях
	в наружных стенах зданий		в прямоугольных и трапециевидных фонарях		в фонарях типа шед 316 – 45°			
	136–225°	226–315° 46–135°	316–45°	69–113° 249–293°	24–68° 204–248° или 114–158° 294–338°	159–203° 339–23°		
I	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1
II	0,85	0,9	1	0,95	1	1	1	1
IV: севернее 50° с. ш. 50° с. ш. и южнее	0,75 0,7	0,8 0,75	1 0,95	0,85 0,8	0,9 0,85	0,95 0,9	1 0,95	0,9 0,85
V: севернее 40° с. ш. 40° с. ш. и южнее	0,65 0,6	0,7 0,65	0,9 0,85	0,75 0,7	0,8 0,75	0,85 0,8	0,9 0,85	0,75 0,65

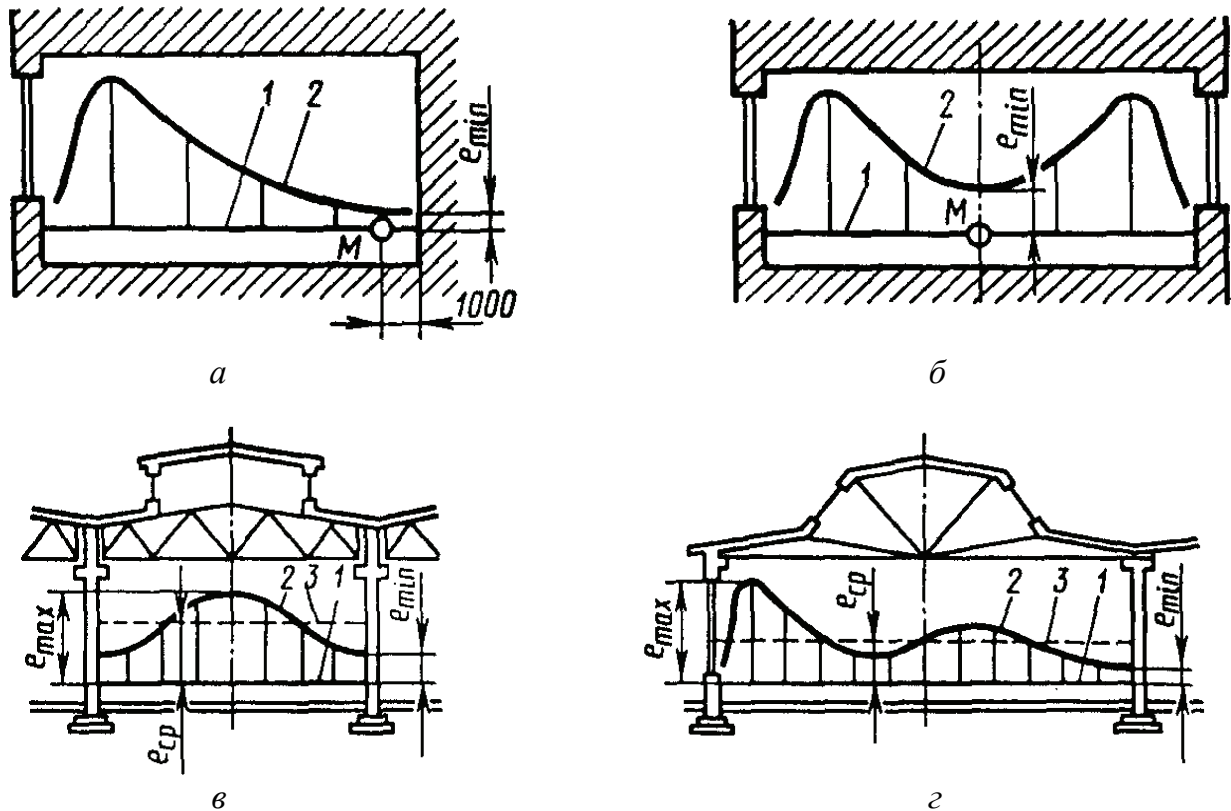


Рис. 4.46. Кривые распределения естественной освещенности при освещении: *а* – одностороннем боковом; *б* – двустороннем боковом; *в* – верхнем; *г* – комбинированном; 1 – уровень рабочей плоскости; 2 – кривая, характеризующая изменение освещенности в плоскости разреза помещения; 3 – уровень среднего значения КЕО; e_{cp} – при верхнем и комбинированном освещении; e_{min} , e_{max} – при боковом одно- и двустороннем освещении; М – точка минимальной освещенности при боковом одно- и двустороннем освещении

Неравномерность естественного освещения производственных зданий с верхним или комбинированным освещением не должна превышать 3:1. Неравномерность естественного освещения не нормируется для помещений с боковым освещением, для производственных помещений, в которых выполняются работы VII и VIII разрядов.

Расчет естественного освещения

Исходными данными при проектировании естественного освещения являются:

размеры объектов различения, разряд точности зрительных работ;
требуемые значения КЕО в зависимости от назначения помещения и характеристик зрительной работы;

местонахождение здания на карте светового климата Российской Федерации (табл. 4.42);

требуемая равномерность естественного освещения;

тип светового проема и светопропускающий материал;

габариты и расположение оборудования, а также возможное затенение рабочих поверхностей и др.

На первом этапе делают предварительный расчет естественного освещения помещения, т. е. определяют КЕО и необходимую площадь световых проемов. Предварительный расчет КЕО при боковом естественном освещении выполняют по графику (рис. 4.47) в следующем порядке:

1) по заданному расстоянию от расчетной точки до стены с окнами l и высоте окна h_1 находят отношение l/h_1 ;

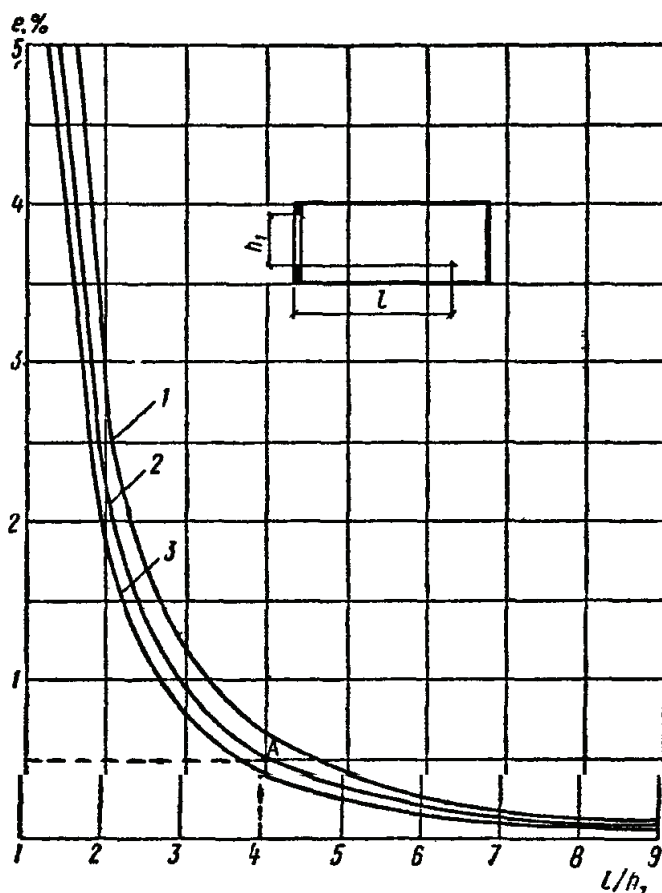


Рис. 4.47. Зависимость минимального значения КЕО (e , %) в точках характерного разреза помещения от отношения l/h_1 и типа заполнения ленточного окна: 1 — при заполнении оконным стеклом в спаренных переплетах; 2 — при заполнении профильным стеклом; 3 — при заполнении стекложелезобетоном; А — точка пересечения вертикали с кривой 2

2) по заданным типу окна и материалу его заполнения определяют соответствующую кривую;

3) на кривой находят точку с абсциссой заданного значения l/h_1 ;

4) по ординате найденной точки определяют искомое значение КЕО.

На втором этапе вносят необходимые коррективы в проект естественного освещения и производят повторный проверочный расчет (при необходимости).

Задача 13

Производственное помещение с ленточным окном в наружной стене имеет глубину 36 м, длину 48 м и высоту 7,2 м. Ленточное окно заполнено профильным стеклом и имеет высоту $h_1 = 6$ м.

Определить расчетное значение КЕО в точке характерного разреза помещения, удаленной от наружной стены на расстояние $l = 24$ м и лежащей на горизонтальной рабочей поверхности на уровне 0,8 м от пола.

Решение

1) отношение $l/h_1 = 24/6 = 4$;

2) на рис. 4.47 находим кривую 2, соответствующую заданному светопропускающему материалу – профильному стеклу, на ней точку А, абсцисса которой равна отношению $l/h_1 = 4$;

3) по ординате точки А определяем, что расчетное значение КЕО в заданной точке равно 0,5 %.

Целью расчета естественного освещения является определение площади световых проемов S_0 производственного помещения. С помощью расчета определяют такое соотношение площади оконных проемов к площади пола $S_{\text{п}}$, при котором обеспечивается минимально допустимое значение КЕО на рабочем месте:

$$100 \cdot (S_0/S_{\text{п}}) = [(e_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot \eta_0)/(\tau_0 \cdot r_1)] \cdot K_{\text{зт}},$$

где K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыленность воздуха в помещении (принимают по СНиП 23-05–03); η_0 – световая характеристика окна, равная площади светового проема, %, от площади пола (принимают по СНиП 23-05–03); τ_0 – общий коэффициент светопропускания оконных проемов (табл. 4.43); r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО благодаря свету, отраженному от светлых поверхностей оборудования, стен и потолка помещения (принимают по СНиП 23-05–03); $K_{\text{зт}}$ – коэффициент, учитывающий затенение оконных проемов соседними зданиями (принимают по СНиП 23-05–03 в зависимости от отноше-

ния расстояния между проектируемым зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания).

Таблица 4.43

Общий коэффициент светопропускания оконных проемов помещений

Тип переплета	Значения коэффициента светопропускания			
	деревянные переплеты		металлические переплеты	
	вертикальное остекление	наклонное остекление	вертикальное остекление	наклонное остекление
Одинарный	0,4	0,3	0,5	0,4
Двойной	0,25	0,2	0,3	0,25
Сдвоенный	0,3	0,25	0,4	0,3
Стеклоблочное заполнение проема	0,3	0,2	–	–

Примечания: 1. При применении светорассеивающего или армированного стекла значения коэффициента светопропускания принимают с поправкой 0,8;

2. При затемнении рабочей плоскости пересекающими светопроемы элементами несущих конструкций значения коэффициента светопропускания принимают с поправкой: 0,9 – при стальных фермах; 0,8 – при железобетонных и деревянных фермах; 0,7 – при железобетонных арках и сплошных балках высотой более 500 мм.

Задача 14

Ремонтный цех одного из предприятий, расположенного в V поясе светового климата, имеет ширину $A = 36$ м (два пролета по ширине $A_1 = 18$ м), длину $B = 48$ м и высоту $H = 6$ м. Плиты покрытия опираются на железобетонные фермы высотой сечения 2,7 м. В цехе запроектировано верхнее естественное освещение через световые проемы в плоскости покрытия; световые проемы закрыты колпаками из однослойного светопропускающего бесцветного стеклопластика. Световые проемы в разрезе имеют форму усеченного конуса, высота которого $h = 0,6$ м, радиус верхнего основания $r = 0,6$ м, радиус нижнего основания $R = 0,95$ м. Стенки светового проема имеют коэффициент отражения $\eta_{\phi} = 0,7$. Коэффициент отражения поверхностей помещения $\eta_{\text{п}} = 0,55$, стен $\eta_2 = 0,3$, пола $\eta_3 = 0,1$. Площадь боковой поверхности $S_{\text{б}}$, входного $S_{\text{вх}}$ и выходного $S_{\text{вых}}$ отверстий светового проема в плоскости покрытия соответственно равны $3,37 \text{ м}^2$, $1,13 \text{ м}^2$, $2,84 \text{ м}^2$. Загрязнение световых проемов умеренное. Солнцезащитные средства отсутствуют. Затенение световых

проемов соседними зданиями не учитывать. Разряд выполняемых в цехе работ по точности – V.

Рассчитать необходимую площадь световых проемов.

Решение

1. Для V пояса светового климата КЕО = 3 %, коэффициент светового климата $m_V = 0,8$, коэффициент солнечности $C_V = 0,75$.

2. Нормированное значение КЕО

$$e_N = 3 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 1,8 \text{ \%}.$$

3. Определяем отношения

$$B/A_1 = 48/18 \approx 2,67,$$

$$H/A_1 = 6/18 \approx 0,33,$$

$$(S_{\text{вх}} + S_{\text{вых}})/S_0 = (1,13 + 2,84)/3,37 \approx 1,18.$$

4. По значениям отношений по СНиП 23-05–03 находим, что световая характеристика светового проема в плоскости покрытия $\eta_0 = 2,1$.

5. По СНиП 23-05–03 находим следующие значения:

коэффициент светопропускания стеклопластика $\tau_c = 0,75$;

коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светового проема, $\tau_2 = 1$ (так как переплеты отсутствуют);

коэффициент, учитывающий потери света в слое загрязнения остекления, $\tau_3 = 0,55$ (так как загрязнение световых проемов умеренное);

коэффициент, учитывающий потери света вследствие затенения строительными конструкциями, $\tau_4 = 0,8$ (так как железобетонные фермы высотой 2,7 м);

коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных средствах, $\tau_5 = 1,0$ (так как солнцезащитные средства отсутствуют);

коэффициент, учитывающий тип светового проема при верхнем освещении, $K_\Phi = 1,1$.

6. Общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = 0,75 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,33.$$

7. Площадь пола

$$S_{\text{п}} = 36 \cdot 48 = 1\,728 \text{ м}^2.$$

8. Площадь стен

$$S_2 = (36 + 36 + 48 + 48) \cdot 6 = 1\,008 \text{ м}^2.$$

9. Площадь потолка

$$S_3 = 36 \cdot 48 = 1\,728 \text{ м}^2.$$

10. Суммарная площадь внутренних ограждений помещения

$$\sum S = S_{\text{п}} + S_2 + S_3 = 1\,728 + 1\,008 + 1\,728 = 4\,464 \text{ м}^2.$$

11. Средневзвешенный коэффициент отражения внутренних поверхностей помещения

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ср}} &= (\eta_{\text{п}} \cdot S_{\text{п}} + \eta_2 \cdot S_2 + \eta_3 \cdot S_3) / \sum S = \\ &= (0,55 \cdot 1728 + 0,3 \cdot 1008 + 0,1 \cdot 1728) / 4464 \approx 0,32. \end{aligned}$$

12. В соответствии со строительными нормами и правилами при отношении $H/A_1 \approx 0,33$ и $\rho_{\text{ср}} \approx 0,32$ значение коэффициента, учитывающего повышение КЕО при верхнем освещении за счет света, отраженного от поверхностей помещения, $r_1 = 1,1$.

13. Соотношение площади оконных проемов к площади пола $S_{\text{п}}$, при котором обеспечивается минимально допустимое значение КЕО на рабочем месте,

$$S_{\text{о}}/S_{\text{п}} = [(1,8 \cdot 2,1) / (0,33 \cdot 1,1)] \approx 10,4 \text{ \%}.$$

14. Необходимая площадь световых проемов составит

$$S_{\text{о}} = S_{\text{п}} \cdot 10,4/100 = 1728 \cdot 10,4/100 \approx 180 \text{ м}^2.$$

Системы искусственного освещения (виды, характеристики, гигиенические требования)

По назначению общее искусственное освещение классифицируют следующим образом:

на рабочее – предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта; должно быть независимым от наличия аварийного освещения;

дежурное – освещение в нерабочее время;
 охранное – освещение, предусматриваемое для охраны периметра и территории объекта;

освещение безопасности – аварийное (необходимо для продолжения работы в помещениях и на открытых пространствах, если прекращение работы в нормальном режиме из-за отсутствия рабочего освещения может вызвать пожар, взрыв, отравления людей, опасность травматизма в местах массового скопления, а также длительное нарушение технологического процесса и др.) и эвакуационное (для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения).

По конструктивному оформлению искусственное освещение может быть двух систем (рис. 4.48): общего и комбинированного.

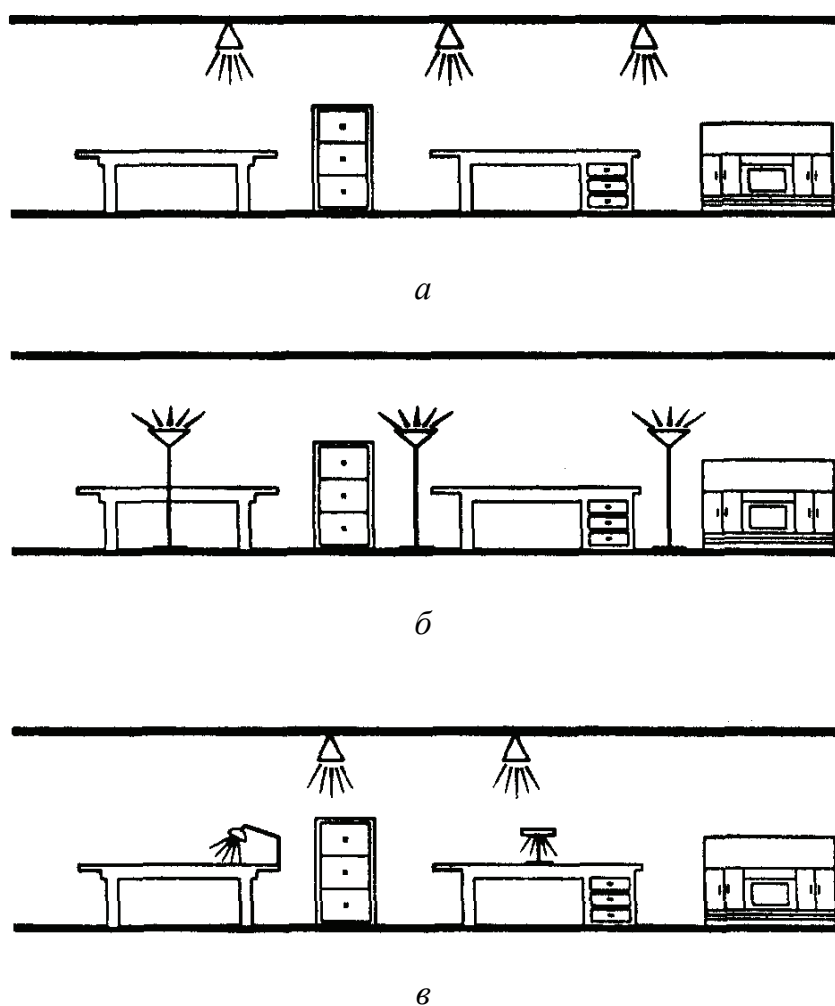


Рис. 4.48. Системы искусственного освещения:
a – общее равномерное; *б* – общее локализованное; *в* – комбинированное

Общее освещение используют для освещения всего помещения; может быть равномерным, т. е. создающим условия зрительной работы в любом месте освещаемого помещения, или локализованным, т. е. создающим условия зрительной работы с учетом размещения рабочих мест;

Комбинированное освещение представляет собой сочетание общего и местного освещения, применяют его при выполнении работ высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света.

Общее освещение психологически настраивает человека на коллективные действия и общение. Местное освещение обособливает каждое рабочее место и способствует индивидуальному производственному процессу. Вместе с тем исследования, проведенные в ряде стран, показали, что одно местное освещение создает у человека ощущение одиночества, изоляции от общества и приводит к угнетенному состоянию. Общее освещение, наоборот, создает впечатление раскованности, свободы. Устройство только местного освещения запрещено, кроме временного (ручными светильниками), относящегося к разряду переносного и передвижного.

Часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как свет, называют *световым потоком* F ; единица измерения люмен (лм). Световой поток, заключенный внутри телесного угла θ , в вершине которого расположен точечный источник света силой I , определяется по формуле

$$F = I \cdot \theta.$$

Телесный угол θ – это угол, в пределах которого распространяется световой поток. Полный телесный угол пространства, окружающего точку, равен 4π стерадиан (ср), телесный угол каждой из полусфер равен 2π (ср).

Точечные источники света характеризуются *силой света* I , определяемой отношением светового потока к телесному углу, в пределах которого он распространяется:

$$I = F/\theta.$$

Сила света измеряется в канделах (кд).

Освещение рабочей поверхности будет тем лучше, чем больший световой поток приходится на эту поверхность. Степень освещения по-

верхности, т. е. плотность светового потока на освещаемую поверхность, характеризуется *освещенностью*:

$$E = F/S,$$

где E – освещенность поверхности, единица измерения – люкс (лк); S – площадь освещаемой поверхности, м².

При освещении рабочей поверхности в ней выделяются светлые и темные объекты, различающиеся своей яркостью.

Яркость – отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению излучения; единицей измерения является кд/м². Яркость определяет световое ощущение, получаемое органами зрения человека, которая во многом зависит от отражающих свойств поверхности. Если яркость поверхности очень мала, на ней трудно различать некоторые детали объекта, и наоборот, если яркость очень велика, то поверхность обладает слепящим действием.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым, если коэффициент отражения поверхности $\rho > 0,4$, средним при $\rho = 0,2-0,4$ и темным при $\rho < 0,2$. Коэффициент отражения есть отношение отраженного от поверхности светового потока к падающему на нее световому потоку.

Контраст объекта различения с фоном K – это отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона. Он считается:

большим – при $K > 0,5$ (объект и фон резко отличаются по яркости);

средним – при K от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости);

малым – при $K < 0,2$ (объект и фон мало отличаются по яркости).

Показатель ослепленности P – это критерий оценки слепящего действия из-за наличия в поле зрения объектов большой яркости. Отмечается неприятным, дискомфортным ощущением зрительного восприятия объектов, ослепленностью, нервно-психическими расстройствами, головными болями, ошибочными действиями и др.

Показатель дискомфорта – характеристика качества освещения, определяющая степень дополнительной напряженности работы органов зрения, вызванной наличием резкой разницы яркостей одновременно видимых поверхностей в освещенном помещении.

Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$ – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным электрическим током.

Гигиенические требования к искусственному освещению производственных помещений зависят прежде всего от характера зрительной работы. Глаза человека различают рассматриваемые объекты в широких пределах освещенности. Так, книжный текст можно читать уже при освещенности 0,1 лк, можно читать книгу и при ярком солнечном свете, когда освещенность превышает 5000 лк. Но и в том и в другом случае глаза устают, возникает перенапряжение зрительных рецепторов, а следовательно, и центральной нервной системы. Поэтому освещенность должна быть такой, чтобы при длительной зрительной работе глаза не уставали. Очевидно, что напряжение зрительной работы не одинаково при чертежных работах и погрузочно-разгрузочных работах.

В основу нормирования освещения положены исследования зрительной работы с объектами различных размеров при изменении освещенности. В процессе исследований выявлены условия освещенности, при которых количество ошибок было наименьшим, а производительность наибольшей. Выяснилось, что для работ средней точности наименьшее утомление наступает при освещенности 1 200 лк, а наибольшая производительность наблюдается при освещенности 2 000 лк. Однако в некоторых случаях экономические затраты на увеличение освещенности не окупались ростом производительности. Следовательно, установить нормы освещенности, оптимальные по всем показателям, довольно сложно. Во многих случаях при установлении норм преобладающее значение имеют такие факторы, как безопасность труда, гигиена зрения, культура производства и экономика.

При отсутствии в помещении естественного освещения или его недостаточности предусматривают компенсацию этого фактора через систему искусственного освещения путем увеличения освещенности. Основные требования СНиП 23-05–03 по компенсации отсутствия или недостаточности естественного освещения в помещении заключаются в том, что при отсутствии естественного освещения и постоянном пребывании работающих норма освещенности повышается на одну ступень для системы общего освещения (если ее величина составляет 750 лк и менее) и для общего освещения в системе комбинированного. Кроме того, при недостаточности естественного освещения норма освещенности от системы общего искусственного освещения должна быть повы-

шена на одну ступень (кроме разрядов Ib, Iv, Pb) не более 750 лк при разрядных лампах и 300 лк при лампах накаливания. Освещенность от светильников общего освещения в системе комбинированного следует повышать на одну ступень, кроме разрядов Ia, Ib, Pa.

Таким образом, всякое нормирование дифференцированно учитывает следующие характеристики зрительного процесса:

точности работы (четкость различения объекта определенного размера с определенного расстояния);

отражающей способности фона, на котором различаются объекты; контраста между объектом различения и фоном;

необходимости поиска объекта различения и наличие посторонних отвлекающих объектов;

подвижности рабочей поверхности, затрудняющая различение объектов;

длительности зрительного напряжения в течение рабочего времени.

Кроме того, при выборе освещенности и системы освещения учитывают такие факторы, как опасность прикосновения к предметам, находящимся в рабочей зоне (режущему инструменту, движущимся и вращающимся деталям, нагретым поверхностям, токоведущим частям и т. п.); наличие в поле зрения самосветящихся поверхностей, создающих резкий контраст с фоном или действующих ослепляюще; возраст работающих, так как с возрастом потребность в освещении увеличивается.

Учитывая изложенное выше, требования к нормальному освещению рабочих мест можно сформулировать так:

освещение должно быть достаточным, чтобы в поле зрения различались без напряжения зрения самые мелкие объекты;

в поле зрения не должно быть повышенной яркости, контрастности и слепящего действия источников света;

освещение должно быть постоянным во времени (без пульсации) и равномерным по площади;

затраты энергии на освещение должны быть экономически оправданы.

Эти требования и учтены в действующих в нашей стране нормах освещения. Причем действуют две системы нормирования. Первая система нормирует освещенность E_n как функцию признаков, характеризующих зрительный процесс, без указания конкретной работы – по точности зрительных работ и размеру объекта различения (табл. 4.44). Вторая система – отраслевая, учитывающая особенности производственных процессов.

Таблица 4.44

Нормы освещённости рабочих мест по характеру зрительных работ

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Норма освещённости, лк,		
						при комбинированном освещении	в том числе от общего освещения	при системе общего освещения
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	—
						4500	500	—
						4000	400	—
						3500	400	1000
			б	Малый	Средний	2500	300	750
						2000	200	600
						1500	200	400
						1250	200	300
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	Малый	Темный	4000	400	—
						3500	400	—
						3000	300	750
						2500	300	600
			б	Малый	Средний	2000	200	500
						1500	200	400
						1000	200	300
						750	200	200
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000	200	500
						1500	200	400
						1000	200	300
						750	200	200
			б	Малый	Средний	2000	200	500
						1500	200	400
						1000	200	300
						750	200	200

Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	a б в г	Малый Малый Средний Большой	Темный Средний Средний Светлый	750 500 400 –	200 200 200 –	300 200 200 200
Малой точности	От 1,0 до 5,0	V	a б в г	Малый Малый Малый Большой	Темный Средний Светлый Светлый	400 – – –	200 – – –	300 200 200 200
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	–	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	–	200	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах Постоянное наблюдение за ходом производственного процесса	Более 0,5	VII VIII	– a			–	200 200	

Примечания: 1. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительных работ установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего.

2. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности: на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более; на одну ступень при системе общего освещения для разрядов I–V, VI; на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

Нормативные значения для показателя ослепленности и коэффициента пульсации освещенности принимают по отраслевым нормам искусственного освещения. Если в отраслевых нормах нормативные значения показателя ослепленности и коэффициента пульсации освещенности не указаны, то их величины принимают по табл. 4.45–4.46 в соответствии с разрядами и подразядами зрительных работ.

Таблица 4.45

Нормативные значения показателя ослепленности Р

Разряд зрительной работы	Показатель ослепленности
I, II,	20
III, IV, V, VI, VII, VIIIa	40

Таблица 4.46

Нормативные значения $K_{п}$ для газоразрядных ламп

Система освещения	Коэффициент пульсации освещенности, %, при разрядах зрительной работы		
	I, II	III	IV–VIII
Общее освещение	10	15	20
Комбинированное освещение:			
общее	20	20	20
местное	10	15	20

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации механизмов и приборов внутри кабин управления освещенность должна быть не менее 50 лк. Освещение приборов и указателей не должно давать бликов на их стеклах. Общая освещенность в кабине на уровне щитка приборов должна быть не менее 10 лк, а шкалы приборов и указателей – не менее 1,2 лк. Индивидуальное освещение предусматривают для каждого прибора путем размещения малогабаритного светильника за его панелью.

Источники света и осветительные приборы

Искусственное освещение создается электрическими источниками света и осветительными приборами.

Электрическим источником света называют устройство, преобразующее электрическую энергию в энергию видимых излучений. По

принципу действия различают лампы накаливания (ЛН) и газоразрядные лампы (ГЛ).

Лампа накаливания (рис. 4.49, *а*) представляет собой стеклянную колбу, внутри которой в вакууме или инертном газе находится нить из тугоплавкого проводника. В лампах преобразование электрической энергии в световую происходит за счет накаливания тугоплавкого проводника электрическим током. Нить накала может сворачиваться в спираль (моноспираль), биспираль (нити имеют форму двойных спиралей) и триспираль (нити имеют форму тройных спиралей). У биспиральных и триспиральных ламп накаливания световая отдача выше, чем у моноспиральных ламп.

Лампы накаливания могут быть вакуумными – тип В; газонаполненными (с аргоновым или криптоновым наполнителем) – типы Г, Б, БК.

Лампы изготавливают как в прозрачных, так и матированных (МТ), опаловых (О), молочных (МЛ) колбах.

Условные обозначения ламп накаливания общего назначения включают слово «лампа», тип наполнения и тела накала, вид колбы лампы, диапазон напряжения; номинальная мощность; номер ГОСТа. Например, обозначение «Лампа ГМТ 220-230-150 ГОСТ 2239–79» расшифровывается так: лампа газонаполненная, моноспиральная, аргоновая в матированной колбе на напряжение 220–230 В, мощность 150 Вт, ГОСТ 2239–79.

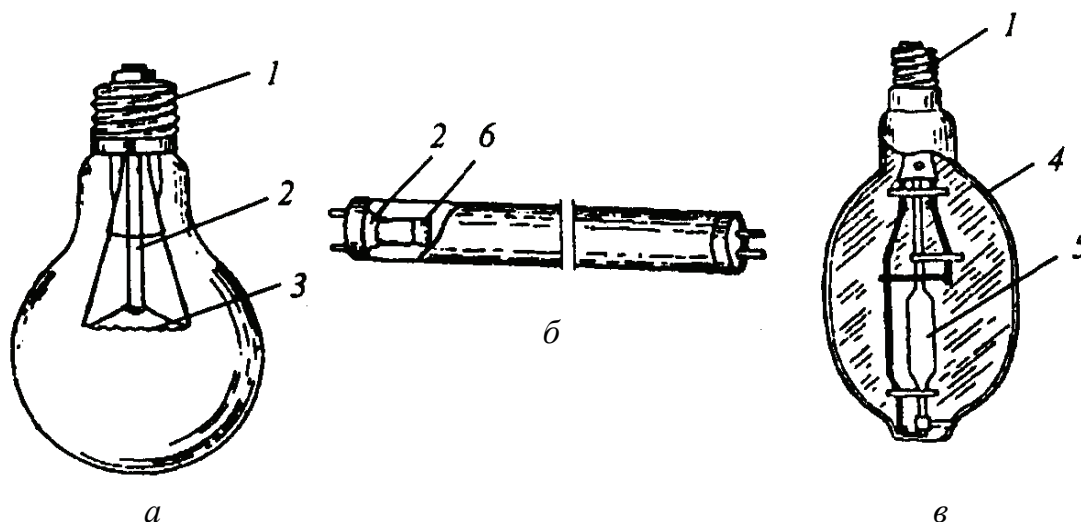


Рис. 4.49. Электрические источники света: *а* – лампа накаливания; *б* – люминесцентная лампа; *в* – дуговая ДРЛ; 1 – цоколь; 2 – стеклянная ножка; 3 – нить накала; 4 – люминофор; 5 – кварцевая трубка; 6 – электрод

Лампы накаливания для местного освещения (МО) изготавливают на напряжение 1,25; 2,3; 2,5; 12; 24; 36 В.

Световой поток лампы со временем уменьшается, что отражается и на сроке службы, который для ламп накаливания не превышает 1000 ч. Для увеличения срока службы (более чем в два раза) промышленность выпускает галогенные лампы накаливания, в которых йод, входящий в состав газового заполнения колбы, при определенных условиях обеспечивает обратный перенос испарившихся частиц вольфрама со стенок колбы лампы на тело накала.

Отличительной особенностью ламп накаливания является то, что они включаются в сеть без дополнительных пусковых приспособлений, могут работать при значительных отклонениях напряжения сети от номинального, а также практически не зависят от условий окружающей среды и температуры, компактны, световой поток их к концу срока службы снижается незначительно (приблизительно на 15 %). Однако лампы накаливания имеют относительно низкую световую отдачу (7–20 лм/Вт) и в их спектре преобладает желто-красная часть. Характеризуются лампы накаливания номинальными значениями напряжения, мощности и светового потока. На их выбор может оказывать влияние размер лампы: полная длина (стеклянная колба вместе с цоколем), диаметр и высота светового центра (от резьбового цоколя до середины нити накаливания).

Газоразрядные источники света – лампы, в которых излучение видимого диапазона длин волн возникает в результате электроразряда в среде инертных газов, паров металлов или их смесей. К ним относятся люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы с люминофором (ДРЛ), ксеноновые лампы (ДКсТ), дуговые ртутные лампы с иодидами (ДРИ), дуговые натриевые лампы высокого давления (ДНаТ).

Люминесцентные лампы (рис. 4.49, б) представляют собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора. Из лампы откачан воздух, и она заполнена инертным газом аргоном при очень низком давлении. В лампу помещена капля ртути, которая при нагревании превращается в ртутные пары. Вольфрамовые электроды лампы имеют вид небольшой спирали, покрытой составом, содержащим углекислые соли бария и стронция. В этих лампах плазма, состоящая из ионизированных паров металла и газа, излучает как в видимых, так и в ультрафиолетовых частях спектра. С помощью люминофора ультрафиолетовые лучи преобразуются в излучение, видимое глазом.

Люминесцентные лампы в зависимости от цветности излучения бывают белого света – ЛБ; тепло-белого – ЛТБ; дневного света с исправленной цветностью – ЛДЦ; холодного белого – ЛХБ; дневного света – ЛД.

Люминесцентные лампы широко применяют для освещения, поскольку они имеют высокую световую отдачу (75–80 лм/Вт), большой срок службы, относительно малую яркость, хотя и создают ослепленность. Однако для люминесцентных ламп требуются ограничение температурных условий для нормальной работы, а также более сложная схема включения с помощью пускорегулирующих аппаратов (ПРА), так как при непосредственном включении лампы в сеть любое кратковременное снижение напряжения приводит к резкому нарастанию тока и перегоранию электродов.

Недостатком люминесцентных ламп являются малая единичная мощность при больших размерах ламп, значительное снижение светового потока к концу срока службы и стробоскопический эффект – периодические пульсации их светового потока с частотой, равной удвоенной частоте электрического тока. Глаз человека не в состоянии заметить эти мелькания света благодаря зрительной инерции, но если частота движения объекта различения совпадает с частотой импульсов света, то объект различения может показаться неподвижным или медленно вращающимся в противоположную сторону.

Лампы ДРЛ (рис. 4.49, в) состоят из цоколя 1, баллона (колбы) и кварцевой трубки 5. Кварцевая трубчатая горелка с двумя основными и двумя поджигающими электродами заполнена чистым аргоном под давлением 2,5–4,5 кПа и дозированным количеством ртути (40–60 мг). При подаче напряжения на электроды лампы в парах ртути образуется электрический разряд, создающий интенсивное ультрафиолетовое излучение в сине-зеленой части спектра. Под воздействием ультрафиолетовых лучей люминофор излучает световой поток оранжево-красного цвета, создавая смешанный с основным световым потоком видимый глазом человека белый свет с зеленоватым оттенком. Для зажигания ламп ДРЛ при нормальной температуре применяют дроссель, а для включения ламп при пониженной температуре – трансформатор с большим магнитным рассеянием.

Для освещения мест производства наружных работ применяют следующие источники света:

лампы накаливания общего назначения – ЛН по ГОСТ 19190;

лампы накаливания прожекторные по ГОСТ 19190;

лампы накаливания галогенные по ГОСТ 19190;

лампы ртутные газоразрядные высокого давления – ДРЛ по ГОСТ 19190, ГОСТ 23198;

лампы ртутные газоразрядные высокого давления – ДРИ по ГОСТ 20401;

лампы ксеноновые – ДКсТ по ГОСТ 20401;

лампы натриевые высокого давления – НЛВД по ГОСТ 19190.

Осветительный прибор состоит из источника света, оптического устройства, перераспределяющего световой поток в пространстве (отражатель, рассеиватель, преломлятель), устройства коммутации и стабилизации электрического тока, крепления источников света. Осветительные приборы делят на два класса: приборы ближнего действия (светильники) и приборы дальнего действия (прожекторы).

Светильники (рис. 4.50–4.51) перераспределяют световой поток ламп, исключают вредное слепящее действие источников света на органы зрения работающих, а также предохраняют лампы от возможных повреждений, воздействия влаги, вредных веществ. Во взрыво- и пожароопасных помещениях светильники препятствуют возникновению взрыва или пожара, которые могут произойти из-за искрения в контактах патрона лампы или короткого замыкания в проводах, вводимых в патрон.

Светильники характеризуются:

мощностью источника света и напряжением питающей сети;

кривой силы света, дающей зависимость силы света от углов, ориентирующих направление в некоторой плоскости. В соответствии с ГОСТ 13828–74 установлено 7 типовых кривых силы света (рис. 4.52): концентрированная (К), глубокая (Г), косинусная (Д), полуширокая (Л), широкая (Ш), равномерная (М), синусная (С);

коэффициентом полезного действия η , равным отношению полезного светового потока прибора к световому потоку источника света;

защитным углом (рис. 4.53).

Защитный угол светильника – это угол, образуемый горизонталью, которая проходит через центр светящегося тела лампы и пограничной линией, соединяющей крайнюю точку светящегося тела и противоположный край отражателя; его используют, например для определения высоты подвеса светильника (табл. 4.47). Соответствующей высотой подвеса ограничивают ослепленность, создаваемую светильниками.

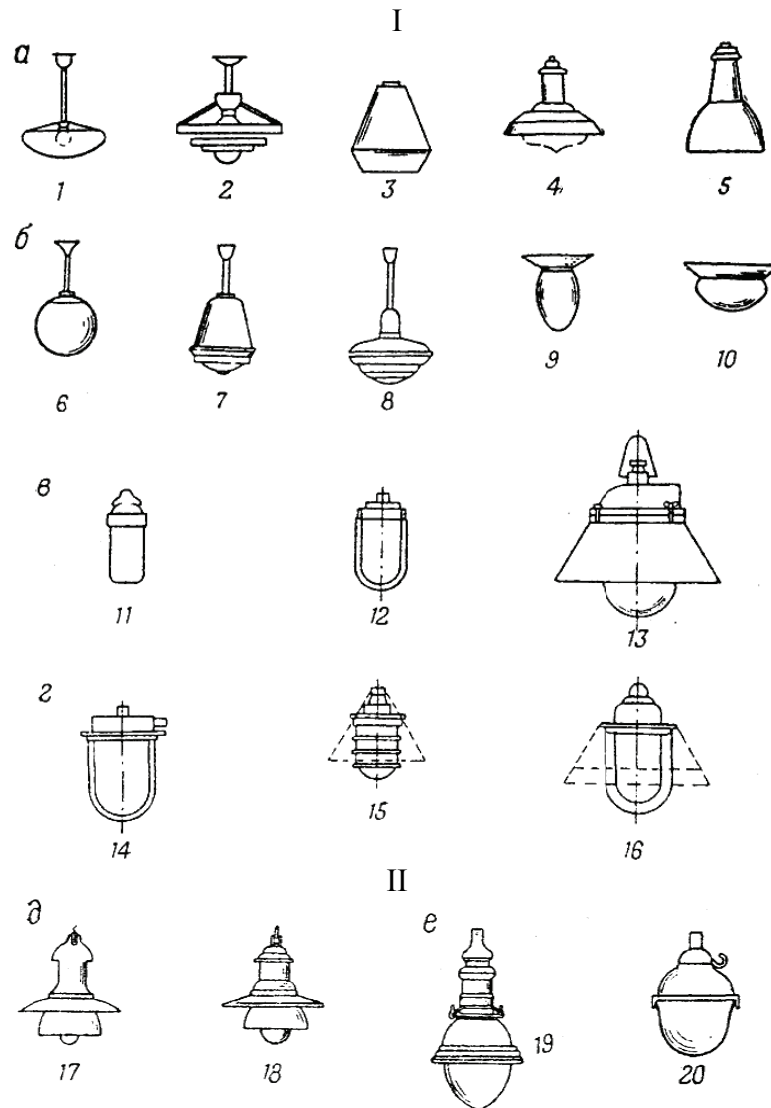
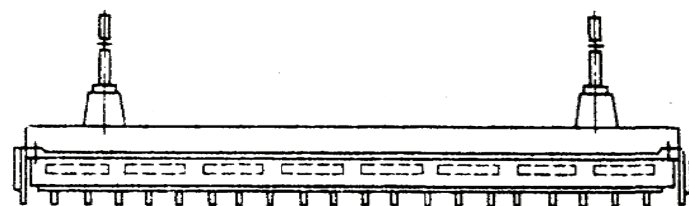
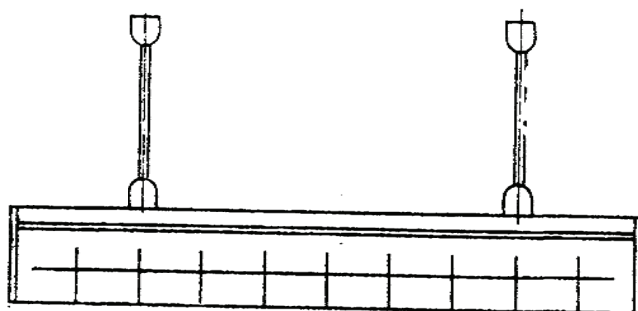


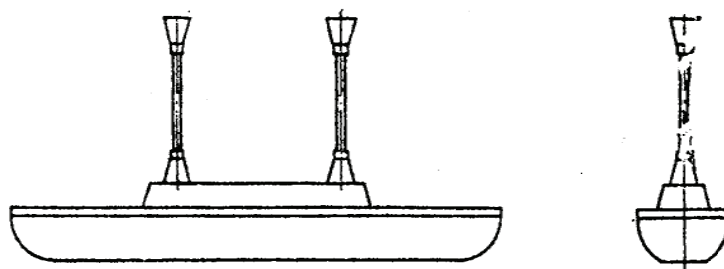
Рис. 4.50. Светильники для ламп накаливания: I – внутреннего освещения; II – наружного освещения; а и д – открытые; б и е – закрытые; в – полугерметические; г – герметические: 1 – светильник отраженного света подвесной одноламповый (ПО-1); 2 – светильник отраженного света с экранирующими кольцами (КСО-1); 3 – «Люцетта» подвесная (Лц); 4 – «Универсаль» (У, Ум); 5 – глубокоизлучатель эмалированный (Гэ), зеркальный (Гз); 6 – шар подвесной (Шм); 7 – светильник отраженного света подвесной сборный (СК-2); 8 – светильник отраженного света подвесной сборный (СК-3); 9 – плафон потолочный одноламповый (П1); 10 – плафон потолочный двухламповый (П2); 11 – светильник фарфоровый полугерметический (Фм); 12 – светильник пылеводонепроницаемый (ПВ); 13 – светильник промышленный уплотненный пылевлагонепроницаемый (ПУ); 14 – светильник рудничный нормальный (РН); 15 – светильник взрывонепроницаемый (ВЗГ, ВЗБ); 16 – светильник повышенной надежности (против взрыва) (НОБ, НОГ); 17 – светильник с открытым снизу колпаком (СПУ-300); 18 – светильник с открытым снизу колпаком (СПО-300); 19 – светильник с закрытым снизу колпаком (СПЗ-500); 20 – светильник с рефрактором (СПИ-500)



a



б



в

Рис. 4.51. Светильники для люминесцентных ламп типов:
a – ОД, ОДР, ОДО; *б* – ШЛД, ШОД; *в* – ПВЛ

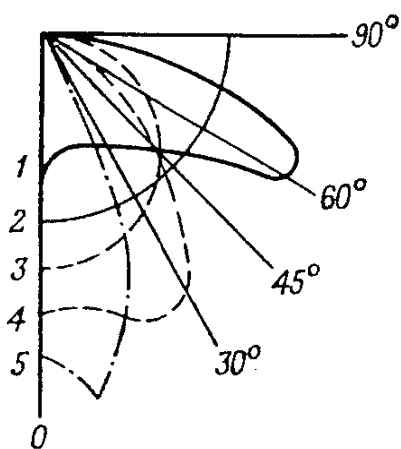


Рис. 4.52. Типовые кривые силы света по ГОСТ 13828–74

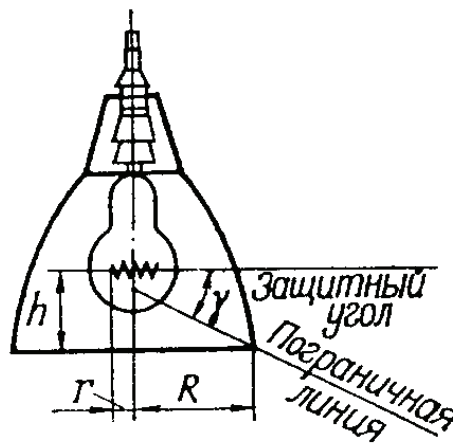


Рис. 4.53. Защитный угол светильника

Таблица 4.47

Наименьшая высота установки светильников наружного освещения

Характеристика светильника (светораспределение, защитный угол)	Наибольший световой поток ламп в светильниках, установленных на одной опоре, лм	Наименьшая высота, м	
		при ЛН	при ГЛ
У = 15° и более	–	3,5	3,5
У < 15°	Менее 5000	6,5	7
Полуширокое	От 5000 до 10000	7	7,5
	Свыше 10000 до 20000	7,5	8
	Свыше 20000 до 30000	–	9
	Свыше 30000 до 40000	–	10
	Свыше 40000	–	11,5
У < 15°	Менее 5000	7	7,5
Широкое	От 5000 до 10000	8	8,5
	Свыше 10000 до 20000	9	9,5
	Свыше 20000 до 30000	–	10,5
	Свыше 30000 до 40000	–	11,5
	Свыше 40000	–	13
Рассеянного света	До 6000	3	3
	Более 6000	4	4

По характеру светораспределения светильники разделены на классы в зависимости от того, какая доля всего потока светильника составляет поток нижней полусферы. Светильники относятся к классу:

прямого света (П) – излучают в нижнюю полусферу более 80 % всего светового потока;

преимущественно прямого света (Н) – излучают в нижнюю полусферу от 60 до 80 % всего светового потока;

рассеянного света (Р) – излучают в нижнюю полусферу от 40 до 60 % всего светового потока;

преимущественно отраженного света (В) – излучают в нижнюю полусферу от 20 до 40 % всего светового потока;

отраженного света (О) – излучают в верхнюю полусферу не менее 80 % всего светового потока.

Светильники прямого света используют в помещениях с темными, плохо отражающими свет потолками и стенами, и в помещениях, где выделяется много пыли, дыма, копоти и испарений.

Светильники преимущественно прямого света устанавливаются в помещениях, где стены и потолок хорошо отражают свет. Эти светильники дают легкие тени.

Светильники рассеянного света применяют тогда, когда необходимо осветить как нижнюю, так и верхнюю часть помещения; они используются также в помещениях со светлыми потолками и стенами.

Светильники преимущественно отраженного света применяют тогда, когда по характеру работы нежелательны даже незначительные тени (например, конструкторские бюро).

Светильники отраженного света используются тогда, когда необходимо осветить преимущественно верхнюю часть помещения.

Для защиты от слепящего действия у светильников с рассеянным отражением поверхность покрывают белой фарфоровой эмалью. Для создания рассеивающего света используют светильники из матового, молочного или опалового стекла и др.

Светильники классифицируют по степени защиты от пыли, воды и взрыва, которую обозначают двумя цифрами: первая – от пыли, вторая – от воды.

По степени защиты осветительных приборов от пыли и соприкосновения работника с частями, находящимися под напряжением, они подразделяются на пыленезащищенные, пылезащищенные и пыленепроницаемые.

Пыленезащищенные приборы бывают открытые (2) – специальная защита от пыли отсутствует, нет защиты от возможности прикосновения работника к токоведущим частям и перекрытые (2') – попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками, есть защита от возможности прикосновения к токоведущим частям.

Пылезащищенные приборы могут быть полностью пылезащищенными (5) – есть защита от попадания пыли на токоведущие части и колбы ламп и частично пылезащищенные (5') – имеется защита от попадания пыли на токоведущие части.

Пыленепроницаемые приборы подразделяют на полностью пыленепроницаемые (6) – полная защита от попадания пыли на токоведущие части и колбы ламп и полная защита от возможности прикосновения к токоведущим частям и частично пыленепроницаемые (6') – неполная защита от попадания пыли на токоведущие части и полная защита от возможности прикосновения к токоведущим частям.

По степени защиты от воды световые приборы подразделяются:
на водонезащищенные (0) – защита от воды отсутствует;
каплезащищенные (2) – есть защита от капель, падающих под углом к вертикали до 15°;

дождезащищенные (3) – есть защита от дождя, падающего под углом к вертикали до 60° ;

брызгозащищенные (4) – есть защита от брызг, попадающих под любым углом);

струезащищенные (5) – есть защита от струй воды, попадающих под любым углом;

водонепроницаемые (6) – есть защита от попадания воды при погружении на определенную глубину и время;

герметичные (7) – есть защита от попадания воды при неограниченно долгом погружении светового прибора на определенную глубину.

По степени защиты от взрыва характерны следующие исполнения светильников: взрывонепроницаемые (В) – оболочка светильника выдерживает полное давление взрыва; продукты взрыва должны выходить из светильника через щели уже охлажденными и повышенной надежности против взрыва (Н) – должно быть исключено возникновение искр, электрической дуги или опасных температур на поверхности светильника.

В зависимости от конструктивной схемы светильников, степени защиты от попадания воды и пыли, безопасности, твердости светотехнических материалов светильники разделены на семь эксплуатационных групп. Чем выше номер группы, тем светильник менее подвержен воздействию среды и тем в более тяжелых условиях его можно использовать.

Установка светильника зависит от расположения рабочего места, условий эксплуатации (помещение, открытое пространство) и окружающей среды.

Каждому светильнику присваивается шифр (условное обозначение), структура которого такова:

1 – буква, обозначающая источник света (Л – прямые трубчатые люминесцентные лампы, Н – лампа накаливания, Р – ртутные лампы типа ДРЛ, Г – ртутные лампы типа ДРИ, Ж – натриевые лампы, К – ксеноновые трубчатые лампы и т. д.);

2 – буква, обозначающая способ установки светильника (С – подвесной, П – потолочный, Б – настенный, В – встраиваемый и т. д.);

3 – буква, обозначающая основное назначение светильника (П – для промышленных предприятий, О – для общественных зданий, У – для наружного освещения, Б – для бытовых помещений);

4 – двузначное число, обозначающее номер серии;

5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых светильников число 1 не указывается и знак «х» не ставится, а мощность указывается непосредственно после тире);

6 – число, обозначающее мощность ламп в Вт;
7 – трехзначное число, обозначающее номер модификации;
8 – обозначение климатического исполнения и категории размещения светильников по ГОСТ 15150–69.

Наряду с условным обозначением светильники имеют и условные наименования (собственные имена), например, «Люцетта», «Астра», «Универсаль» и др.

Основные типы светильников наружного освещения:

зеркальные консольные перекрытые типа ЖКУ01–400 с лампами типа ДНаТ мощностью 400 Вт;

зеркальные консольные открытые с лампами ДРЛ мощностью 250 и 400 Вт (тип светильника РКУ01–250 и РКУ01–400);

зеркальные подвесные перекрытые с лампами типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ мощностью 250 Вт (тип светильников соответственно – РСУ05–250, ГСУ05–250 и ЖСУ05–250);

подвесные с рассеивателем с лампами ДРЛ и ДРИ мощностью 250 Вт (тип светильника соответственно – СПОР–250 и СПОГ–250);

подвесные призматические с лампами накаливания мощностью 250 Вт (тип светильника СПО–200);

венчающие шаровые стеклянные с кольцевой решеткой с лампами ДРЛ мощностью 125 Вт (тип светильника РТУ04–125) и др.

Главным при выборе прожекторного освещения чаще всего являются размеры освещаемой поверхности (площадь ее должна быть более 5000 м²) и особенно нежелательность или невозможность установки на ней опор для светильников.

Прожекторы, применяемые для освещения открытых пространств, могут быть со стеклянными отражателями – тип ПЗС, с параболическими отражателями – тип ППП, с параболоцилиндрическими отражателями – тип ППЦ. Условное обозначение прожектора включает тип отражателя и его диаметр (в сантиметрах). Например, «ПЗС-35» означает прожектор заливающего света со стеклянным отражателем диаметром 35 см.

Прожекторы заливающего света типов ПЗС, ППП (ПЗС с лампами накаливания и ДРЛ, а ППЦ – с лампами ДРИ) применяют для освещения территорий квадратных по форме.

Для освещения территорий вытянутых в одном направлении используют прожекторы типа ППЦ с лампами ДРИ.

Эти световые приборы устанавливают на телескопические осветительные стойки (рис. 4.54), прожекторные мачты (рис. 4.55).

Недостатками прожекторного освещения являются:
 большее по сравнению со светильниками слепящее действие;
 необходимость квалифицированного ухода за прожекторами (чистка отражателя, в ряде случаев – фокусировка);
 резкие тени от крупных предметов, находящихся на территории (вследствие относительно редкого размещения прожекторных мачт) и др.

Расчет искусственного освещения

При проектировании систем искусственного освещения серьезное внимание уделяют выбору источников света (ламп накаливания или люминесцентных ламп). В помещениях с температурой ниже $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в помещениях с колебаниями напряжения в осветительной сети более 10 % газоразрядные лампы применять не рекомендуется.

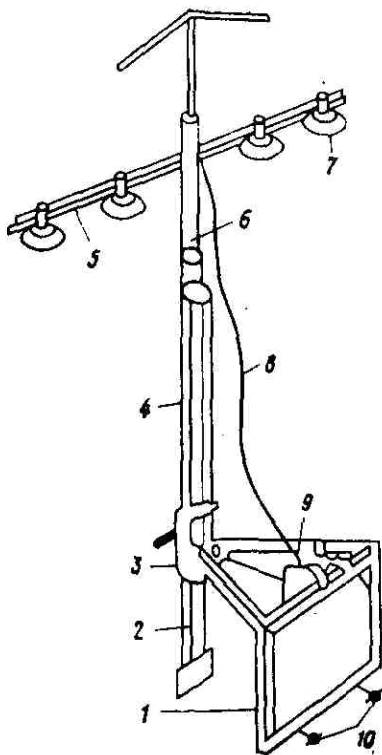


Рис. 4.54. Телескопическая осветительная стойка: 1 – рама; 2 – соединительная труба; 3 – неподвижная часть основной трубы; 4 – поворотная часть основной трубы; 5 – кронштейн; 6 – выдвижная труба; 7 – плафоны; 8 – трос; 9 – ручная лебедка; 10 – прижимной винт

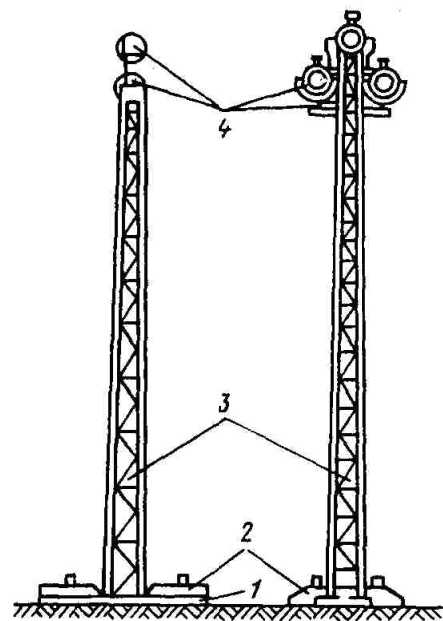


Рис. 4.55. Прожекторная мачта: 1 – настил из досок; 2 – инвентарные бетонные блоки; 3 – мачта; 4 – прожекторы

В связи с тем что зрение человека ориентировано на дневное освещение, люминесцентное освещение одинакового уровня с лампами накаливания человеком воспринимается как сумеречное. В результате быстро наступает утомляемость глаз, падает производительность труда.

Эффект сумеречности исчезает при освещенностях в 400–500 лк. Поэтому при нормированной освещенности ниже 400 лк предпочтение следует отдавать лампам накаливания, при больших освещенностях – люминесцентным. Однако эти соображения носят субъективный характер. В каждом конкретном случае проектирования учитывают множество факторов, обеспечивающих комфорт зрительных восприятий: от цветового решения и размещения оборудования рабочих мест до выбора типа светильника.

После выбора источника света проектирование производственного освещения выполняют в такой последовательности:

выбирают тип светильника и его степень защиты с учетом условий эксплуатации (повышенная запыленность, влажность воздуха, взрыво- и пожароопасность);

определяют количество светильников и производят их распределение по площади помещения.

Для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей используют *метод коэффициента использования светового потока*.

Высота подвеса светильников

$$H_c = H - h_c - h_p, \text{ м,}$$

где H – высота помещения, м; h_c – расстояние (рис. 4.56) от потолка до нижней кромки светильника (свес), м; рекомендуется принимать $h_c = 0,2 \cdot (H - h_p)$ или конструктивно с учетом расположения подъемно-транспортного, вентиляционного и другого оборудования в верхней части помещения; h_p – высота рабочей поверхности от пола, м; для верстаков, рабочих столов принимают $h_p = 0,8$ м.

Наибольшее расстояние между светильниками из условия равномерности освещения при расположении светильников в прямоугольном порядке

$$L = H_c \cdot (1,4-2,0), \text{ м;}$$

при расположении светильников в шахматном порядке

$$L = H_c \cdot (1,7-2,5), \text{ м.}$$

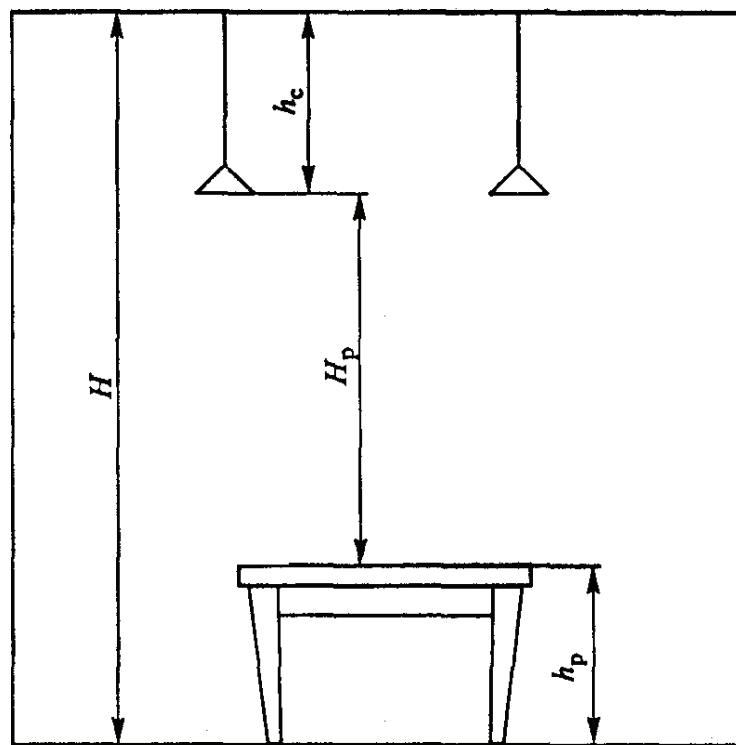


Рис. 4.56. Расположение светильников по высоте помещения

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены, у которой размещены рабочие места,

$$L_k = (0,25-0,3) \cdot L, \text{ м};$$

если у стен предусмотрены проходы, то

$$L_k = (0,4-0,5) \cdot L, \text{ м}.$$

Необходимое минимальное количество светильников

$$N = S/L^2, \text{ шт.},$$

где S – площадь освещаемого помещения, м^2 .

Необходимый световой поток одной лампы

$$F_{\text{л}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (\eta \cdot N), \text{ лм},$$

где K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыленность воздуха в помещении (табл. 4.48); Z – коэффициент, учитывающий неравномерность

освещения поверхностей, расположенных под светильниками и между ними (принимают в пределах 1,15–1,3); η – коэффициент использования светового потока в долях единицы, определяемый по табл. 4.49 в зависимости от коэффициентов отражения света от стен ρ_c и потолка ρ_{Π} и индекса помещения i .

Таблица 4.48

Коэффициент запаса для расчета освещенности

Помещения, содержащие в воздухе пыль, дым, копоть	Тип помещений	Коэффициент запаса для ламп	
		газоразрядных	накаливания
Менее 1 мг/м ³	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные	1,5	1,3
От 1 до 5 мг/м ³	Цехи кузнечные, сварочные	1,8	1,5

Индекс помещения i зависит от высоты и формы помещения. Так, для прямоугольных помещений

$$i = S/[H_c \cdot (A + B)],$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м, для квадратных помещений

$$i = 0,5\sqrt{S/H_c},$$

для помещений большой длины

$$i = B/H_c.$$

Если при расчетах индекс больше 5, то его значение принимают равным 5, а при значениях меньше 0,5 – 0,5.

Коэффициенты отражения стен и потолка задают ориентировочно (субъективно). Для помещений со светлыми потолками и стенами принимают большие значения, для темных – меньшие. По рассчитанному световому потоку по ГОСТ 2239–79* и ГОСТ 6825–91 подбирают ближайшую стандартную лампу, определяя ее необходимую мощность.

Таблица 4.49

Коэффициенты использования светового потока, %

Тип светильника	$\rho_{п, \rho_c}$	Индекс помещения																
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
ЛДОР	70, 50	25	29	33	36	40	43	45	47	51	54	56	58	60	62	63	64	67
	50, 30	19	22	26	30	33	36	38	40	44	47	49	51	53	55	56	58	60
	0, 0	12	16	20	22	25	28	30	32	35	38	40	42	43	45	46	48	50
УПД	70, 50	30	36	40	43	45	47	50	53	56	58	60	62	63	66	67	69	70
	50, 30	23	30	33	37	40	41	43	47	50	53	56	57	59	60	61	63	66
	0, 0	18	26	29	33	35	38	40	42	45	48	51	52	53	56	57	58	60
«Астра»	70, 50	22	32	39	44	47	49	50	52	55	58	60	62	64	66	68	70	73
	50, 30	20	26	34	38	41	43	45	47	50	53	55	57	59	62	64	66	69
	0, 0	16	21	29	33	36	37	39	41	44	46	49	51	53	56	59	60	62
«Универсаль»	70, 50	28	34	38	41	44	45	46	48	51	53	55	56	58	60	61	62	63
	50, 30	24	30	35	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	57	58	59	60
	30, 10	21	27	32	35	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	56	57	58

Световые характеристики некоторых ламп приведены в табл. 4.50–4.51. Отклонения -10 и $+20$ % считают допустимыми. При большем расхождении корректируется намеченное число светильников.

Умножив электрическую мощность лампы на количество светильников, можно определить электрическую мощность всего освещения помещения.

Таблица 4.50

Световые характеристики ламп для напряжения осветительной сети 220 В

Лампы					
накаливания			люминесцентные		
Тип лампы	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип лампы	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
НВ-15	105	7,0	ЛДЦ-20	820	41,0
НВ-25	220	8,8	ЛД-20	920	46,0
НБ-40	400	10,0	ЛБ-20	1180	59,0
НБ-40	460	11,5	ЛДЦ-30	1450	48,2
НБ-60	715	11,9	ЛД-30	1640	54,5
НБ-100	1450	14,5	ЛБ-30	2100	70,0
НГ-150	2000	13,3	ЛБЦ-40	2100	52,5
НГ-200	2800	14,0	ЛД-40	2340	58,5
НГ-300	4600	15,4	ЛБ-40	3000	75,0
НГ-500	8300	16,6	ЛДЦ-80	3560	44,5
НГ-750	13100	17,5	ЛД-80	4070	50,8
НГ-1000	18600	18,6			

Таблица 4.51

Световые характеристики ламп накаливания местного освещения

Тип лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч
МО 24–25	24	25	350	1000
МО 36–25	36	25	300	1000
МО 12–40	12	40	620	1000
МО 36–40	36	40	580	1000
МО 36–60	36	60	950	1000
МО 36–100	36	100	1590	1000

Задача 15

Рассчитать общее освещение цеха механической обработки деталей из серого чугуна. Работы относятся к высокой точности – III, подразряд зрительных работ – б. Фон средний, контраст малый. Длина помещения $A = 24$ м, ширина $B = 12$ м, высота $H = 4$ м. Стены и потолок окрашены в светлые тона. Допустимое содержание пыли в воздухе рабочей зоны равно 6 мг/м^3 . Для исключения стробоскопического эффекта при токарных работах применить лампы накаливания.

Решение

1. Согласно табл. 4.44 нормируемая освещенность на рабочем месте $E_n = 300$ лк.

2. Высота подвеса светильников

$$H_c = H - h_p - h_c = H - h_p - 0,2 \cdot (H - h_p) = 4 - 0,8 - 0,2 \cdot (4 - 0,8) = 2,56 \text{ м.}$$

3. Наибольшее расстояние между светильниками при их расположении по прямоугольной сетке

$$L = H_c \cdot 1,5 = 2,56 \cdot 1,5 = 3,84 \text{ м.}$$

4. Минимально необходимое количество светильников

$$N = S/L^2 = 24 \cdot 12 / 3,84^2 = 288 / 14,74 = 19,5 \text{ шт.}$$

При расположении светильников в три ряда целесообразно принять 7 светильников в ряду, тогда

$$N = 3 \cdot 7 = 21 \text{ шт.}$$

5. Индекс для прямоугольного помещения

$$i = 24 \cdot 12 / [2,56 \cdot (24 + 12)] = 3,125.$$

С учетом того, что помещение довольно пыльное, со временем отражательная способность потолков и стен уменьшится, поэтому $\rho_n = 50$, $\rho_c = 30$. Принимаем к установке светильник «Астра». Коэффициент использования светового потока η для $i \approx 3,0$, $\rho_n = 50$, $\rho_c = 30$ по табл. 4.49 составляет 62 %, в долях единицы $\eta = 0,62$;

6. Необходимый световой поток одной лампы

$$F_n = 300 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 1,7 \cdot 1,15 / 0,62 \cdot 21 = 12973 \text{ лм.}$$

По табл. 4.50 определяем, что заданным условиям подходит лампа НГ-750 со световым потоком 13 100 лм.

Проверим процент отклонения от необходимого светового потока:

невязка = $[(13\ 100 - 12\ 973) \cdot 100] / 13\ 100 \approx 0,97\ %$, что допустимо.

7. Затраты электроэнергии на освещение

$$W = 750 \cdot 21 = 15\ 750 \text{ Вт} = 15,75 \text{ кВт.}$$

Задача 16

Для тех же условий рассчитать освещение помещения светильниками «Астра» с лампами накаливания НГ-200.

Решение

1. Необходимый световой поток для освещения помещения при нормируемом общем освещении $E_n = 300$ лк

$$F_n = 300 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 1,7 \cdot 1,15 / 0,62 = 272\ 439 \text{ лм.}$$

Световой поток лампы накаливания 200 Вт составляет 2 800 лм (табл. 4.50).

2. Необходимое количество ламп

$$N = F / F_n = 272\ 439 / 2\ 800 \approx 97 \text{ шт.}$$

Примем 96 штук. При размещении в 6 рядов по 16 ламп в ряду расстояние между рядами ламп составит $12/6 = 2,0$ м.

3. Расстояние между лампами в ряду $24/16 = 1,5$ м.

4. Затраты электроэнергии на освещение

$$W = 200 \cdot 96 = 19200 \text{ Вт} = 19,2 \text{ кВт.}$$

Вывод: первый вариант предпочтительнее как по капитальным затратам, так и по расходу электроэнергии.

Задача 17

Для условий предыдущего примера рассчитать общее люминесцентное освещение. Предусмотреть меры, исключая стробоскопический эффект.

Решение

1. Примем для установки светильники типа ЛДОР с двумя лампами ЛБ-80 в светильнике.

2. Коэффициент использования светового потока для индекса 3,0, $\rho_{\text{п}} = 50$, $\rho_{\text{с}} = 30$ по табл. 4.49 составляет $\eta = 0,55$.

3. Необходимый световой поток для освещения всего помещения

$$F = 300 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 1,7 \cdot 1,15 / 0,55 \approx 307\,113 \text{ лм.}$$

Световой поток одной лампы ЛБ-80 – 5220 лм, двух ламп (светильника) $5\,220 \cdot 2 = 10\,440$ лм.

4. Необходимое количество светильников

$$N_{\text{св}} = F / F_{\text{св}} = 307\,113 / 10\,440 = 29,4 \text{ шт.}$$

Принимаем к установке 30 штук. Светильники расположим в три ряда по 10 штук в ряду.

Для исключения стробоскопического эффекта каждый ряд светильников подключим на свою фазу.

5. Затраты электроэнергии на освещение

$$W = 2 \cdot 80 \cdot 30 = 4800 \text{ Вт} = 4,8 \text{ кВт.}$$

При нормируемой освещенности до 200 лк (для ламп накаливания) и до 500 лк (для газоразрядных ламп) расчет освещения можно производить по методу удельной мощности.

Удельная мощность – это энергетический показатель системы освещения, представляющий собой отношение суммарной мощности ламп к площади помещения.

Мощность лампы в светильнике рассчитывают по формуле

$$P_{\text{л}} = (P_{\text{уд}} \cdot S) / (N \cdot n),$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт; $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность лампы, Вт/м², определяемая в зависимости от типа светильника, площади помещения и высоты подвеса светильника $H_{\text{р}}$ над рабочей поверхностью (табл. 4.46); N – число светильников; n – число ламп в одном светильнике.

Задача 18

Рассчитать общее освещение по удельной мощности для помещения длиной $A = 20$ м, шириной $B = 50$ м. Высота подвеса светильников

над рабочей поверхностью $H_c = 5$ м. Нормируемая освещенность $E_n = 100$ лк. Напряжение осветительной сети – 220 В. У стен помещения расположены проходы. Рекомендуется размещение светильников «Универсаль» с матированным затемнителем по сторонам квадрата.

Решение

1. Так как рекомендуется размещение светильников с затемнителем, то оптимальное отношение $L/H_c = 1,2$. Тогда расстояние между светильниками

$$L = H_c \cdot 1,2 = 5 \cdot 1,2 = 6 \text{ м.}$$

2. Расстояние от крайнего ряда светильников до стены при наличии проходов

$$L_k = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м.}$$

3. Количество рядов светильников по ширине помещения

$$m_1 = [(A - 2 \cdot L_k)/L + 1] = [(20 - 2 \cdot 3)/6] + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

4. Средний ряд от крайних светильников будет расположен на расстоянии

$$m_2 = (A - 2 \cdot L_k)/2 = (20 - 2 \cdot 3)/2 = 7 \text{ м.}$$

5. Количество рядов светильников в ряду по длине помещения

$$m_3 = [(B - 2 \cdot L_k)/L + 1] = [(50 - 2 \cdot 3)/6] + 1 \approx 8 \text{ шт.}$$

6. Число светильников в помещении

$$N = m_1 \cdot m_3 = 3 \cdot 8 \approx 24 \text{ шт.}$$

7. В зависимости от типа светильника, площади помещения и высоты подвеса светильника H_p над рабочей поверхностью по табл. 4.52 определяем $P_{уд}$, равное 21 Вт/м².

8. Мощность лампы в светильнике

$$P_{л} = (21 \cdot 20 \cdot 50)/24 = 875 \text{ Вт.}$$

Для условий задачи принимаем к установке галогенные лампы КГ220-1000-5 (обозначение читается следующим образом: галогенная лампа с колбой из кварцевого стекла, йодная, напряжение 220 В, мощность 1000 Вт, номер разработки 5).

Таблица 4.52

Удельная мощность для некоторых светильников

Высота подвеса светильника H_p , м	Площадь помещения S , м ²	Удельная мощность $P_{уд}$, Вт/м ² , при освещённости E , лк							
		5	10	20	30	50	75	100	150
Светильник «Универсаль» с матированным затенителем									
4-6	50-80	2,4	4,3	8,2	11,3	16,3	25,0	33,0	50,0
	80-150	2,0	3,8	6,8	9,5	13,0	21,0	28,0	43,0
	150-400	1,7	3,3	5,7	8,1	12,0	17,5	24,0	38,0
	Более 400	1,5	2,8	5,0	6,8	10,5	15,5	21,0	31,0
Глубокоизлучатель эмалированный									
4-6	50-80	1,9	3,3	6,2	8,6	13,0	19,0	24,0	33,0
	80-150	1,7	2,8	5,3	7,3	11,0	15,7	20,0	28,5
	150-400	1,5	2,5	4,6	6,4	9,6	13,7	17,0	24,5
	Более 400	1,3	2,2	4,2	5,7	8,5	12,0	15,0	21,5
«Люцетта» цельного стекла									
4-6	50-80	2,3	3,9	7,0	10,1	16,7	25,5	35,0	56,0
	80-150	1,8	3,2	5,6	8,3	13,5	20,5	29,0	44,0
	150-400	1,5	2,6	4,6	6,8	11,3	17,3	23,5	37,0
	Более 400	1,3	2,2	4,0	6,0	9,9	15,0	20,5	32,0

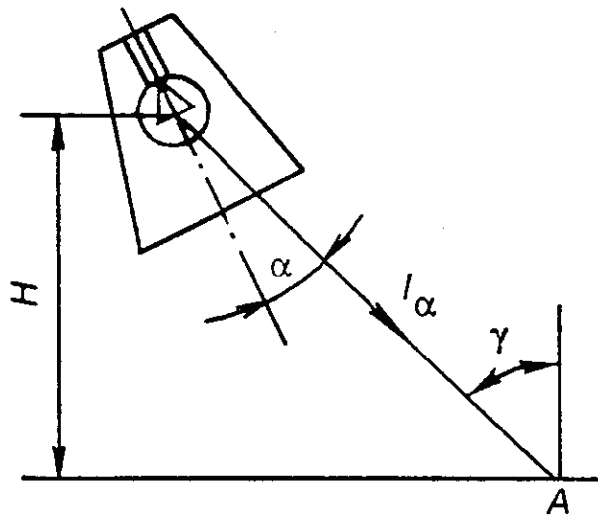


Рис. 4.57. Схема расчета освещенности точечным методом

9. Проверим процент отклонения от необходимого светового потока:

$$\text{невязка} = [(1\ 000 - 875) \cdot 100] / 1\ 000 = 12,5 \%,$$

что допустимо.

Для расчета местного и общего освещения вертикальных и наклонных рабочих поверхностей применяют *точечный метод* (рис. 4.57), в основу которого положена формула

$$E_n = I_A \cdot \cos^2 \gamma / (k \cdot H^2),$$

где I_A – сила света в направлении от источника света к расчетной точке А рабочей поверхности, кд, определяемая по светотехническим характеристикам источника света и светильника (табл. 4.53); H – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м; γ – угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока от источника света, град.

Таблица 4.53

Сила света для различных светильников

γ, град.	Сила света, кд					
	Астра УПМ-15	НСП-07	ЛСП-01 ЛСП-02	ПВЛ, ПВЛІ, ПВЛІІ	ЛСО-01, ЛСО-02	УСП-3, УСП-5
0	238	170	260	138	130	194
5	229	165	259	137	127	192

Окончание табл. 4.53

γ , град	Сила света, кд					
	Астра УПМ-15	НСП-07	ЛСП-01 ЛСП-02	ПВЛ, ПВЛ, ПВЛШ	ЛСО-01, ЛСО-02	УСП-3, УСП-5
15	215	214	245	130	111	181
25	204	272	219	113	91	165
35	195	240	187	107	72	142
45	164	204	150	91	54	106
55	145	195	112	74	39	80
65	122	24	72	50	24	53
75	76	3	40	26	14	31
85	7	1	16	11	8	12
90	3	0	1	7	1	0

При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения суммируют и получают $\sum E$. В результате расчета должно выполняться условие $E_n \leq \sum E$.

Расчет количества светильников для наружного освещения производят в следующей последовательности:

1) задаются типом светильника и лампы, мощностью $P_{л}$, световым потоком $F_{л}$ лампы (табл. 4.54), а также высотой его подвеса h (табл. 4.55);

Таблица 4.54

Светотехнические характеристики некоторых светильников

Тип светильника	Тип лампы	Мощность лампы $P_{л}$, Вт	Световой поток лампы $F_{л}$, лм
СВР-125	ДРЛ	125	5600
СВР-250	ЛРЛ	250	11000
СПОР-250	ДРЛ	250	1100
СВ-300	Накаливания	300	4600
СВ-500	Накаливания	500	8300
СПО-200	Накаливания	200	2920
СПО-2-200	Накаливания	2 · 200	5840

Наименьшая высота подвеса светильника

Мощность лампы, Вт	1 000 и более	500–750	200–300	100 и менее
Наименьшая высота подвеса светильника, м	8,5	7,5	6,5	5,5

Примечание. Высота подвеса светильников с колпаками из светорассеивающего стекла может быть снижена до 4 м.

2) сумма относительных освещенностей в контрольной точке от ближайших двух светильников

$$\Sigma E = (1\,000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot h^2) / F_{л},$$

где K_3 – коэффициент запаса, для светильников с лампами накаливания $K_3 = 1,3$, с газоразрядными лампами $K_3 = 1,5$;

3) относительная освещенность в контрольной точке от одного светильника

$$E = \Sigma E / 2, \text{ лк.}$$

По кривым относительной освещенности светильников (рис. 4.58) находят отношение h/d или d/h , где d – это расстояние от основания опоры светильника до расчетной точки, м.

По значению d рассчитывают расстояние между светильниками, их количество и мощность всей осветительной установки.

Задача 19

Рассчитать освещение проезда шириной 8 м светильниками типа СПО-2-200 высотой подвеса $h = 6,5$ м. Расположение светильников однорядное, расстояние между ними $L = 25$ м.

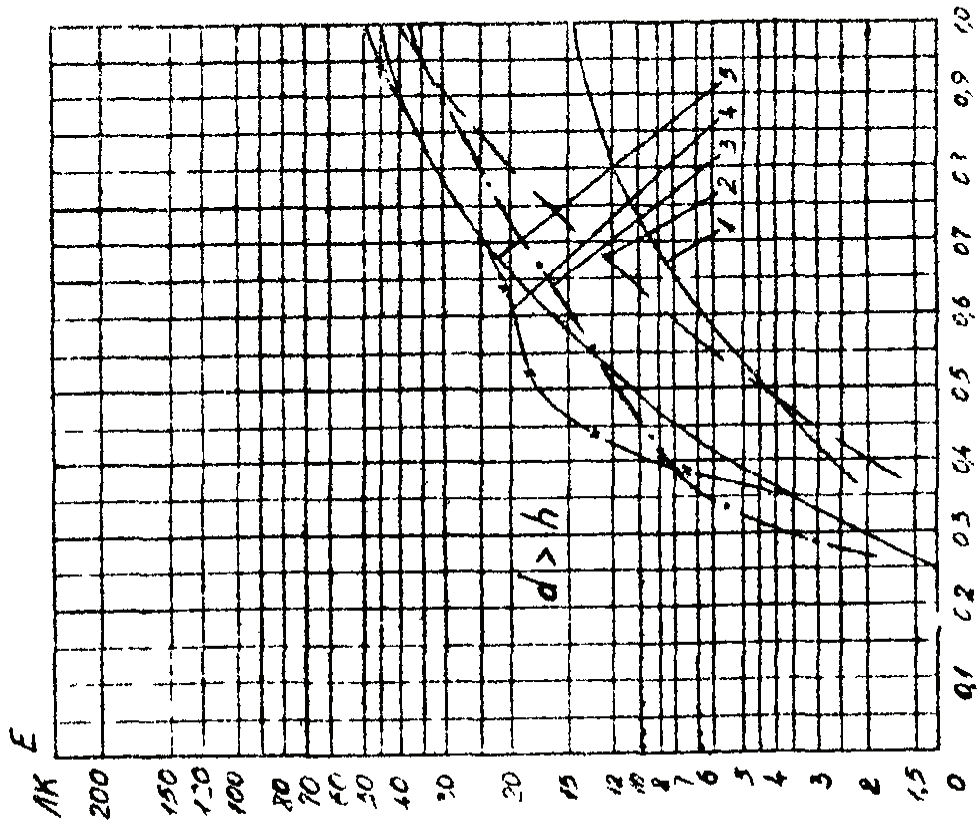
Решение

1. Расстояние от основания опоры светильника до расчетной точки (середины проезда) $d = 4$ м.

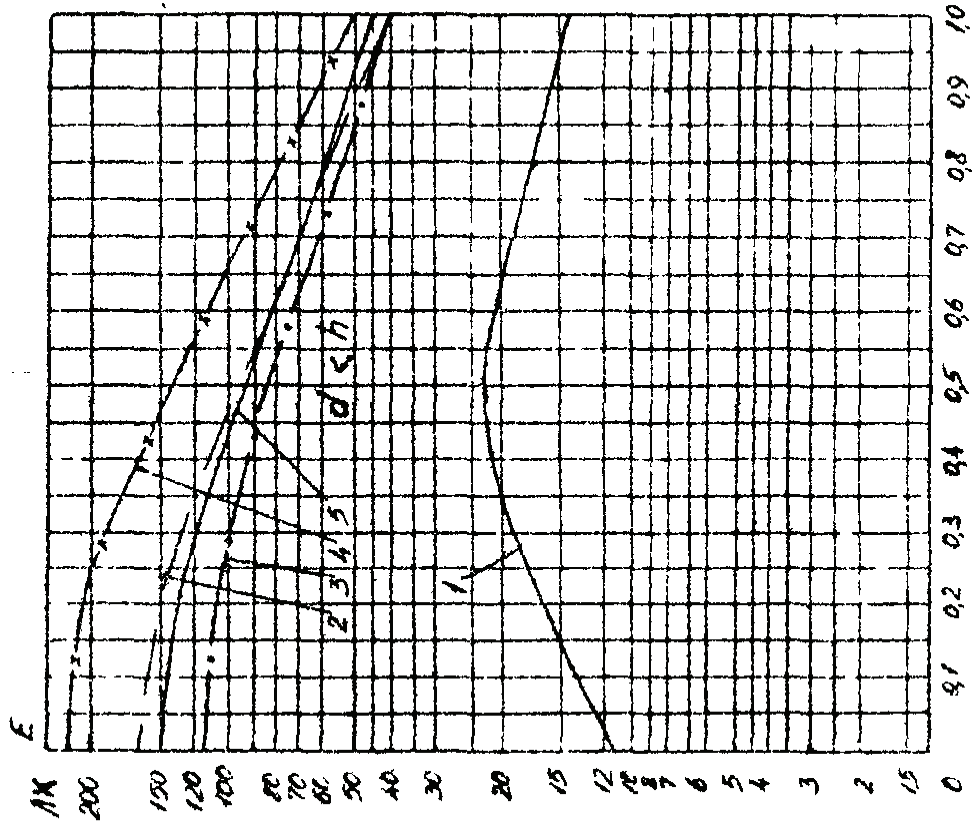
2. Отношение

$$d/h = 4/6 \approx 0,67.$$

3. По кривым относительной освещенности для светильников СПО-2-200 (рис. 4.58) находим при отношении $d/h \approx 0,67$ относительную освещенность от одного светильника $E_1 \approx 62$ лк.



a



б

Рис. 4.58. Кривые относительной освещенности светильников: 1 – СВР; 2 – СПОР; 3 – СПО-2-200; 4 – СПШ; 5 – СПО-200

4. При световом потоке лампы $F_{л} = 5\,840$ лм (табл. 4.48) фактическая освещенность проезда

$$E_{ф} = 5\,840 \cdot 62 / (1\,000 \cdot 1,3 \cdot 6,52) \approx 6,6 \text{ лк.}$$

Вывод: фактическая освещенность проезда соответствует нормируемой (не менее 3 лк).

Количество прожекторов на площадке для обеспечения нормируемой освещенности рассчитывают по формуле

$$n = E_{н} \cdot K_3 \cdot S / (F_{л} \cdot \eta \cdot K_{и} \cdot Z),$$

где K_3 – коэффициент запаса, для прожекторного освещения $K_3 = 1,5$; $F_{л}$ – световой поток лампы (табл. 4.56), лм; η – КПД прожектора, для ПЗС-35, ПЗС-45 $\eta = 0,35$ – $0,38$; $K_{и}$ – коэффициент использования светового потока прожекторов (при освещении больших пространств $K_{и} = 0,9$, а небольших площадей $K_{и} = 0,8$); Z – коэффициент неравномерности освещения (при правильном размещении прожекторов можно принять $Z = 0,75$).

Таблица 4.56

Светотехнические характеристики некоторых прожекторов

Тип прожектора/тип лампы	Световой поток лампы, лм	Наименьшая высота установки прожектора, м	Мощность, Вт	Угол рассеяния, град	
				горизонтальная плоскость	вертикальная плоскость
ПЗС-45/ДРЛ-700	39000	10	700	100	100
ПЗС-45/Г220-1000	18200	21	1000	26	24
ПЗС-45/ДРЛ-400	19000	7	400	84	90
ПЗС-35/Г220-500	8100	13	500	21	19
ПЗС-25/Г220-200	2700	7	200	16	12
ПСМ-50-1/Г220-1000	18200	20	1000	21	21
ПСМ-50-1/ДРЛ-700	39000	13	700	74	90

Примечание. Угол рассеяния характеризует направленность излучения света прожектора, в пределах которого сосредоточено 90 % всей световой энергии.

Для прожекторов и наклонно расположенных осветительных приборов наклонного типа установлено ограничение отношения осевой силы света $I_{\text{макс}}$ к квадрату высоты H установки этих приборов в зависимости от нормируемой освещенности (табл. 4.57).

Таблица 4.57

Наибольшее допустимое отношение осевой силы света к высоте

Нормируемая освещенность, лк	0,5	1	3	5	10	20	30	50
$I_{\text{макс}}/H^2$	100	150	300	400	700	1400	2100	3500

Задача 20

Определить количество прожекторов ПЗС-45 с лампами мощностью 1 000 Вт, необходимых для установки на площадке длиной 150 м и шириной 200 м, для обеспечения нормируемой освещенности $E_{\text{н}} = 2$ лк.

Решение

1. Световой поток лампы $F_{\text{л}} = 18\,200$ лм (табл. 4.56).
2. Количество прожекторов

$$n = 2 \cdot 1,5 \cdot 150 \cdot 200 / (18\,200 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,75) \approx 19.$$

Контроль световой среды

Контрольные точки для измерения КЕО выбирают в соответствии со СНиП 23-05–03. При боковом одностороннем освещении нормируется минимальное значение КЕО, которое должно быть измерено в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности:

в небольших помещениях – на расстоянии 1 м от наиболее удаленной от световых проемов стены;

в крупногабаритных помещениях – на расстоянии, равном 1,5 высоты помещения.

При боковом двухстороннем освещении контрольные точки размещаются в середине помещения.

При верхнем и комбинированном естественном освещении должно быть измерено 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.

Допускается деление помещения на зоны с различными условиями естественного освещения. Измерения КЕО могут производиться только при сплошной равномерной десятибалльной облачности (сплошная облачность, просветы отсутствуют).

Для определения КЕО производится одновременное измерение естественной освещенности внутри помещения и наружной освещенности на горизонтальной площадке под полностью открытым небосводом (например, на крыше здания или в другом возвышенном месте).

Измерения производят двумя наблюдателями с помощью двух люксметров (рис. 4.59), оснащенных светофильтрами для косинусной и спектральной коррекции фотоэлементов и предварительно проградуированных. Принцип работы люксметра основан на фотоэлектрическом эффекте. Свет, падая на пластинку фотоэлемента, преобразуется в электрический ток, величина которого фиксируется гальванометром, связанным с фотоэлементом замкнутой электрической цепью.

Для соблюдения одномоментности измерений освещенности наблюдатели должны быть оснащены хронометрами.

Каждое измерение освещенности внутри помещения должно сопровождаться одновременным измерением внешней освещенности. Измерение в каждой точке для исключения случайных ошибок проводят не менее двух раз и полученные результаты усредняют.

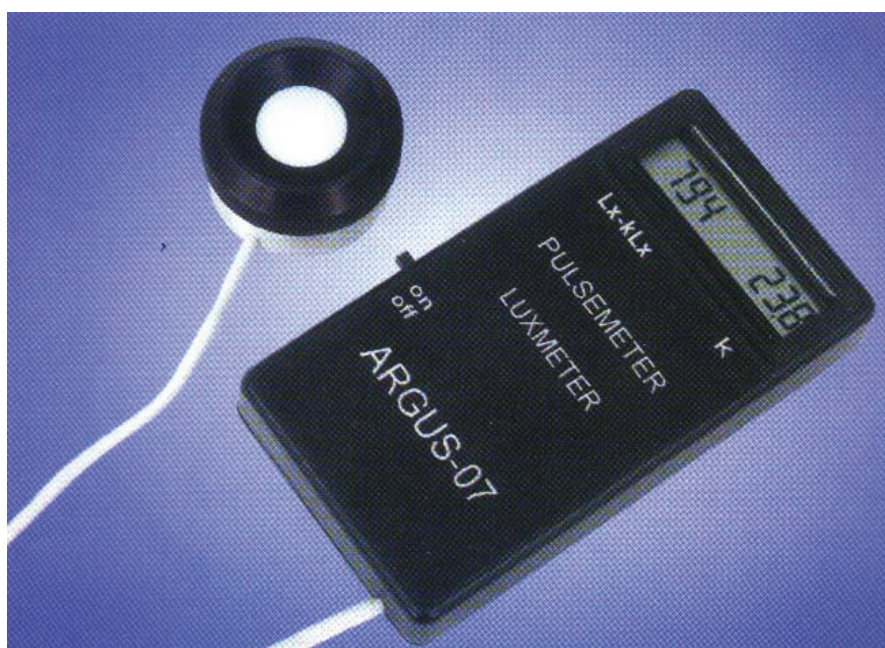


Рис. 4.59. Люксметр-пульсметр

После сопоставления фактического и нормированного значения КЕО решают вопрос о необходимости повышения нормативного значения освещенности от искусственного освещения и определяют класс условий труда по фактору «Естественное освещение».

При отсутствии в помещении естественного освещения и мер по компенсации ультрафиолетовой недостаточности условия труда по фактору «Естественное освещение» относят к классу 3.2. Наличие мер по компенсации ультрафиолетовой недостаточности (установки профилактического ультрафиолетового облучения) при условии обеспечения ими нормативных требований к уровням облученности позволяет отнести условия труда по фактору «Естественное освещение» к классу 3.1.

Измерения освещенности проводят по ГОСТ 24940–96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» от установок искусственного освещения (в т. ч. при работе в режиме совмещенного освещения) в темное время суток (за исключением осветительных установок, расположенных в зданиях без естественного света). В начале и в конце измерений проводят контроль напряжения на щитках распределительных сетей освещения. Для измерения напряжения сети применяют вольтметры класса точности не ниже 1,5. Измерения освещенности производят с использованием люксометров, спектральная погрешность которых не должна превышать 10 %. При работе с люксометром необходимо соблюдать следующие требования:

1) приемная пластина фотоэлемента должна размещаться на рабочей поверхности в плоскости ее расположения (горизонтальной, вертикальной, наклонной);

2) на фотоэлемент не должны падать случайные тени от человека и оборудования; если рабочее место затеняется в процессе работы самим работником или выступающими частями оборудования, то освещенность следует измерять в этих реальных условиях;

3) не допускается установка измерителя на металлические поверхности.

Освещенность рабочего места измеряют на рабочей поверхности, указанной в отраслевых (ведомственных) нормах искусственного освещения. При наличии нескольких рабочих поверхностей освещенность измеряют на каждой из них, указанной в нормах. При наличии протяженных рабочих поверхностей на каждой из них должно быть выбрано несколько контрольных точек, позволяющих оценить различные условия освещения. При комбинированном освещении рабочих мест вначале измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного

освещения, затем светильники местного освещения отключают и измеряют освещенность от светильников общего освещения.

При наличии аварийного освещения должны быть проверены условия освещения, создаваемые этим видом освещения. При необходимости продолжения работы в аварийных ситуациях и отсутствии аварийного освещения делают отметку об этом в материалах обследования.

Замеры освещенности подлежат обработке по формуле

$$E_{\text{ф}} = K_1 \cdot K_2 \cdot E_{\text{изм}},$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактическое значение освещенности, лк; $E_{\text{изм}}$ – показания прибора, лк; K_1 – коэффициент, зависящий от типа применяемых источников света и типа люксметра (для люксметров типа «Кварц-21», «Аргус-01» и т. п. $K_1 = 1$); K_2 – коэффициент, учитывающий отклонение напряжения сети от номинального (вводится при отклонении более 5 %).

Для оценки уровня освещенности при наличии нескольких контрольных точек в зоне обслуживания (по помещению, на протяженных рабочих поверхностях, на идентичных рабочих поверхностях) используют минимальное фактическое значение из последовательности значений освещенности в контрольных точках. В случаях, когда работник находится в течение смены с различными уровнями освещенности, для получения интегральной оценки по фактору «Световая среда» в относительных единицах используют формулу

$$E_{\text{и}} = T_1 \cdot K_1 + T_2 \cdot K_2, \dots, + T_n \cdot K_n,$$

где T_1, T_2, \dots, T_n – время нахождения работника в конкретных условиях освещенности (в долях от всей смены); K_1, K_2, \dots, K_n – коэффициенты для расчета (при нахождении в условиях освещенности, относящихся к классу 2, коэффициент равен 0, при условиях освещенности, относящихся к классу 3.1, коэффициент равен 1, при условиях освещенности, относящихся к классу 3.2, коэффициент равен 2).

Например, рабочий 0,5 времени смены работает в условиях допустимых уровней освещенности (допустим, естественной освещенности), 0,3 времени смены работает в условиях пониженной искусственной освещенности, т. е. класса 3.1, и 0,2 времени смены работает в условиях низкой искусственной освещенности, которые относятся к классу 3.2. Интегральная оценка

$$E_{\text{и}} = 0,5 \cdot 0 + 0,3 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 = 0,7.$$

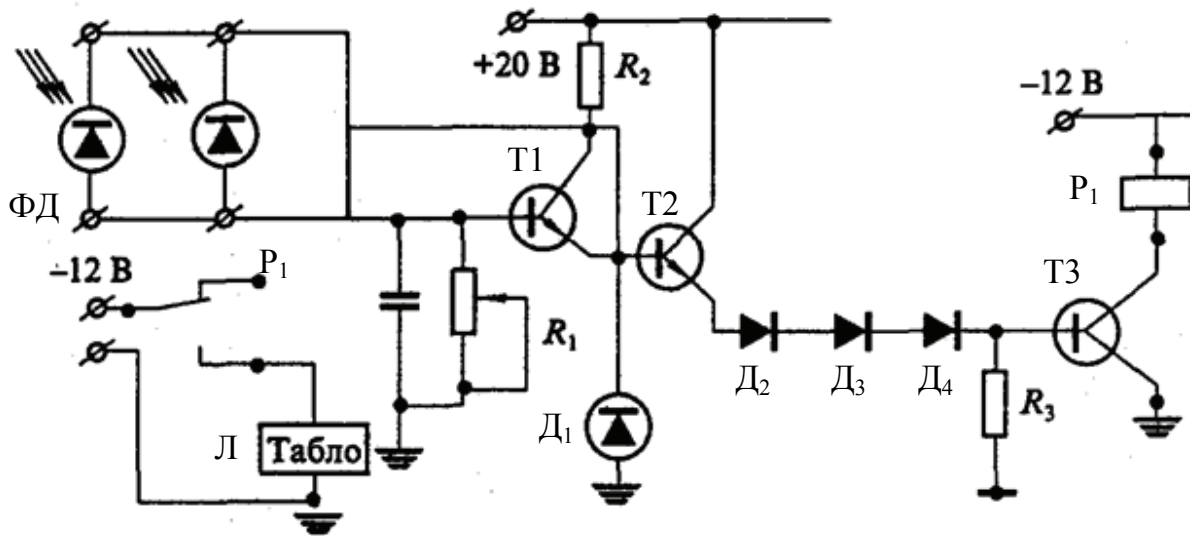


Рис. 4.60. Схема устройства автоматического контроля освещенности на рабочих местах в цехе: ФД – фотодиоды; Д₁, ..., Д₄ – диоды; Р₁ – реле; Т₁, Т₂, Т₃ – транзисторы; R₁, R₂, R₃ – резисторы; Л – сигнальная лампа

По интегральной оценке класс условий труда определяют следующим образом:

если $E_{и}$ менее или равно 0,5, то это 2-й класс;

если $E_{и}$ более 0,5, но менее или равно 1,5, то это класс 3.1;

если $E_{и}$ более 1,5, но менее или равно 2,0, то это класс 3.2.

В рассматриваемом примере $E_{и} = 0,7$, поэтому условия труда относим к классу 3.1.

Контроль освещенности на рабочих местах можно осуществлять и автоматически на основных производственных участках. Схема устройства автоматического контроля освещенности на рабочих местах в цехе приведена на рис. 4.60. При уменьшении освещенности в зоне контроля фотодиода транзисторы Т₁ и Т₂ закрываются, тем самым уменьшают положительное смещение, подаваемое на транзистор Т₃. Транзистор Т₃ при этом открывается, реле Р₁ срабатывает и на табло появляется надпись «Освещение недостаточно». С помощью переменного резистора R₁ можно изменять порог срабатывания Р₁ и контролировать величину нормируемой освещенности.

На открытых площадках (складах) сначала измеряют освещенность от общего освещения (прожекторами или светильниками). Количество точек замера определяют в зависимости от площади склада. Измерения проводят на горизонтальной поверхности непосредственно на штабелях

грузов, на контейнерах и т. д. Результаты замеров сопоставляют с нормой. Затем производят измерения непосредственно в местах работы перегрузочной техники, где кроме общего равномерного должно быть дополнительно локальное освещение от специального осветительного прибора, установленного на кране или другой погрузочно-разгрузочной машине. В непосредственном месте работы площадью 30–40 м² измеряют суммарную освещенность от общего равномерного и локального освещения в 4–5 точках. Результат замеров сопоставляют с нормой.

В закрытых складах освещение оценивают путем измерения горизонтальной освещенности. При хранении штучных, навалочных грузов на полу склада измеряют освещенность всей площади склада на высоте штабеля или штучного груза. Количество точек замера принимают в зависимости от площади склада. Результаты замеров сопоставляют с нормой. При стеллажном хранении грузов измерение освещенности производят в проходах между стеллажами на высоте 0,8–1,0 м от пола. Количество точек замера в зависимости от длины проходов – одна точка на 7–8 м длины. Замеры усредняют и сопоставляют с нормой.

Проверку соответствия фактической величины коэффициента пульсации $K_{п}$ нормативным значениям выполняют путем оценки по таблицам или на основании измерений с помощью люксметра-пульсметра (см. рис. 4.59).

Контроль требований по ограничению пульсации освещенности не требуется:

при питании газоразрядных ламп переменным током с частотой 300 Гц и выше (электронные пускорегулирующие аппараты);

для помещений с периодическим пребыванием людей при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта.

При контроле величины $K_{п}$ особое внимание уделяют тем рабочим местам, где в поле зрения работающего имеются быстро движущиеся или вращающиеся предметы. В этих случаях необходимо включение соседних ламп в три фазы питающего напряжения или включение их в сеть с электронными пускорегулирующими аппаратами.

Ограничение $K_{п}$ достигается:

включением ламп по схемам, обеспечивающим питание части ламп в светильнике отстающим, части ламп – опережающим током (для люминесцентных ламп);

поочередным присоединением соседних светильников в ряду (реже соседних рядов) к разным фазам сети;

установкой в одной точке двух или трех светильников разных фаз (лампы типов ДРЛ и ДРИ);

питанием различных ламп в многоламповых люминесцентных светильниках от разных фаз.

Слепящую блескость оценивают не во всех случаях. Ее не оценивают в помещениях, длина которых не превышает двойной высоты установки светильников над полом, в помещениях с временным пребыванием людей и на площадках, предназначенных для прохода или обслуживания оборудования, вне зданий, когда защитный угол светильников превышает 15° (или светильники имеют рассеиватели молочного стекла без отражателей), а также у входов в здания.

Контроль отраженной блескости проводят субъективно. При наличии слепящего действия бликов отражения, ухудшения видимости объектов различения и жалоб работников на дискомфорт условия труда по этому фактору относят к классу 3.1.

Показатели освещения (КЕО, значения освещенности, показателя ослепленности, коэффициента пульсации освещенности и др.) заносят в протокол обследования условий освещения рабочего места.

Проверку исправности аварийного освещения проводят при отключении рабочего освещения два раза в год; измерение освещенности – при вводе сети в эксплуатацию, а также при изменении функционального назначения помещения.

Очистку осветительных приборов, осмотр и ремонт сети освещения должен выполнять квалифицированный персонал. Периодичность работ по очистке осветительных приборов и проверке технического состояния сети освещения устанавливает ответственный за электрохозяйство потребителя.

Окна подвергают периодической очистке от пыли, грязи, дыма:

в помещениях с большим выделением пыли, дыма или копоти – не реже четырех раз в месяц;

помещениях со средними выделениями пыли, дыма или копоти – не реже трех раз в месяц;

помещениях с малым выделением пыли, дыма или копоти – не реже двух раз в месяц.

Очистку фонарного остекления от пыли, копоти и других загрязнений производят не менее двух раз в год.

Зимой очистку остекления окон производят только с внутренней стороны. Очистку остекления фонарей зимой от снега производят деревянными скребками и метлами регулярно и после сильного снегопада.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите виды и системы освещения производственных помещений.
2. Назовите источники света и светильники.
3. Какие факторы учитывают при выборе источника света?
4. Какие факторы учитывают при выборе светильника?
5. Что такое коэффициент светового климата?
6. Что такое КЕО?
7. Каковы качественные параметры искусственного освещения?
8. Каковы количественные параметры искусственного освещения?
9. Назовите приборы, используемые при контроле световой среды.
10. Каков стробоскопический эффект и его устранение?

4.7. Защита от механических колебаний

Производственный шум и его классификация

С физиологической точки зрения *шум* – это любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении. Как физическое явление шум – это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временных и спектральных характеристик.

Шумы содержат звуки различных частот. Человек обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты. Поэтому одной из важных характеристик шума является его частота f , измеряемая в герцах (Гц). Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11000 Гц, включающий девять октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц (табл. 4.58).

Таблица 4.58

Среднегеометрические и граничные частоты октавных полос

Среднегеометрические частоты, Гц	Граничные частоты, Гц	
	нижние	верхние
31,5	22,4	45
63	45	90

Окончание табл. 4.58

Среднегеометрические частоты, Гц	Граничные частоты, Гц	
	нижние	верхние
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1000	710	1400
2000	1400	2800
4000	2800	5600
8000	5600	11200

Октавная полоса (октава) – это такая полоса частот, в которой верхняя граничная частота $f_{\text{В}}$ в два раза превышает нижнюю граничную частоту $f_{\text{Н}}$, т. е.

$$f_{\text{с.г}} = \sqrt{f_{\text{В}} \cdot f_{\text{Н}}} = \sqrt{2f_{\text{Н}}^2} = 1,41 \cdot f_{\text{Н}},$$

где $f_{\text{с.г}}$ – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называют *звуковым полем*. Любая точка звукового поля имеет определенное давление, скорость и кинетическую энергию частиц воздуха. При прохождении звуковых колебаний в среде частички среды совершают колебания относительно своего первоначального положения. Скорость этих колебаний значительно меньше скорости распространения звука в воздухе. Во время прохождения звуковых колебаний в воздушной среде появляются области разрежения и области повышенного давления. Разность давления в возмущенной и невозмущенной воздушной среде определяет величину *звукового давления* P , которое измеряют в паскалях (Па).

Поток звуковой энергии в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны, называют *интенсивностью звука* в данной точке J , измеряемой в Вт/м².

Интенсивность звука и звуковое давление связаны между собой следующим соотношением:

$$J = \frac{P^2}{\rho \cdot C},$$

где $\rho \cdot C$ – удельное акустическое сопротивление или акустическая жесткость среды, для воздуха $\rho \cdot C = 410 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^3$, воды $\rho \cdot C = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^3$, стали $\rho \cdot C = 4,8 \cdot 10^7 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^3$.

Минимальные значения звукового давления P_0 и интенсивности J_0 , едва различимые слуховым анализатором человека, называют порогово ощутимыми: при частоте 1000 Гц $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$, $J_0 = 10^{-12} \text{ Вт}/\text{м}^2$. Порогово ощутимые значения звукового давления и интенсивности звука отличаются от значений звукового давления и интенсивности звука, вызывающих болевой порог слухового анализатора, в миллиарды раз. Болевым порогом считают звуковое давление 200 Па и интенсивностью 100 Вт/м². Пользоваться в акустических расчетах подобными значениями P и J , лежащими в столь широком диапазоне, неудобно и поэтому на практике используют логарифмические уровни L_P и L_J , которые рассчитывают относительно порогово ощутимых значений P_0 и J_0 :

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}, \quad L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}.$$

Уровень интенсивности звука L_J и уровень звукового давления L_P выражают в децибелах (дБ). Логарифмическая шкала удобна для оценки шума, поскольку уровень интенсивности звука L_J и уровень звукового давления L_P укладываются в пределах от 0 до 140 дБ. Когда в расчетную точку поступает шум от нескольких источников, то суммарный уровень от действия шума оценивают суммой интенсивностей:

$$\Sigma J = J_1 + J_2 + \dots + J_n.$$

Разделим левую и правую части этого выражения на J_0 , прологарифмируем и получим

$$10 \cdot \frac{\Sigma J}{J_0} = 10 \lg \left(\frac{J_1}{J_0} + \frac{J_2}{J_0} + \dots + \frac{J_n}{J_0} \right),$$

или

$$L_J = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}.$$

Суммарный уровень интенсивности для n одинаковых источников шума будет равен

$$L_J = 10 \lg(n \cdot 10^{0,1L_1}) = 10 \lg n + L_1 .$$

Любой источник шума характеризуется также звуковой мощностью, измеряемой в ваттах (Вт). *Звуковая мощность* W – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство в единицу времени. По аналогии с уровнем звукового давления и уровнем интенсивности звука в акустических расчетах принято использовать относительную величину L_W – уровень звуковой мощности:

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0} ,$$

где W_0 – пороговая звуковая мощность, $W_0 = 10^{-12}$ Вт.

Источники шума излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т. е. обладают направленностью излучения, которая характеризуется фактором направленности:

$$\Phi = \frac{J}{J_{\text{ср}}} ,$$

где $J_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность звука, Вт/м².

На поверхности сферы радиусом r , окружающей точечный источник шума, размеры которого малы по сравнению с длиной звуковых волн, средняя интенсивность звука

$$J_{\text{ср}} = \frac{W}{4\pi r^2} .$$

Поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то фактор направленности излучения шума можно определить по следующему выражению:

$$\Phi = \frac{P^2}{P_{\text{ср}}^2} ,$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее звуковое давление по всем направлениям излучения шума, Па.

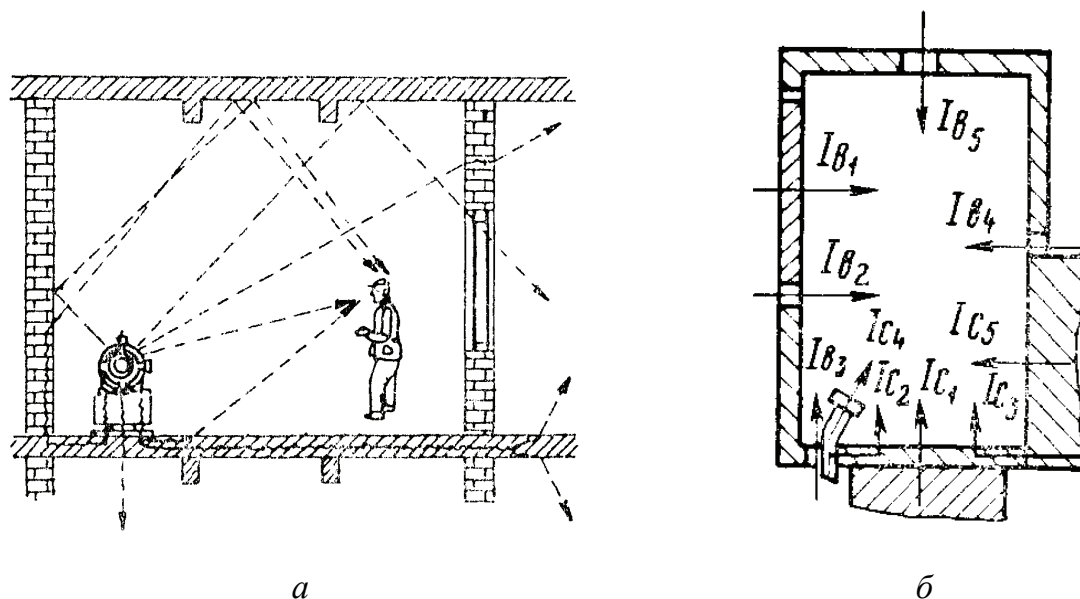


Рис. 4.61. Распространение шума *а* – в помещении; *б* – в кабину: воздушный шум: I_{B1} – через ограждающие поверхности; I_{B2} – неплотные стыки между элементами кабины; I_{B3} – неуплотненные вводы органов управления, электропитания, отопления; I_{B4} – неплотные места соединений ограждающих поверхностей с прилегающими конструкциями; I_{B5} – конструктивно необходимые вентиляционные отверстия и проемы (открытые окна, двери); структурный шум: I_{C1} – через поверхности крепления кабины; I_{C2} – через конструкции органов управления, жестко связанных с ограждающими поверхностями; I_{C3} – через ограждающие поверхности, соприкасающиеся с прилегающими конструкциями; I_{C4} – через введенные в кабину конструктивные элементы; I_{C5} – через прилегающие конструкции

Звуковая мощность источника шума – величина постоянная. Уровни звукового давления в той или иной точке звукового поля зависят от места расположения источника шума (открытое пространство или помещение), путей проникновения шума на рабочее место. Процесс передачи энергии звуковых колебаний от источника их возникновения на рабочие места происходит (рис. 4.61–4.62) как непосредственно по воздуху (воздушный шум) через неплотности в строительных конструкциях зданий, ограждающих поверхностях кабины и др., так и путем возбуждения колебательных движений ограждающих поверхностей (структурный шум).

Производственный шум классифицируют по частоте, спектральным, временным характеристикам и по происхождению.

По характеру спектра шум подразделяют:

на широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона (четко прослушивается звук определенной частоты).

По происхождению шум подразделяют:

на шум аэродинамического происхождения – шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатого воздуха или газа из отверстий, пульсация давления при движении потоков воздуха или газа в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями, горение жидкого и распыленного топлива в форсунках и др.);

шум гидродинамического происхождения – шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в жидкостях (гидравлические удары, турбулентность потока, кавитация и др.);

шум электромагнитного происхождения – шум, возникающий вследствие колебаний электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);

шум механического происхождения – шум, возникающий в результате неправильной центровки и неуравновешенности роторов, муфт, передач, шестерен и других вращающихся частей, некачественного проведения планово-предупредительного ремонта оборудования и др. При плохой балансировке возникают значительные динамические силы F , которые пропорциональны массе Q неуравновешенной детали, амплитуде колебаний A и квадрату числа оборотов вала n :

$$F = (Q \cdot A \cdot n^2) / 10^3.$$

Качество изготовления, сборки и балансировки вращающихся узлов электродвигателей, а также материал рабочего колеса и кожуха вентилятора во многом определяют уровень шума, который можно рассчитать следующим образом:

1) окружная скорость лопаток

$$v_2 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60, \text{ м/с,}$$

где D_2 – диаметр вентилятора, м; n – частота вращения, об./мин;

2) аэродинамический шум

$$L_A = 60 \cdot \lg v_2 + 10 \cdot \lg b_2 \cdot D_2,$$

где b_2 – ширина лопаток, мм;

3) структурный шум

$$L_c = 39 \cdot v_2^{0,05} + 0,1 \cdot H,$$

где H – высота оси вращения, мм;

4) общий уровень вентиляционного шума

$$L_{\text{вент}} = 10 \cdot \lg(10^{0,1LA} + 10^{0,1LC}).$$

Задача 21

Рассчитать вентиляционный шум асинхронного двигателя серии АИР при следующих данных: $H = 200$ мм, $D_2 = 0,3$ м, $n = 3\,000$ об./мин, $b_2 = 0,065$ мм.

Решение

1. Окружная скорость лопаток

$$v_2 = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 3000/60 = 47,1 \text{ м/с.}$$

2. Составляющая аэродинамического шума

$$L_A = 60 \cdot \lg 47,1 + 10 \cdot \lg 0,065 \cdot 0,3 = 60 \cdot 1,673 - 10 \cdot 1,71 \approx 83,3 \text{ дБ.}$$

3. Составляющая структурного шума

$$L_c = 39 \cdot 47,1^{0,05} + 0,1 \cdot 200 = 39 \cdot 1,212 + 20 \approx 67,3 \text{ дБ.}$$

4. Общий уровень вентиляционного шума

$$L_{\text{вент}} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot 83,3} + 10^{0,1 \cdot 67,3}) = 10 \cdot 8,34 \approx 83,4 \text{ дБ.}$$

По временным характеристикам шум подразделяют на постоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях по временной характеристике шумомера «медленно», и непостоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на той же характеристике шумомера.

Шумовое воздействие на работающих является, как правило, непостоянным по уровню шума или времени его действия. Непостоянные шумы подразделяют:

на колеблющиеся во времени – уровень звука непрерывно изменяется во времени;

прерывистые – уровень звука изменяется ступенчато (на 5 дБА и более, причем длительность интервалов в течение которых уровень звука остается постоянным, составляет 1 с и более);

импульсные – состоит из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные шумомерами, на временных характеристиках «медленно» и «импульс» отличаются не менее, чем на 7 дБ.

Для оценки непостоянного шума используют эквивалентный (по энергии) уровень $L_{\text{экв}}$ – уровень постоянного шума, создающий в течение определенного времени, например, за рабочую смену, ту же дозу, что и данный непостоянный шум.

Дозу шума D применяют для оценки акустической энергии, воздействующей на человека за время действия непостоянного шума. Единица измерения дозы шума – $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

В расчетах удобнее использовать относительное значение дозы шума в долях от допустимой:

$$DШ = D / D_{\text{доп}},$$

где $DШ$ – доза шума в долях от допустимой (величина безразмерная),

$$D_{\text{доп}} = P_{\text{Адоп}}^2 \cdot T_{\text{доп}},$$

где $P_{\text{Адоп}}$ – допустимое значение звукового давления, в расчетах принимают $P_{\text{Адоп}} = 0,35 \text{ Па}$; $T_{\text{доп}} = 8 \text{ ч}$.

Например, при $P_{\text{Адоп}} = 0,35 \text{ Па}$ и $T_{\text{доп}} = 8 \text{ ч}$ получаем допустимую дозу шума $D_{\text{доп}} = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$. При дозе шума $D = 2 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ – $DШ = 2 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч} / 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч} = 2$, т. е. что превышает допустимую дозу в два раза.

Доза шума связана с эквивалентным уровнем соотношением

$$L_{\text{экв}} = 85 + 10 \lg \left[\left(\frac{D}{D_{\text{доп}}} \right) \cdot \left(\frac{T_{\text{доп}}}{T} \right) \right].$$

При измерении или расчете эквивалентного (по энергии) уровня используем правило «равной энергии» (параметр эквивалентности q) – число децибел, прибавляемых к уровню шума при уменьшении времени его действия в два раза для сохранения той же дозы шума. Параметр эквивалентности $q = 3$. Например, шум с уровнем 85 дБА, действующий

в течение 8 ч, энергетически эквивалентен шуму с уровнем 88 дБА, действующему в течение 4 ч, или 91 дБА – 2 ч, или 94 дБА – 1 ч и т. д.

Можно определить необходимое количество дней работы $N_{0,5}$ при 0,5 дозы шума (эквивалентный уровень 82 дБА) после выполнения работ:

$$N_{0,5} = n \cdot \Delta ДШ^{1/2},$$

где $N_{0,5}$ – необходимое количество дней работы при дозе не более 0,5 от допустимой; n – количество дней работы в шумных условиях; $\Delta ДШ$ – превышение дозы шума, раз.

Задача 22

Рассчитать необходимое количество дней работы при дозе шума не более 0,5 от допустимой, если работник проработал в течение $n = 6$ дней с превышением дозы шума в 4 раза.

Решение

После 6 дней работы с превышением дозы шума за каждый день в 4 раза необходимо предоставить возможность работы в течение 12 дней при дозе шума не более 0,5 (при эквивалентном уровне не более 82 дБА), так как по вышеприведенной формуле

$$N_{0,5} = 6 \cdot 4^{1/2} = 12 \text{ дней.}$$

Действие производственного шума на человека

Шум даже небольших уровней оказывает значительное влияние на слуховой анализатор человека, включающий в себя наружное ухо, среднее (осуществляет передачу звуковых колебаний) и внутреннее ухо (в нем звуковые колебания преобразуются в электрические сигналы, которые поступают в корковый отдел анализатора). Кровоснабжение внутреннего уха ограничено, так как осуществляется единственной артерией. Самым сложным и легко ранимым является кортиева орган, представленный волосковыми клетками. Для нормального функционирования кортиева органу необходимо поступление достаточного количества глюкозы и кислорода. Повышенный уровень шума ведет к развитию «энергетического голода» волосковых клеток.

Орган слуха через центральную нервную систему связан с различными органами жизнедеятельности человека. Поэтому шум оказывает вредное влияние на весь организм. Длительное воздействие интенсивного шума на человека приводит к заболеваниям нервной и сер-

дечно-сосудистой систем, внутренних органов и психическим расстройствам.

Выраженные психологические реакции проявляются, начиная с уровней шума 30 дБ. Нарушения вегетативной нервной системы и периферического кровообращения наблюдаются при шуме 40–70 дБ. Воздействие шума в 50–60 дБ на центральную нервную систему проявляется в виде замедления реакций человека, нарушений биоэлектрической активности головного мозга с общими функциональными расстройствами организма и биохимическими в структурах головного мозга.

Интенсивный шум при длительном воздействии приводит к снижению слуха, развитию профессионального заболевания – *сенсоневральной тугоухости*, снижению работоспособности и создает предпосылки для общих заболеваний и производственного травматизма. Вероятность повреждения органов слуха зависит от эквивалентного уровня звука и продолжительности воздействия (табл. 4.59).

Таблица 4.59

Вероятность повреждения органов слуха, %

Эквивалентный уровень звука, дБА	Продолжительность работы, годы			
	5	15	25	35
80	0	0	0	0
85	1	5	7	9
95	7	24	29	32
105	18	53	60	61
115	36	83	84	85

Для оценки и прогноза отдаленных последствий влияния шума на человека используют *уровень стажевой дозы шума* – величину, характеризующую шумовое воздействие за рабочий стаж и учитывающую эквивалентный уровень шума и логарифм стажа по формуле

$$L_{\text{ДШ}(T)} = L_{\text{ЭКВ}} + 10 \lg(T/T_0),$$

где T – стаж в годах; $T_0 = 1$ год.

Нормирование производственного шума

Ухудшение слуха или его полная потеря являются основным критерием воздействия шума при физических работах. Для напряженного

умственного труда на первое место выступают нервно-психические нарушения, вызванные воздействием шума. Эти выводы и положены в основу санитарно-гигиенического нормирования, основанного на результатах физиологических исследований действия шума на человека при различной трудовой деятельности. Санитарно-гигиеническому нормированию подлежат следующие характеристики звукового поля:

уровень звукового давления в октавных полосах частот (для постоянного шума);

уровень звука – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного времени;

эквивалентные уровни звука (для непостоянного шума);

длительность воздействия шума на человека в течение смены в зависимости от уровня и характера шума.

Санитарно-гигиенические требования к производственному шуму регламентируют (табл. 4.60):

ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»;

СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

СанПиН 2.2.2.540–96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ».

Значения предельно допустимых уровней звука и эквивалентных уровней звука на рабочих местах для трудовой деятельности различных категорий тяжести и напряженности приведены в табл. 4.61.

Наряду с санитарно-гигиеническим нормированием шума действует техническое нормирование – система ограничений шумовых характеристик оборудования, основанная на достижениях науки и техники по снижению шума.

Конечным результатом технического нормирования является выполнение санитарно-гигиенического нормирования. Техническому нормированию подлежат прежде всего уровни звуковой мощности в октавных полосах частот. Значения предельно допустимых шумовых характеристик (ПДШХ) рассчитывают следующими методами:

обратной задачи – при эксплуатации машин разных типов, произвольным образом расположенных в помещении;

поправок – при эксплуатации однотипного оборудования, равномерно размещенного в помещении.

Значения ПДШХ определяют исходя из требований обеспечения на рабочих местах допустимых уровней шума.

Таблица 4.60

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Теоретическая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов ПЭВМ, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приёма больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	
Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах контрольных помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60	

Окончание табл. 4.60

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ(А)	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Работа, выполняемая с частично по- лученными указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Ра- бочие места в кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; в машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных станци- ях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на ПЭВМ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Работа, требующая сосредоточенности; ра- бота с повышенными требованиями к процес- сам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистан- ционного управления без речевой связи по те- лефону, в помещениях для размещения шум- ных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Выполнение всех видов работ (за исключе- нием перечисленных выше) и аналогичных рабочих местах в производственных помеще- ниях и на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 4.61

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1-й степени	Тяжелый труд 2-й степени	Тяжелый труд 3-й степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1-й степени	60	60	—	—	—
Напряженный труд 2-й степени	50	50	—	—	—

Акустический расчет

При проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции объектов предусматривают мероприятия по снижению шума, подтвержденные соответствующим акустическим расчетом, включающим:

выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;

выбор расчетных точек в помещении, для которых производят акустический расчет;

определение предельно допустимых уровней звукового давления для расчетных точек;

определение ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;

определение требуемого снижения уровней звукового давления в расчетных точках;

выбор методов и средств для обеспечения требуемого снижения уровней звукового давления в расчетных точках.

Акустический расчет выполняют для каждой из девяти октавных полос частотного диапазона.

Для расчета уровня шума в помещении выявляют все источники шума, начиная с самых мощных. Шумовые характеристики оборудования принимают по технологической документации.

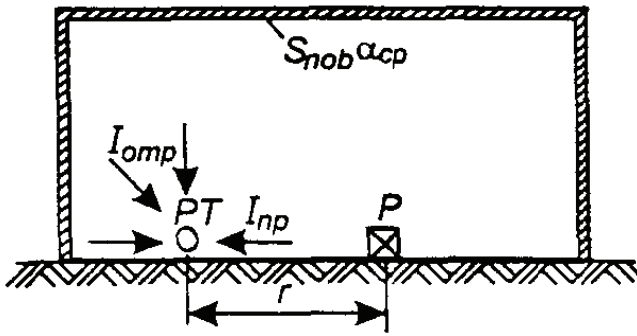


Рис. 4.62. Положение расчетной точки в помещении с одним источником шума

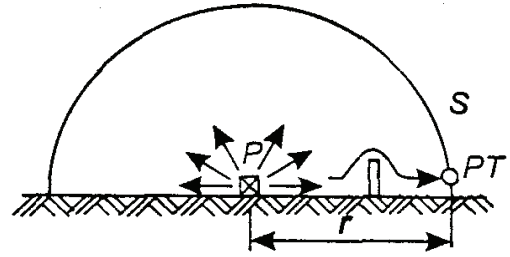


Рис. 4.63. Положение расчетной точки на открытом пространстве

В последующих расчетах учитывают только те источники шума, акустические центры которых находятся в радиусе пяти расстояний от расчетной точки РТ (рабочего места) до акустического центра ближайшего источника.

Расчетные точки (рис. 4.62) в производственном помещении принимают на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от уровня пола.

В помещении с однотипными источниками шума принимают не менее двух расчетных точек: первую – в средней части помещения, вторую – в зоне отраженного звука. При наличии источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звуковой мощности более чем на 15 дБ хотя бы в одной октавной полосе, принимают три расчетные точки: две – на рабочих местах у источников с наибольшими уровнями звуковой мощности, а третью – в зоне отраженного звука.

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках на рабочих местах в помещениях с одним источником шума

$$L_P = L_W + 10 \lg(\chi \Phi / S + 4\psi / V), \text{ дБ},$$

где S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку,

$$S = 2\pi \cdot r^2, \text{ м}^2,$$

где r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки (акустический центр источника шума – это проекция геомет-

рического центра источника на горизонтальную плоскость пола); ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 4.64) в зависимости от отношения постоянной помещения V к площади ограждающих поверхностей $S_{\text{орг}}$; χ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля для крупногабаритного оборудования, принимаемый в зависимости от отношения расстояния r к максимальному размеру l_{max} источника шума по графику (рис. 4.65); Φ – фактор направленности источника шума (при равномерном распространении звука во всех направлениях $\Phi = 1$); B – постоянная помещения в октавных полосах частот,

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \text{ м}^2,$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1 000 Гц, м^2 (табл. 4.62); μ – частотный множитель (табл. 4.63).

Задача 23

Металлообрабатывающий станок излучает в октаве 500 Гц звуковую мощность с уровнем $L_P = 80$ дБ, для его установки требуется площадь $S = 5$ м^2 . Приведенный коэффициент звукопоглощения, учитывающий поглощение полом, потолком, инженерными коммуникациями в цехе принять равным 0,12.

Определить уровень звукового давления на рабочем месте.

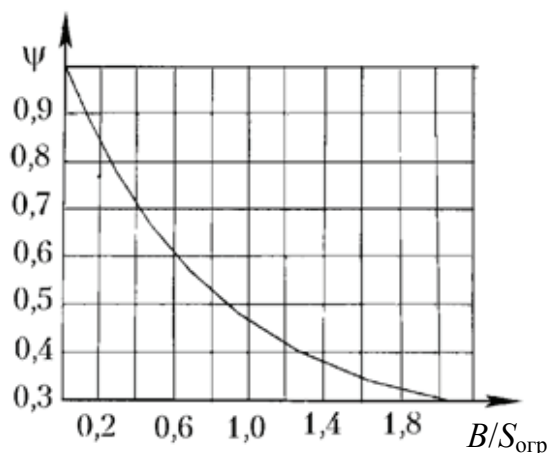


Рис. 4.64. График для определения коэффициента ψ

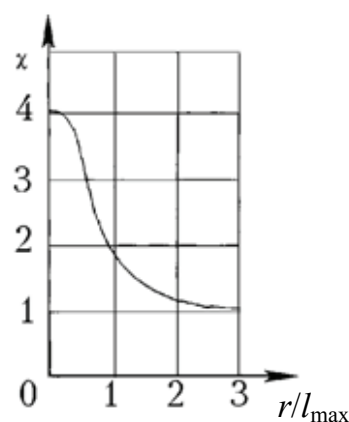


Рис. 4.65. График для определения $\chi = f(r/l_{\text{max}})$

Таблица 4.62

**Значения постоянной помещения V_{1000}
на среднегеометрической частоте 1000 Гц**

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения V_{1000} , м ²
1	С небольшим количеством людей (вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т. п.)	$\frac{V}{20}$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (кабинеты и т. п.)	$\frac{V}{10}$
3	С небольшим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро)	$\frac{V}{6}$

Таблица 4.63

Значения частотного множителя

Объем помещения, м ³	Частотный множитель μ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Менее 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200–1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Более 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Решение

Уровень звукового давления на рабочем месте составляет

$$L = 80 + 10 \lg \{1 + [4/(0,12 \cdot 5)]\} \approx 89 \text{ дБ.}$$

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках помещений, в которых находится несколько источников шума,

$$L_P = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m (\Delta_i \chi_i \Phi_i / S_i) + (4\psi / B) \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \text{ дБ,}$$

где $\Delta_i = 10^{0,1L_{Wi}}$; L_{Wi} – октавный уровень звуковой мощности, дБ, излучаемый i -м источником шума; S_i , χ , Φ_i – фактор направленности i -го ис-

точника шума; m – количество источников шума, находящихся от РТ на расстоянии $r_i \leq 5 r_{\min}$, где r_{\min} – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего источника; n – общее количество источников шума.

Если все источники шума имеют одинаковые уровни звуковой мощности, то ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке определяют по формуле

$$L_P = L_W + 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m (\chi / S_i + 4\psi / B) \right),$$

где L_W – октавный уровень звуковой мощности, излучаемый одним источником шума, дБ.

Требуемое снижение уровней звукового давления

$$\Delta L_{\text{треб}} = L_P - L_{\text{доп}}, \text{ дБ},$$

где L_P – уровень звукового давления в расчетной точке; $L_{\text{доп}}$ – предельно допустимый уровень звукового давления (табл. 4.60).

На открытом пространстве (рис. 4.64) уровень звукового давления в расчетной точке можно определить по формуле

$$L = L_P - 20 \lg r - (\Delta r / 1000) - 8 + \Phi, \text{ дБ},$$

где r – расстояние от центра источника шума до расчетной точки, м; Δ – снижение шума на пути его распространения в атмосфере, дБ/км, принимают по данным, приведенным ниже:

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Δ , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Если на пути распространения шума нет препятствий и расстояние r не более 50 м, то значение Δ можно принять равным 0.

Задача 24

В октавной полосе 63 Гц источник шума (силовой трансформатор) создает уровень звуковой мощности $L_P = 106$ дБ при факторе направленности $\Phi = 7$ дБ. Расстояние до границы административной застройки $L_P = 30$ м.

Определить уровень звукового давления на границе административной застройки.

Решение

Уровень звукового давления на границе административной застройки равен

$$L = 106 - 20\lg 30 - 0 - 8 + 7 = 75 \text{ дБ.}$$

Методы и средства снижения производственного шума

Методы и средства защиты от шума по отношению к защищаемому объекту подразделяют на средства коллективной и индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику шума подразделяют:

на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, средства, снижающие возбуждение шума и звукоизолирующую способность источника шума;

средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта, средства, снижающие шум механического, аэродинамического, гидродинамического и электромагнитного происхождения.

Методы и средства коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации подразделяют на архитектурно-планировочные, акустические и организационно-технические.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают:

рациональное размещение производственных зданий, помещений, а также расстановку технологического оборудования, машин и организацию рабочих мест;

рациональное акустическое планирование зон, режима движения транспортных средств и др.

Организационно-технические методы защиты от шума включают:

применение малошумных технологических процессов, машин и оборудования;

оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;

использование рациональных режимов труда и отдыха и др.

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия подразделяют:

на средства звукоизоляции – звукоизолирующие ограждения зданий и помещений, звукоизолирующие кабины, перегородки, звукоизолирующие кожухи, звукоизолирующие капоты, акустические экраны;

средства звукопоглощения – звукопоглощающие облицовки, объемные (штучные) поглотители звука;

средства виброизоляции (для снижения уровня шума вибрирующие агрегаты устанавливаются на амортизаторы или на специальные фундаменты) и демпфирования (достигается покрытием вибрирующих частей оборудования и машин специальными демпфирующими материалами, имеющими высокое внутреннее трение);

глушители шума.

При встрече потока звуковой энергии $E_{\text{пад}}$ с препятствием (рис. 4.66) часть ее $E_{\text{отр}}$ отражается, другая часть $E_{\text{погл}}$ поглощается ограждением, а последняя $E_{\text{пр}}$, пройдя ограждение, создает звук за его пределами. Величины отражения звуковой энергии, поглощения и звукопроницаемости характеризуются отношениями

$$\lambda = E_{\text{погл}}/E_{\text{пад}}; \beta = E_{\text{отр}}/E_{\text{пад}}; \tau = E_{\text{пр}}/E_{\text{пад}},$$

где λ – коэффициент звукопоглощения; β – коэффициент звукоотражения; τ – коэффициент звукопроницаемости.

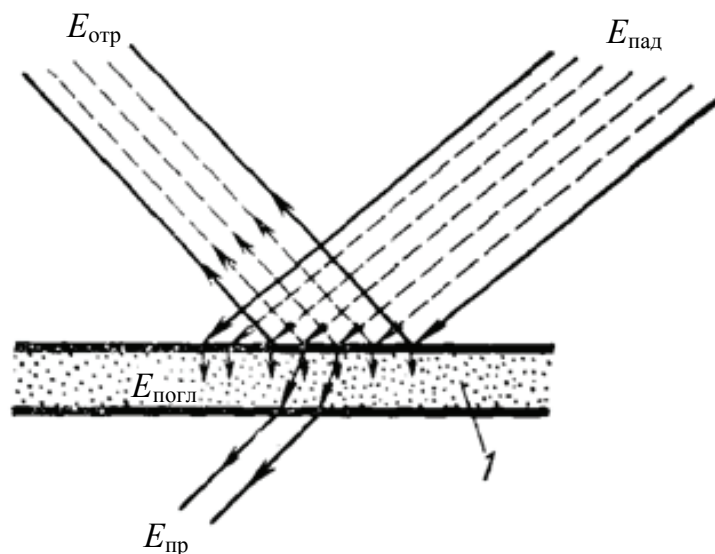


Рис. 4.66. Схема распространения звука при встрече с препятствием

Сущность звукоизоляции ограждения состоит в том, что основная часть падающей звуковой энергии $E_{\text{пад}}$ отражается от него. Конструкцию звукоизолирующего ограждения, обеспечивающего требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{треб}}$, принимают по табл. 4.64, 4.65. Звукоизолирующая способность выбранного ограждения должна быть выше требуемой в каждой октавной полосе. Допускается снижение требуемой по расчету звукоизолирующей способности не более 3 дБ и только в одной октавной полосе. Если из табл. 4.64, 4.65 не удастся выбрать конструкцию, обладающую требуемой звукоизолирующей способностью, ее проектируют на основании расчета.

Звукоизолирующие кабины закрытого и полуоткрытого типа (рис. 4.67) наиболее часто применяют для защиты от шума работников, обслуживающих стационарное шумное технологическое оборудование или шумные технологические процессы. Наблюдение и контроль за работой механизмов и агрегатов в кабине производят со специального пульта управления.

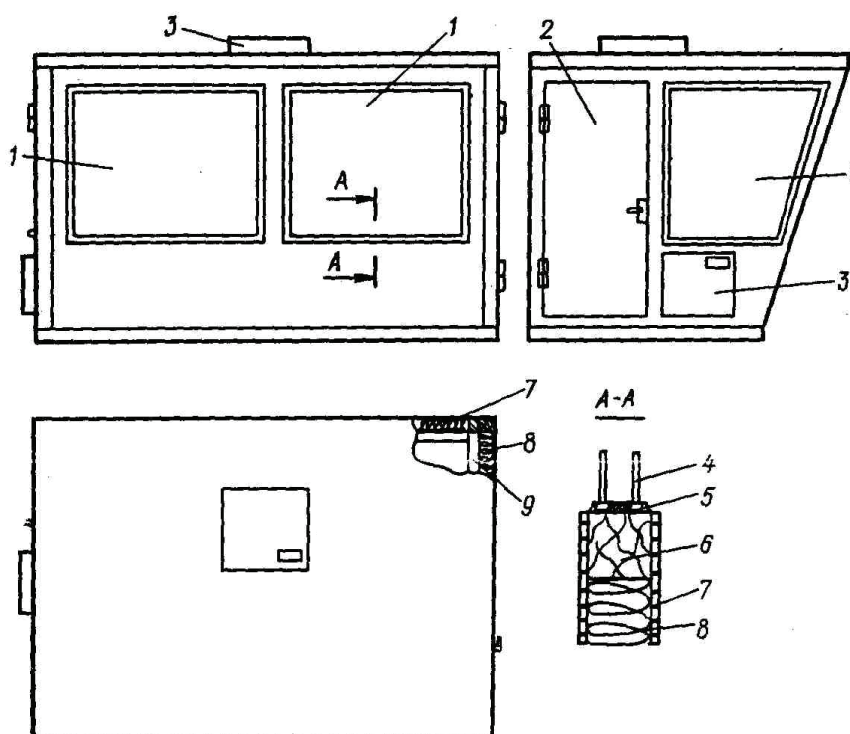


Рис. 4.67. Звукоизолирующая кабина:

- 1 – застекленное окно; 2 – дверь; 3 – глушитель; 4 – листовое стекло;
5 – резиновый уплотнитель; 6 – деревянная рама; 7 – древесноволокнистая
плита; 8 – минеральная вата; 9 – металлический каркас

Таблица 4.64

Звукоизолирующая способность дверей, дБ

Конструкция	Условия прилегания по периметру притвора	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Обыкновенная филенчатая дверь	Без уплотняющих прокладок	7	12	14	16	22	22	3	–
	С уплотняющими прокладками из резины	12	18	19	23	30	33	32	–
Глухая щитовая дверь марки ДБ-8 толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок	17	22	23	24	24	24	23	–
	С уплотняющими прокладками из резины	22	27	27	32	35	34	35	–
Дверь звукоизолирующая, об-легченная одинарная	–	14	18	30	39	42	45	42	45

Таблица 4.65

Звукоизолирующая способность стен и перегородок, дБ

Материал конструкции	Толщина, мм	Вес 1 м ² , кг	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка	1 кирпич	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	2 кирпича	840	45	52	59	65	70	70	70	70
Гипсбетонная плита	80	115	–	28	33	37	39	44	44	42
Керамзитобетонная плита	80	100	–	33	34	39	47	52	54	–

Окончание табл. 4.65

Материал конструкции	Толщина, мм	Вес 1 м ² , кг	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Железобетонная плита	50	125	28	34	35	35	41	48	55	55
	100	250	40	40	40	44	50	55	60	60
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	400	2000	45	47,5	55	61	67,5	70	70	70
	800	1000	47,5	55	61	67,5	70	70	70	70
Шлакобетонная панель	250	400	–	33	45	52	59	64	64	–
Древесностружечная плита	20	12	–	23	26	26	26	26	26	33
Фанера	3	2,4	7	11	14	19	23	26	27	27
	4	3,2	8	12	16	20	24	27	27	27
	5	4	9	13	17	21	25	28	26	29
	8	6,4	12	16	20	24	27	27	27	32
	10	8	13	17	21	25	28	25	29	33
Сталь (панели с ребрами жесткости)	1	7,8	13	17	21	25	28	32	36	35
	2	15,5	16	20	24	28	32	36	35	33
	4	46,8	23	27	31	35	37	30	39	43
	8	62,4	24	28	32	36	34	33	40	44
	10	78	26	30	34	32	36	36	42	46

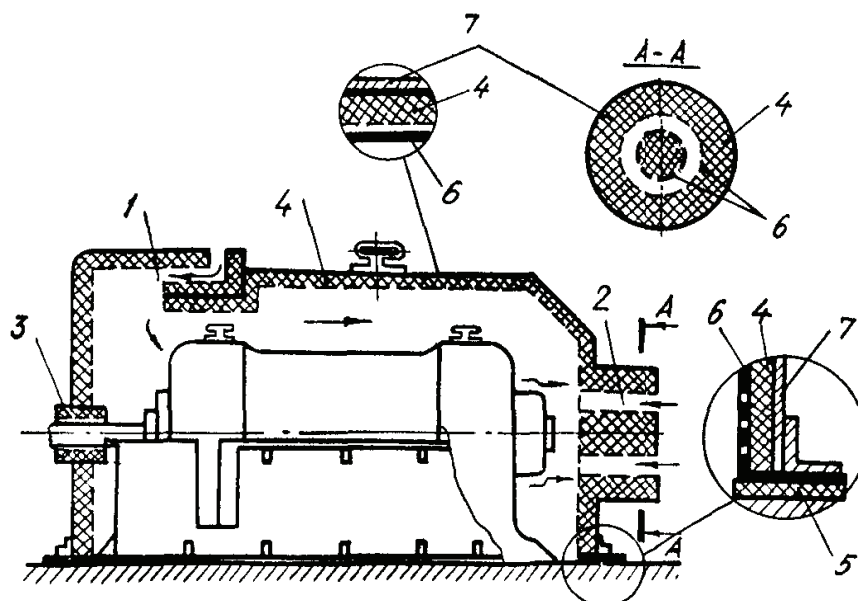


Рис. 4.68. Схема звукоизолирующего кожуха: 1, 2 – глушители в отверстиях для циркуляции воздуха; 3 – глушитель в отверстии вала; 4 – звукоизолирующая облицовка; 5 – резиновая прокладка; 6 – перфорированный лист; 7 – металлический лист

Конструктивно звукоизолирующая кабина выполнена в виде комплекса щитов, смонтированных на металлическом каркасе. Щит состоит из деревянной рамы, к которой с обеих сторон прикреплены листы облицовки – древесноволокнистые плиты (ДВП). Пространство между ними заполняют звукопоглотителем воздушного шума – минеральной ватой. По значению изоляции от воздушного шума кабины подразделяют на четыре класса согласно ГОСТ 12.2.098–84 «ССБТ. Кабины звукоизолирующие. Общие требования».

Требуемая звукоизолирующая способность перегородки для октавной частоты f

$$\Delta L_{\text{звизп}} = 20 \lg(f \cdot G) - 47,5, \text{ дБ},$$

где G – поверхностная масса перегородки, $\text{кг}/\text{м}^2$.

Толщина перегородки

$$\delta = G / \rho, \text{ м},$$

где ρ – плотность материала перегородки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Эффективность снижения шума звукоизолирующим кожухом (рис. 4.68) определяют по формуле

$$\Delta L_{\text{кож}} = 10\lg(f \cdot G) + 10\lg \alpha - 60,$$

где α – коэффициент звукопоглощения материала, нанесенного на внутреннюю поверхность кожуха (табл. 4.66). В качестве звукопоглощающих материалов используют ДВП, минеральную вату, поролон и др.

Среднюю по площади звукоизолирующую способность ограждения, состоящего из отдельных конструктивных элементов (стены с окнами или открытыми проемами) определяют с учетом площади и октавной звукоизолирующей способности каждого элемента.

Задача 25

Ограждение состоит из стены площадью $S_{\text{ст}} = 25 \text{ м}^2$ со звукоизолирующей способностью $\Delta L_{\text{ст}} = 65 \text{ дБ}$ на частоте 500 Гц, окна площадью $S_{\text{о}} = 4,5 \text{ м}^2$ со звукоизолирующей способностью $\Delta L_{\text{о}} = 32 \text{ дБ}$, открытого проема площадью $S_{\text{пр}} = 0,5 \text{ м}^2$ с $\Delta L_{\text{пр}} = 0 \text{ дБ}$.

Определить среднюю по площади звукоизолирующую способность ограждения.

Решение

Средняя по площади звукоизолирующая способность ограждения составляет

$$\begin{aligned} \Delta L_{\text{ст}} &= 10\lg(S_{\text{ст}} + S_{\text{о}} + S_{\text{пр}}) - \\ &- 10\lg\left(S_{\text{ст}} \cdot 10^{0,1\Delta L_{\text{ст}}} + S_{\text{о}} \cdot 10^{0,1\Delta L_{\text{о}}} + S_{\text{пр}} \cdot 10^{0,1\Delta L_{\text{пр}}}\right) = \\ &= 10\lg(25 + 4,5 + 0,5) - 10\lg(25 \cdot 10^{5,5} + 4,5 \cdot 10^{3,2} + 0,5 \cdot 10^0) \approx 18 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Акустические экраны применяют для установки вблизи источника шума или у рабочего места. В зависимости от конструктивного исполнения экраны могут быть плоскими, Г- и П-образными, твердыми (из стали, алюминия, фанеры и др.), мягкими (из резины), а также со звукопоглощением и без звукопоглощения. Звукопоглощающие материалы более эффективно располагать не по всей поверхности экрана, а только по краю. Акустический экран снижает прямой звук от источника шума за счет образования звуковой тени (рис. 4.69). Важно также, чтобы расстояние от источника шума до расчетной точки было как можно меньше. Линейные размеры экрана должны быть не менее чем в три раза больше линейных размеров источников шума.

Таблица 4.66

Акустическая характеристика звукопоглощающих материалов

Звукопоглощающие материалы	Плотность, кг/м ³	Толщина слоя, мм	Коэффициент звукопоглощения α в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц								
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Винипор полужесткий	120	60	0,01	0,15	0,25	0,55	0,85	1	1	1	1
Маты из супертонкого стекловолокна с защитным покрытием из стеклоткани и перфорированным листом	15	100	0,2	0,47	1	1	1	1	1	1	0,9
Минеральная вата	190	100	0,40	0,43	0,53	0,59	0,69	0,70	–	–	–
Маты из супертонкого стекловолокна с защитным покрытием из стеклоткани и перфорированным листом	15	50	0,05	0,12	0,50	1	1	0,95	0,90	0,80	0,80

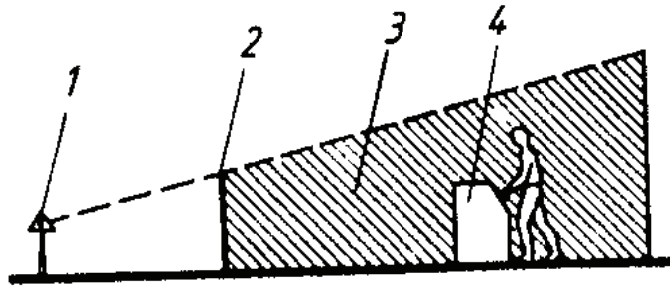


Рис. 4.69. Экранирование шума:
 1 – источник шума; 2 – экран; 3 – звуковая тень; 4 – рабочее место

Задача 26

Рассчитать снижение уровня шума на расстоянии $r = 10$ м от источника шума с уровнем $L = 105$ дБ. Рассмотреть возможность применения экрана для снижения шума в точке, находящейся на расстоянии $b = 4$ м от экрана. Расстояние от экрана до источника шума $a = 1$ м, длина экрана $l = 5$ м, высота $h = 2,5$ м. Среднегеометрическая частота октавной полосы $f = 5\,000$ Гц.

Решение

1. Уровень шума на расстоянии 10 м без экрана:

$$L_p = L - 20 \lg r - 8 = 105 - 20 \lg 10 - 8 = 77 \text{ дБ.}$$

2. Коэффициент

$$K = 0,05 \sqrt{f} \sqrt[4]{\frac{h^2 \left(\frac{l}{b}\right)^2}{1 + 4 \left(\frac{a}{b}\right)^2}} = 0,05 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{2,5^2 \left(\frac{5}{4}\right)^2}{1 + 4 \left(\frac{1}{4}\right)^2}} = 5,91.$$

3. Эффективность экрана ΔL_3 принимаем в зависимости от величины K :

K	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	7	10
$\Delta L_3, \text{ дБ}$	5	8	11	13,5	15	18	20	22	25	30

Акустическая эффективность экрана составляет 23 дБ.

4. Уровень шума на расстоянии 10 м от источника при установке экрана

$$L_{10} = L_p - \Delta L_3 = 77 - 23 = 54 \text{ дБ.}$$

Сущность звукопоглощения состоит в преобразовании энергии колеблющихся частиц воздуха (при прохождении звуковых волн) в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале. К средствам звукопоглощения на рабочих местах относят звукопоглощающие облицовки, штучные звукопоглотители, глушители шума, посадки зеленых насаждений. Средства звукопоглощения применяют тогда, когда требуемое снижение шума в расчетных точках превышает 1–3 дБ не менее чем в трех октавных полосах или 5 дБ хотя бы в одной из полос.

Звукопоглощающие облицовки представляют собой плиты из слоя пористо-волокнистого материала в защитной оболочке. Плоский слой звукопоглощающего материала крепится непосредственно на поверхность ограждения (рис. 4.70, *а*) или с воздушным промежутком между слоем и ограждением (рис. 4.70, *б*).

Снижение шума за счет звукопоглощающей облицовки определяют по формуле

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{B_1}{B},$$

где B и B_1 – эквивалентная площадь помещения до и после облицовки.

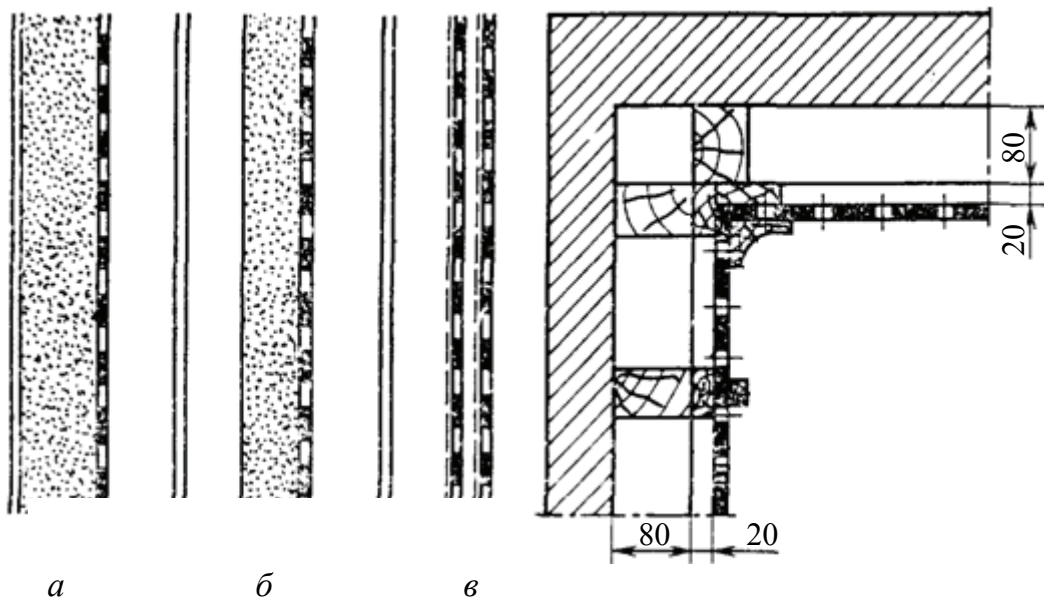


Рис. 4.70. Звукопоглощающая облицовка:
а – с установкой звукопоглощающего материала вплотную к поверхности ограждения; *б* – с установкой звукопоглощающего материала с воздушным промежутком; *в* – двухслойная

Задача 27

В испытательном боксе установлен двигатель, создающий уровень звуковой мощности $L_P = 103$ дБ в октавной полосе 2000 Гц. Расстояние от центра двигателя до внутренних поверхностей бокса $r = 2$ м. Потолок и стены бокса площадью 84 м^2 облицованы акустическими плитами с коэффициентом звукопоглощения 0,9, пол площадью 24 м^2 – бетонный (коэффициент звукопоглощения – 0,01).

Определить уровень звуковой мощности в испытательном боксе.

Решение

1. Постоянная испытательного бокса

$$B = (84 \cdot 0,9/0,1) + (24 \cdot 0,01/0,99) = 750 \text{ м}^2.$$

2. Уровень звуковой мощности в испытательном боксе

$$\begin{aligned} L_{P6} &= L_P - 10\lg B + 6 + 10\lg[1 + (B/8r^2)] = \\ &= 103 - 10\lg 750 + 6 + 10\lg[1 + (750/8 \cdot 4)] \approx 94 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Для уменьшения шума от воздухонагревателей, используемых в системах воздушного отопления с рециркуляцией воздуха, вентиляторы размещают в шумопоглощающем корпусе (рис. 4.71). Внутри этот корпус имеет перфорированный лист, снаружи – листовую сталь с порошковым покрытием. Между ними проложен шумопоглощающий материал толщиной 50 мм.

По принципу действия *глушители шума* делят на активные (абсорбционные), реактивные (рефлексные) и комбинированные.

В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях глушителя (рис. 4.72). Наиболее распространенным элементом активных глушителей являются облицованные каналы круглого и прямоугольного сечения. Такие глушители устанавливают, например, вблизи вентиляторов (рис. 4.73) для снижения шума по пути его распространения по воздуховодам.

В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Камеры могут быть внутри облицованы звукопоглощающим материалом.

Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение энергии звуковых волн, называют комбинированными.

В большинстве случаев при подборе глушителей можно пользоваться табличными данными акустической эффективности. Тип и размеры глушителей подбирают в зависимости от величины требуемого снижения шума. При проектировании глушителя его акустическую эффективность определяют расчетом.

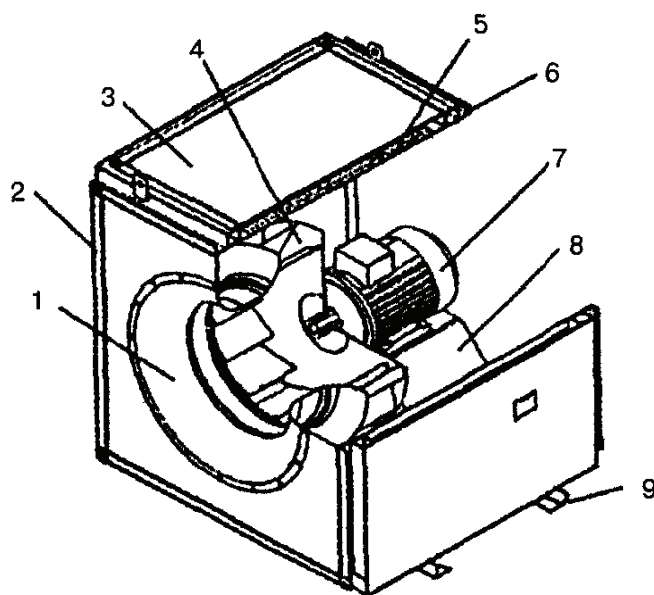


Рис. 4.71. Вентилятор в шумопоглощающем корпусе: 1 – входной коллектор; 2 – входной фланец; 3 – корпус; 4 – колесо; 5 – шумопоглощающий материал; 6 – выходной фланец; 7 – электродвигатель; 8 – стойка; 9 – лапы

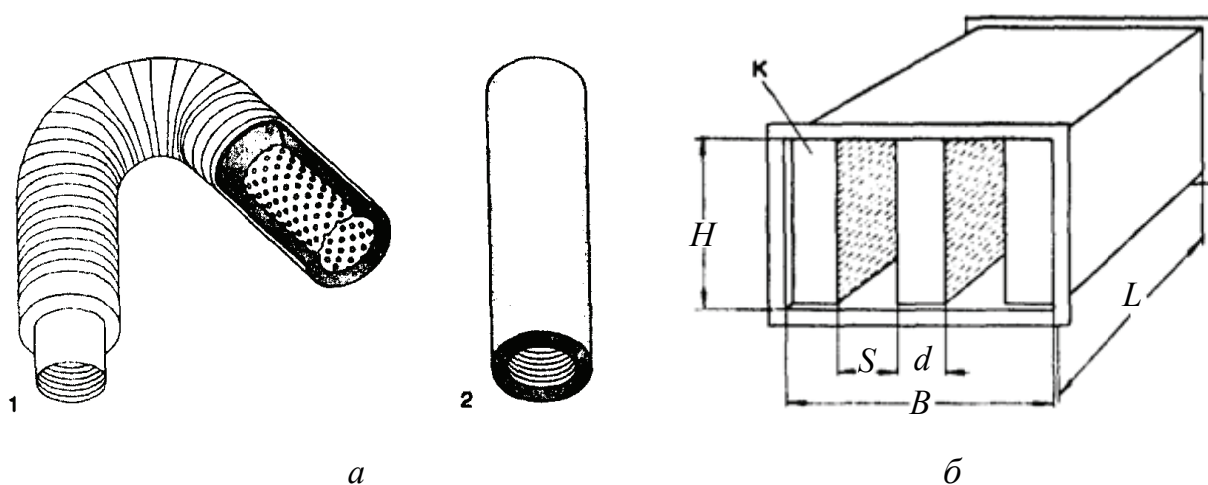


Рис. 4.72. Абсорбционные глушители: *а* – с гибкой металлической облицовкой (1) или в виде вставного элемента (2); *б* – кулисный шумоглушитель

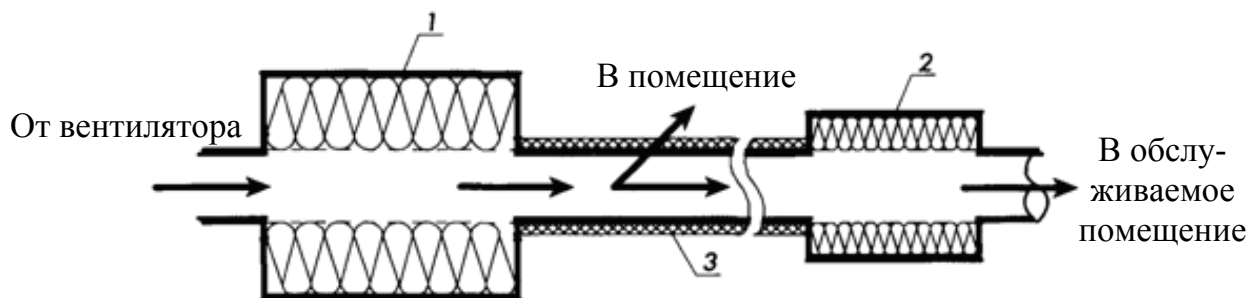


Рис. 4.73. Схема фрагмента вентиляционной сети: 1 – транзитный глушитель; 2 – глушитель конечного участка сети; 3 – транзитный воздуховод со звукоизолирующей облицовкой

Расчет глушителя шума, наиболее часто применяющегося в системах вентиляции, кондиционирования, проводят в такой последовательности:

- 1) общий уровень звуковой мощности вентилятора

$$L_{W_{об}} = \tau + 25 \lg H + 10 \lg Q, \text{ дБ},$$

где τ – критерий шумности, дБ, принимают по табл. 4.67 в зависимости от типа и номера вентилятора; H – давление, развиваемое вентилятором, кгс/м²; Q – количество воздуха, подаваемое системой вентиляции, м³/с;

- 2) октавный уровень звуковой мощности, дБ,

$$L_W = L_{W_{об}} - \Delta L_1 + \Delta L_2,$$

где ΔL_1 – поправка, учитывающая распределение звуковой мощности по октавным полосам (табл. 4.68), дБ; ΔL_2 – поправка, учитывающая влияние присоединения вентилятора к воздуховоду, дБ (табл. 4.69);

3) ожидаемый уровень звукового давления от шума, создаваемого системой вентиляции, дБ,

$$L = L_W - \Delta - 10 \lg \frac{4}{A'},$$

где Δ – поправка на критерий шумности, дБ; A' – звукопоглощение, дБ, например, для кабин кранов

$$A' = 0,95 \cdot V^{2/3};$$

4) необходимое снижение шума, дБ,

$$\Delta L = L - L_{\text{доп}};$$

5) величина затухания, дБ, в глушителе на 1 калибр ε – безразмерная длина глушителя с облицовкой;

6) необходимое число калибров

$$i = \Delta L / \varepsilon;$$

выбираем максимальное число калибров i_{max} ;

7) длина глушителя

$$l = i_{\text{max}} \cdot d_{\text{эк}}, \text{ м},$$

где $d_{\text{эк}}$ – гидравлический диаметр глушителя (принимают по конструктивным соображениям), м;

8) эффективность глушителя

$$\Delta L_{\text{гл}} = 4,4 \cdot \alpha \cdot i_{\text{max}}, \text{ дБ},$$

где α – коэффициент звукопоглощения облицовки глушителя;

9) значения $\Delta L_{\text{гл}}$ сравниваем с ΔL и делаем вывод об эффективности конструкции глушителя трубчатого типа.

Таблица 4.67

Критерий шумности вентиляторов

Вентилятор			Значения критерия шумности τ , дБ		
Тип	Номер	Диаметр рабочего колеса D_H	со стороны		Вокруг вентилятора
			всасывания	нагнетания	
ВЦ4-70	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16А	90–100	33	20	31,5
		105	36	32	34
ВЦ4-76	8; 10; 12; 16; 20	100	30	27	28,5
ВЦ14-46	2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8	100	34	31	32,5
ВЦ6-28	5; 8; 10	100	40	32	36
Ц10-28	2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8	100	38	33	35,5
ЦП7-40	5; 6,3; 8	100	38	33	35,5
КЦ4-84		100	23	28	
КЦ3-90		100	23	28	
О6-300	5; 6,3; 8; 10; 12,5	100	32	32	32

Таблица 4.68

Значения поправки ΔL_1

Тип и номер вентилятора	Число оборотов колеса вентилятора n , об./мин	Значения ΔL_1 , дБ, при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц									
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
ВЦ4-70 2,5; 3,2; 4	930-1120	6	5	7	13	14	20	25	31		
	1 370-2 700	6	5	5	10	14	17	22	27		
	2 800-3 360	7	7	6	8	11	15	16	23		
ВЦ4-70 5; 6,3; 8; 10; 12,5	350-450	4	6	9	12	16	23	30	38		
	450-600	5	5	8	11	15	20	27	34		
	635-800	5	4	7	10	15	18	24	30		
ВЦ4-76	850-100	6	5	5	9	11	16	22	28		
	1 015-1 290	6	5	4	8	11	15	19	27		
	1 200-1 620	7	6	5	8	11	15	19	25		
ВЦ14-46	720	8	6	5	6	14	18	22	27		
	915-985	9	7	6	5	13	17	21	25		
	1 360-1 455	10	8	6	5	7	14	18	23		
	2 815-2 900	12	10	8	6	5	7	14	18		
	600-700	4	6	9	13	17	21	26	31		
ВЦ6-28	800-1 400	6	6	6	9	13	17	21	26		
	1 410-2 600	9	6	6	6	9	13	17	21		
	2 810-2 940	12	4	11	8	9	10	14	18		
ЦП7-40	600-700	4	6	9	13	17	21	26	31		
	800-1400	6	6	6	9	13	17	21	26		
	1 410-2 600	9	6	6	6	9	13	17	21		
КЦ3-90	920-950	7	5	4	8	10	16	23	28		
	700-1400	13	8	8	5	7	9	15	23		
О6-300	1 400-2 800	18	13	8	8	5	7	9	15		
	2 810-2 850	23	18	13	8	8	5	7	9		

Таблица 4.69

Значения поправки ΔL_2

Диаметр (эквивалентный) воздухопровода или решетки, мм	Значения ΔL_2 , дБ, при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
50	27	21	15	9	4	1		
80	23	17	11	5	2			
100	21	15	9	4	1			
125	19	13	7	2				
140	18	12	6	2				
160	17	11	5	2				
180	18	10	4	1				
200	15	9	4	1				
225	14	8	3					
250	13	7	2					
280	12	6	2					
315	11	5	2					
350	10	4	1					
400	9	4	1					
450	8	3						
500	7	2						
560	8	2						
630	5	2						
710	4	1						
800	4	1						
900	3							
1 000	2							
1 250	2							
1 400	1							
1 800	1							

В соответствии с ГОСТ Р 12.4.211–99 СИЗ органов слуха, используемые человеком для изоляции от нежелательных звуков, называют *противошумами*. В зависимости от конструктивного исполнения противошумы подразделяют на противошумные вкладыши, противошумные наушники, противошумные наушники, смонтированные с защитной каской.

Противошумный вкладыш – это противошум, который носят во внутренней части слухового канала или ушной раковины; в зависимости от применяемого материала он может быть твердым (из вспененного

полиуретана), эластичным (из силиконовой резины), волокнистым, а от характера использования – многократного или одноразового использования. Малый вес, относительно высокая эффективность, удобство применения, невысокая стоимость – основные преимущества противошумных вкладышей. Однако при несоответствии размерам или форме слухового канала они могут вызвать болевые ощущения, раздражение кожи и воспалительные явления.

Противошумный наушник – противошум, состоящий из двух звукоизолирующих чашек, прикрывающих ушные раковины и соединенных между собой жестким или мягким прижимным устройством (оголовьем), изготовленным из прочных пластиков или металлических пружин. Оголовье обеспечивает прижим уплотняющих прокладок к околоушной поверхности головы. Все противошумные наушники имеют звукоизолирующие корпуса (чаши), выполненные из различных полимерных материалов или легких металлов и заполненные изнутри пористыми звукопоглотителями (ультратонкое стекловолокно, войлок, пенополиуретан и т. п.).

Эффективность защиты противошумных наушников напрямую зависит от объема звукоизолирующей чаши наушников и количества звукопоглотителя. Чем больше объем наушников, тем выше их защитные свойства. Но прямо пропорционально повышению защитных свойств понижается комфортность наушников, так как увеличивается нагрузка на человека.

Противошумный наушник, смонтированный с защитной каской – противошум, состоящий из двух звукоизолирующих чашей, прикрывающих ушные раковины, и прикрепленный с помощью специального приспособления к защитной каске.

Подбор СИЗ производят с учетом их акустической эффективности (табл. 4.70).

Таблица 4.70

Акустическая эффективность СИЗ от шума

Тип СИЗ от шума	Акустическая эффективность, дБ, в третьоктавных* полосах со среднегеометрическими частотами, Гц, не менее						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Противошумные вкладыши	5	8	12	15	20	20	20

*Третьоктавная полоса – это такая полоса частот, в которой отношение между верхней граничной частотой и нижней $f_{\text{в}} / f_{\text{н}} = \sqrt[3]{2}$.

Окончание табл. 4.70

Тип СИЗ от шума	Акустическая эффективность, дБ, в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц, не менее						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Противошумные наушники	5	8	12	20	25	25	25
Противошумные наушники, смонтированные с защитной каской	10	15	25	30	30	30	30

Работникам, длительное время находящимся в условиях воздействия шума, предусматривают регламентированные перерывы для отдыха (табл. 4.71).

Таблица 4.71

Рекомендуемая длительность регламентированных дополнительных перерывов в условиях воздействия шума, мин

Уровни звука, дБА и эквивалентные уровни звука, дБА _{ЭКВ}	Спектр шума	Работа без противошумов		Работа с противошумами	
		до обеденного перерыва	после обеденного перерыва	до обеденного перерыва	после обеденного перерыва
До 95	Низкочастотный	10	10	5	5
	Среднечастотный	10	10	10	10
	Высокочастотный	15	15	10	10
До 105	Низкочастотный	15	15	10	10
	Среднечастотный	15	15	10	10
	Высокочастотный	20	20	10	10
До 115	Низкочастотный	20	20	10	10
	Среднечастотный	20	20	10	10
	Высокочастотный	25	25	15	15
До 125	Низкочастотный	25	25	15	15
	Среднечастотный	25	25	15	15
	Высокочастотный	30	30	20	20

Контроль производственного шума на рабочих местах

Контроль шума производят для проверки соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым по действующим

нормам. Установлены следующие измеряемые и рассчитываемые величины в зависимости от временных характеристик шума:

уровень звука, дБА, и октавные уровни звукового давления, дБ, – для постоянного шума;

эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука, дБА – для колеблющегося во времени шума;

эквивалентный уровень звука, дБА, и максимальный уровень звука, дБА_I, – для импульсного шума;

эквивалентный, максимальный уровни, дБА, – для прерывистого шума.

Доза шума является обязательным параметром при гигиенических и дополнительным – при клинических исследованиях.

Уровень стажевой дозы шума относится к дополнительному параметру при клинических исследованиях.

С физической точки зрения эквивалентный уровень и доза являются аналогами и возможен их взаимный пересчет, однако в физиолого-гигиеническом отношении эти два параметра отличаются принципиально: эквивалентный уровень определяется по логарифмической шкале в децибелах от порога восприятия, а доза – в долях от допустимой дозы, являющейся порогом вредного воздействия, и оценивается в линейных величинах. Эквивалентный уровень отражает среднее значение уровня шума за смену, а доза характеризует суммарную энергию шума за смену, позволяет более адекватно оценивать реальную шумовую нагрузку на работающих для прогнозирования степени неблагоприятного влияния шума и оценки эффективности профилактических мероприятий по его ограничению.

Для полной адекватной оценки шума учитывают все указанные выше параметры, а заключения после контроля шума на рабочих местах дают по эквивалентному уровню как нормируемому параметру. Для измерения параметров шума применяют шумомеры типа 2218 и 2235 фирмы «Брюль и Кьер» (Дания), типа 7178 фирмы «Вяртсиля» (Финляндия), типа 00026 объединения РФТ (ГДР), измеритель эквивалентного уровня типа 00005 в комбинации с шумомером 00017 этого же объединения, отечественные цифровые шумомеры ШВ-04, ШВ-03, шумомеры-анализаторы (рис. 4.74) и др.

Структурная схема шумомера приведена на рис. 4.75. Микрофон М шумомера преобразует звуковые колебания в электрический ток, который усиливается в усилителе А, проходит через акустический фильтр (частотный анализатор) АФ, выпрямитель В и фиксируется индикатором И. Работа индикатора шума основана на принципе интерференции колебаний или явлений резонансного усиления.



Рис. 4.74. Шумомер-анализатор

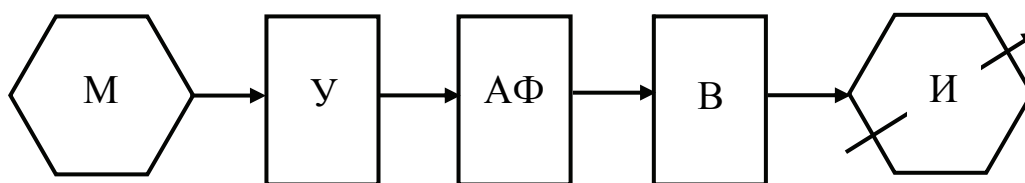


Рис. 4.75. Структурная схема шумомера

Анализатор шума представляет собой электрический контур, который усиливает колебания только заданной частоты, не пропуская и, следовательно, не усиливая звуки других частот. Информацию о режиме работы прибора и представление измеренных величин можно наблюдать на жидкокристаллическом дисплее. Продолжительность измерений в пределах каждого временного интервала выбирают в зависимости от вида шума в этом интервале:

для постоянного шума не менее 15 с;

для непостоянного, в т. ч. прерывистого, шума она должна быть равна продолжительности по меньшей мере одного повторяющегося рабочего цикла или кратна нескольким рабочим циклам. Продолжительность измерений считают достаточной, если при дальнейшем ее увеличении эквивалентный уровень звука не изменяется более чем на 0,5 дБА;

для непостоянного шума, причины колебания которого не могут быть явно связаны с характером выполняемой работы, – 30 мин (три

цикла измерений по 10 мин) или менее, если результаты измерений при меньшей продолжительности не расходятся более чем на 0,5 дБ (дБА);

для импульсного шума – не менее времени прохождения 10 импульсов (рекомендуется 15–30 с).

Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения проводят в точках, соответствующих установленным постоянным местам.

Для оценки шума при непостоянных рабочих местах работника измерения проводят на каждом его рабочем месте и определяют эквивалентный уровень звука шума, воздействующего на оператора за рабочую смену.

Для оценки шума в рабочих зонах, где имеется несколько работающих, для сокращения объема измерений выделяют зоны с приблизительно равным шумом. К таковым могут быть отнесены зоны, где на рабочих местах выполняется однотипная или одинаковая работа, или зоны, где шум в основном определяется далеко расположенными источниками шума (на расстоянии более 5–20 м). Если эквивалентный уровень звука в пределах рабочей зоны не отличается более чем на 5 дБА, то проводят измерения на выборочных типовых рабочих местах, результат измерения усредняют и относят его ко всем рабочим местам данной рабочей зоны. При отличиях эквивалентного уровня звука в рабочей зоне более чем на 5 дБА измерение шума проводят на каждом рабочем месте.

Шум на рабочих местах измеряют на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки, если работа выполняется стоя, или на высоте органов слуха человека, если работа выполняется сидя. Измерения шума проводят при наличии или отсутствии (последнее предпочтительнее) оператора (работающего) на рабочем месте или в рабочей зоне.

Измерения проводят в фиксированных точках или с помощью микрофона, закрепляемого на операторе и перемещающегося вместе с ним, что обеспечивает более высокую точность определения уровня шума и является предпочтительным. Измерения в фиксированной точке проводят, если положение головы оператора известно точно. При отсутствии оператора микрофон устанавливают в заданную точку измерения, находящуюся на уровне его головы. Если положение головы оператора точно не известно и измерения проводят в отсутствие оператора, то микрофон устанавливают для сидячего рабочего места в положении «сидя» на высоте $(0,91 \pm 0,05)$ м над центром поверхности сидения, а в положении «стоя» – на высоте $(1,550 \pm 0,075)$ м над опорой на вертикали, проходящей через центр головы прямо стоящего человека.

Если присутствие оператора необходимо, то микрофон устанавливают на расстоянии приблизительно 0,1 м от уха, воспринимающего больший (эквивалентный) уровень звука, и ориентируют в направлении взгляда оператора, если это возможно, или в соответствии с инструкцией изготовителя. Если микрофон закрепляют на операторе, то его устанавливают на шлеме или плече с помощью рамки, а также на ошейнике на расстоянии 0,1–0,3 м от уха, но так, чтобы не препятствовать работе оператора и не создать ему опасности.

Измерения шума проводят при работе не менее 2/3 обычно используемых в данном помещении единиц установленного оборудования в наиболее часто реализуемом (характерном) режиме его работы или иным способом, когда обеспечено типовое шумовое воздействие со стороны источников шума, не находящихся на рабочем месте (в рабочей зоне). Если известно, что далеко расположенное от рабочего места оборудование создает на нем фоновый шум на 15–20 дБ ниже, чем шум при работе оборудования, установленного на данном рабочем месте, то его не включают. Измерения не проводят при разговорах работающих, а также при подаче различных звуковых сигналов (предупреждающих, информационных, телефонных звонков и т. д.) и при работе громкоговорящей связи. При проведении измерений шума обязательно учитывают воздействие вибрации, магнитных и электрических полей, ионизирующих излучений и других неблагоприятных факторов, влияющих на результаты измерений.

Измерения на открытых площадках не проводят во время выпадения атмосферных осадков и при скорости ветра более 5 м/с; температура воздуха при этом не должна изменяться более чем ± 10 °С.

Для определения среднего значения уровней звука измеренные уровни сначала суммируют, затем, используя данные табл. 4.72, вычитают из этой суммы величину $10 \cdot \lg n$, определяемую по табл. 4.73, т. е.

$$L_{\text{ср}} = L_{\text{сум}} - 10 \lg n.$$

Суммирование измеренных уровней $L_1 + L_2 + L_3, \dots, + L_n$ производят попарно последовательно следующим образом. По разности двух уровней L_1 и L_2 по табл. 4.72 определяют добавку ΔL . Ее значение прибавляют к значению большего уровня L , в результате чего получают сумму значений $L_{1,2} = L_1 + \Delta L$. Величину $L_{1,2}$ суммируют таким же образом с величиной L_3 и получают уровень $L_{1,2,3}$ и т. д. Окончательный результат $L_{\text{сум}}$ округляют до целого числа дБ.

Таблица 4.72

Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Добавка ΔL , прибавляемая к значению большего из уровней	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,4

Таблица 4.73

Число уровней или источников n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	50	100
$10 \lg n$, дБ	0	3	5	6	7	8	9	10	13	15	17	20

Задача 28

Определить среднее значение для измеренных трех уровней звука 84, 90 и 92 дБА.

Решение

1. Складываем значения первых двух уровней – 84 и 90. Их разности в 6 дБА соответствует добавка по табл. 4.72, равной 1 дБА, т. е. их сумма: $90 + 1 = 91$ дБА.

2. Суммируем значение 91 дБА с оставшимся значением 92 дБА. Их разности в 1 дБА соответствует добавка 2,5 дБА, т. е. суммарный уровень звука равен $92 + 2,5 = 94,5$ дБА, или округленно 95 дБА.

3. Величина $10 \lg n$ для трех уровней равна 5 дБА (табл. 4.73), поэтому получаем окончательный результат для среднего значения:

$$95 - 5 = 90 \text{ дБА.}$$

Эквивалентный по энергии уровень звука получают в результате усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} (t_1 10^{0,1L_1} + t_2 10^{0,1L_2} + t_n 10^{0,1L_n}),$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровни в децибелах (или дБА), действующие и течение времени t_1, t_2, \dots, t_n соответственно; $T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ – общее время действия шума в секундах или часах.

Способ расчета с использованием поправок на время действия каждого уровня, определяемых по табл. 4.74, более удобен. Расчет производят следующим образом. К каждому измеренному уровню добавляют

(с учетом знака) поправку по табл. 4.74, соответствующую его времени действия (в часах или в процентах от общего времени действия). Затем полученные уровни складывают. Указанный расчет производят для уровней звука (уровней звукового давления) в каждой октавной полосе.

Таблица 4.74

Время, ч	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
Время, %	100	88	75	62	50	38	25	12	6	3	1
Поправка, дБ	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-20

Задача 29

Уровни шума за 8-часовую рабочую смену составили 80, 86 и 94 дБ в течение 5, 2 и 1 ч соответственно.

Рассчитать эквивалентный уровень шума.

Решение

1. Указанным интервалам времени соответствуют поправки по табл. 4.74, равные -2, -6, -9 дБ. Складывая эти значения со значениями уровней шума, получаем 78, 80, 85 дБ.

2. Используя табл. 4.72, складываем значения этих уровней попарно: сумма значений первого и второго дает 82,2 дБ, а их сумма с третьим – 86,7 дБ. Округляя, получаем окончательное значение эквивалентного уровня шума 87 дБ.

Вывод: воздействие шумов 80, 86 и 94 дБ в течение 5, 2 и 1 ч соответственно равносильно действию шума с постоянным уровнем 87 дБ в течение 8 ч.

Для измерения дозы шума применяют дозиметры типа 4424 или 4428 фирмы «Брюль и Кьер» (Дания) или типа 6074А фирмы «Вяртсиля» (Финляндия) и др. При измерении дозы шума необходимо точно фиксировать начало и конец периода измерения с определением его длительности, а также крепить микрофон дозиметра по возможности ближе к голове (к каске, воротнику или лацкану одежды работника); оберегать прибор от ударов и других воздействий (влага, высокие температуры и т. п.); кроме того рабочему нельзя менять местоположение прибора, переключать его органы управления, а также искусственно воздействовать на микрофон шумами высоких уровней (например, крик, свист и т. п.).

Предпочтительным методом контроля непостоянных шумов на рабочих местах или в рабочих зонах является индивидуальная дозиметрия с определением эквивалентного (по энергии) уровня за 8-часовой рабочий день.

Производственная вибрация и ее классификация

Вибрация – это физический фактор, действие которого определяется передачей человеку механической энергии от источника колебаний. Основными причинами возникновения вибрации являются:

неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин и механизмов;

несбалансированность вращающихся частей оборудования;

сверхдопустимые зазоры в сочленениях;

неравномерный износ узлов машин;

неправильная центровка осей механизмов при передаче вращения соединительной муфты;

ослабление крепления оборудования на фундаменте или его неустойчивость;

применение масел, не отвечающих условиям работы оборудования;

неудовлетворительное состояние подшипников и др.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются:

частота f , Гц, – количество колебаний в единицу времени;

амплитуда или вибросмещение A , м, – максимальное расстояние, на которое смещается любая точка вибрирующего тела;

скорость перемещения точек (виброскорость) V , м/с;

ускорение, с которым идет нарастание и убывание виброскорости (виброускорения) a , м/с².

В практике оценки вибрации используют также и относительные значения вибросмещения L_A , виброскорости L_V и виброускорения L_a в децибелах по отношению к их пороговым значениям:

$$L_A = 20 \cdot \lg(A/A_0), \quad L_V = 20 \cdot \lg(V/V_0), \quad L_a = 20 \cdot \lg(a/a_0),$$

где A_0 – пороговое значение амплитуды, $A_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ м; V_0 – пороговое значение виброскорости, $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с; a_0 – пороговое значение виброускорения, $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ м/с².

Вибрацию классифицируют по следующим признакам:
способу ее передачи от источника к объекту защиты (например рабочему месту);
направлению действия вибрации;
временной характеристике;
характеру спектра вибрации;
по источнику возникновения.

По способу передачи на человека (рис. 4.76) различают общую и локальную вибрацию.

Общей вибрации организм подвергается под воздействием колебаний рабочего места (рабочей площадки, пола, сиденья). Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека в направлении осей X_0 , Y_0 , Z_0 (рис. 4.77). Ось Z_0 – вертикальная, перпендикулярная к опорной поверхности; ось X_0 – горизонтальная от спины к груди; ось Y_0 – горизонтальная от правого плеча к левому.

Общую вибрацию подразделяют на три категории:

транспортная вибрация (общая вибрация 1-й категории) воздействует на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности и дорогам. К источникам транспортной вибрации относят грузовые автомобили, снегоочистители и др.;

транспортно-технологическая вибрация (общая вибрация 2-й категории) воздействует на человека на рабочих местах машин, передвигающихся по специально подготовленной поверхности производственных помещений, промышленных площадок. К источникам транспортно-технологической вибрации относят напольный производственный транспорт и др.;

технологическая вибрация (общая вибрация 3-й категории) воздействует на человека на рабочих местах стационарных машин или передается на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят станки, вентиляторы и др.

Общая вибрация 3-й категории по месту действия бывает:

на постоянных рабочих местах в производственных помещениях;
рабочих местах на складах, в столовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет машин – источников вибрации;

рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда.

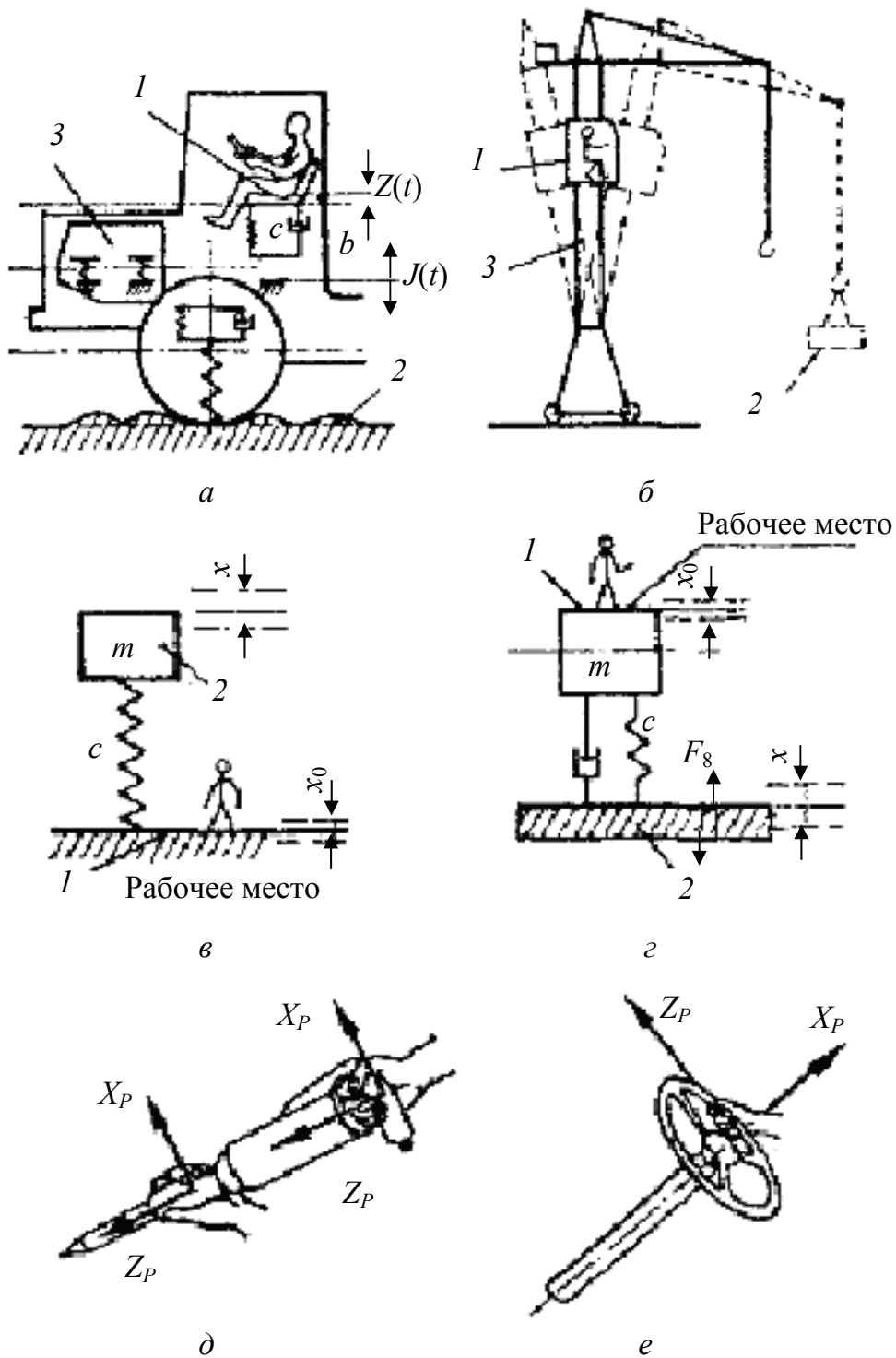
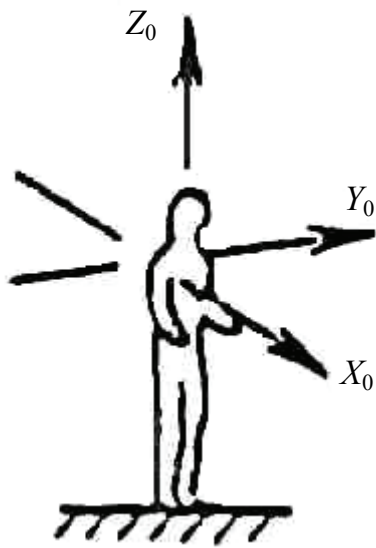
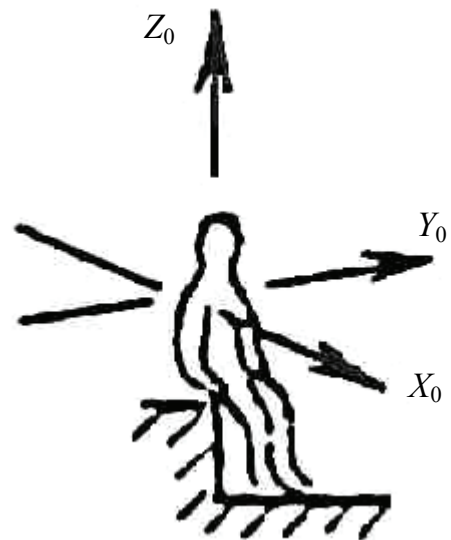


Рис. 4.76. Примеры передачи вибрации организму человека: *a* – через сиденье 1 от неровностей дороги 2 и неуравновешенности двигателя 3; *б* – через сиденье кабины управления 1, подвешенной к башне 3, вследствие колебания крана при подъеме и опускании груза 3; *в* – от вибростенда 2 на рабочее место 1; *г* – через пол 1 рабочего места, расположенного на агрегате бетоноукладчика 2; *д* – от пневматической или электрической ручной машины; *е* – от органов управления самоходной машины

Общая вибрация



Положение стоя



Положение сидя

Локальная вибрация

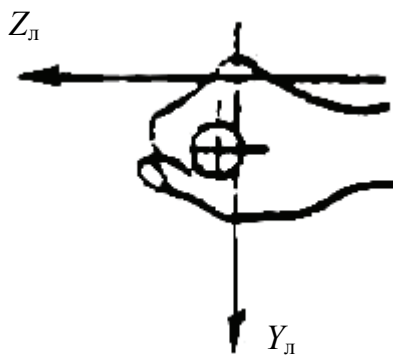
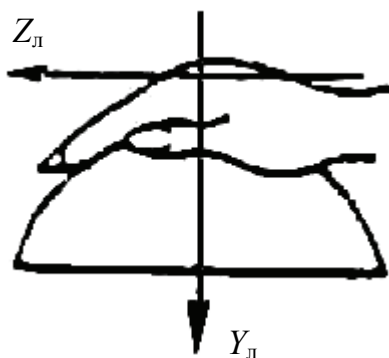
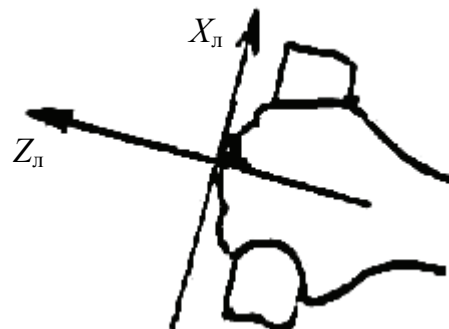
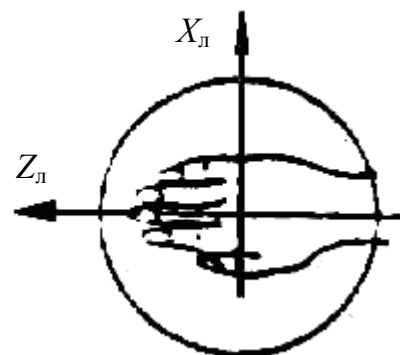
*a**б*

Рис. 4.77. Направление координатных осей при действии общей и локальной вибрации: *a* – при охвате цилиндрических, торцовых и близких к ним поверхностей; *б* – при охвате сферических поверхностей

По источнику возникновения локальные вибрации подразделяются на передающиеся: от ручных машин с двигателями (или ручного механизированного инструмента), органов ручного управления машинами и оборудованием и от ручных инструментов без двигателей и обрабатываемых деталей.

Локальная вибрация передается через руки человека. Вибрация, действующая на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также может быть отнесена к локальной вибрации. По направлению действия локальную вибрацию подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат: $X_{л}$, $Y_{л}$, $Z_{л}$ (рис. 4.77). Ось $X_{л}$ совпадает или параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, ложементы, рулевого колеса, рычага управления, обрабатываемого изделия, удерживаемого в руках). Ось $Z_{л}$ лежит в плоскости, образованной осью $X_{л}$ и направлением подачи или приложения силы, и направлена вдоль оси предплечья. Ось $Y_{л}$ направлена от ладони.

По временной характеристике различают:

постоянную вибрацию, для которой контролируемый параметр на время наблюдения изменяется не более чем в два раза (на 6 дБ);

непостоянную вибрацию, для которой эти параметры за время наблюдения изменяются более чем в два раза.

Непостоянную вибрацию подразделяют:

на колеблющуюся во времени (уровни виброскорости или виброускорения непрерывно меняются во времени);

прерывистую (контакт оператора с вибрацией в процессе работы прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с);

импульсную, состоящую из одного или нескольких вибрационных воздействий, каждый длительностью менее 1 с.

По характеру спектра вибрацию подразделяют на узко- и широкополосную. Контролируемые параметры узкополосной вибрации в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах. Широкополосной считают вибрацию, параметры которой не отвечают указанным требованиям и имеют непрерывный спектр шириной более одной октавы.

По частотному составу (преобладающему максимальному уровню в октавных полосах частот) вибрацию подразделяют на низко-, средне- и высокочастотные. Их параметры приведены ниже:

низкочастотные – 8–16 Гц для локальной и 1–4 Гц для общей вибрации;

среднечастотные – 31,5–63 Гц для локальной и 8–16 Гц для общей вибрации;

высокочастотные – 125–1000 Гц для локальной и 31,5–63 Гц для общей вибрации.

Действие производственной вибрации на человека

Организм человека обладает собственными частотами и достаточно выраженными резонансными свойствами, например, головы – 12–27 Гц, горла – 6–27 Гц, грудной клетки – 2–12 Гц, ног и рук – 2–8 Гц, поясничной части позвоночника – 4–14 Гц, живота – 4–12 Гц. Под воздействием вибрации части тела человека перемещаются относительно друг друга с амплитудами в зависимости от источника колебаний и массы органов. Относительные перемещения частей тела приводят к напряжению в связках между частями тела, взаимному соударению и надавливанию. Влияние вибрации на организм зависит от ее спектрального состава, места приложения, продолжительности и направления воздействия, частоты и амплитуды колебаний, индивидуальных особенностей человека, уровня шума, микроклиматических условий на рабочем месте и других сопутствующих факторов. При малых амплитудах и больших частотах организм человека более чувствителен к скорости вибрации, а при больших амплитудах и малых частотах – к ускорению вибрации.

Систематическое воздействие общей вибрации на человека приводит к стойким нарушениям опорно-двигательного и вестибулярного аппарата, центральной и периферической нервной системы, желудочно-кишечного тракта и др. Неконтролируемое воздействие локальной вибрации вызывает спазмы кровеносных сосудов рук, поражает нервные окончания, мышечные и костные ткани, приводя к снижению чувствительности кожи, ухудшению, а в тяжелых случаях – прекращению кровоснабжения мышц, окостенению сухожилий, отложению солей в суставах, деформации, потере подвижности суставов и травмированию других органов. Совокупность болезненных изменений в организме, вызванных воздействием вибраций, называют *вибрационной болезнью* (виброболезнью).

Вибрация оказывает неблагоприятное действие и на оборудование: понижает КПД машин и механизмов, вызывает ускоренный износ их деталей. Распространяясь в окружающей среде, вибрация может раз-

рушить строительные конструкции, нарушить технологический процесс и показания контрольно-измерительной аппаратуры.

Нормирование производственной вибрации

Различают гигиеническое и техническое нормирование производственной вибрации. В первом случае производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с руками работающих, исходя из физиологических требований, исключающих возникновение вибрационной болезни. Во втором случае осуществляют ограничение параметров вибрации с учетом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации.

Гигиенические требования при работах с источниками вибрации регламентируют:

СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.2.540–96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»;

ГОСТ 12.1.012–2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Нормирование вибрации машин, технологического оборудования, транспортных средств и т. п., действующей на организм человека, служит для обеспечения вибробезопасных условий труда; оно заключается в ограничениях уровней вибрации элементов машин, с которыми соприкасается тело человека (сиденье, платформа, органы управления и др.).

В соответствии с действующими санитарными нормами оценку вибрации производят следующими методами: частотным анализом нормируемых параметров; интегральной оценкой по частоте параметров; дозной оценкой.

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на руки работающих, является частотный анализ; ориентировочную оценку фактора допускается проводить интегральным по частоте методом, а для оценки вибрации с учетом времени воздействия используют дозу вибрации.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости V и виброускорения a (или их логарифмические уровни L_V, L_a), измеряемые в октавных полосах частот.

Спектр вибрации (низко-, средне и высокочастотный) определяет специфику неблагоприятного действия. Нормируемый диапазон частот устанавливаются так (табл. 4.75, 4.76):

для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 83,0 Гц.

Таблица 4.75

**Предельно допустимые значения виброускорения для рабочих мест
(вибрация категории 1 – транспортная)**

Среднегеометрическая частота полос, Гц	Виброускорение, м/с ²				Виброускорение, дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀
0,8	0,70	0,22			117	107		
1,0	0,63	0,22	1,10	0,40	116	107	121	112
1,25	0,56	0,22			115	107		
1,6	0,50	0,22			114	107		
2,0	0,45	0,22	0,79	0,45	113	107	118	113
2,5	0,40	0,28			112	109		
3,15	0,35	0,35			111	111		
4,0	0,32	0,45	0,56	0,79	110	113	115	118
5,0	0,32	0,56			110	115		
6,3	0,32	0,70			110	117		
8,0	0,32	0,89	0,63	1,60	110	119	116	124
10,0	0,40	1,10			112	121		
12,5	0,50	1,40			114	123		
16,0	0,63	1,80	1,10	3,20	116	125	121	130
20,0	0,79	2,20			118	127		
25,0	1,00	2,80			120	129		
31,5	1,30	3,50	2,20	6,30	122	131	127	136
40,0	1,60	4,50			124	133		
50,0	2,00	5,60			126	135		
63,0	2,50	7,00	4,50	13,0	128	137	133	142
80,0	3,20	8,90			130	139		
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни			0,56	0,40			115	112

**Предельно допустимые значения виброускорения и виброскорости
для рабочих мест (вибрация категории 2 – транспортно-
технологическая и категории 3 – технологическая)**

Среднегеометри- ческая частота ок- тавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
<i>Вибрация категории 2 – транспортно-технологическая</i>								
1,6	0,25		108		2,50		114	
2,0	0,22	0,40	107	112	1,80	3,50	111	117
2,5	0,20		106		1,30		108	
3,15	0,18		105		0,98		105	
4,0	0,16	0,28	104	109	0,63	1,30	102	108
5,0	0,16		104		0,50		100	
6,3	0,16		104		0,40		98	
8,0	0,16	0,28	104	109	0,32	0,63	96	102
10,0	0,20		106		0,32		96	
12,5	0,25		108		0,32		96	
16,0	0,32	0,56	110	115	0,32	0,56	96	101
20,0	0,40		120		0,32		96	
25,0	0,50		114		0,32		96	
31,5	0,63	0,10	116	121	0,32	0,56	96	101
40,0	0,79		118		0,32		96	
50,0	1,00		120		0,32		96	
63,0	1,30	2,20	122	127	0,32	0,56	96	101
80,0	1,60		124		0,32		96	
Корректирован- ные и эквивалент- ные корректиро- ванные значения и их уровни		0,28		109		0,56		
<i>Вибрация категории 3 – технологическая типа «а»</i>								
1,6	0,089		99		0,89		105	
2,0	0,079	0,14	98	103	0,63	1,30	102	108
2,5	0,070		97		0,45		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,10	95	100	0,22	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	

Продолжение табл. 4.76

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
8,0	0,056	0,10	95	100	0,11	0,22	87	93
10,0	0,070		97		0,11		87	
12,5	0,089		99		0,11		87	
16,0	0,110	0,20	101	106	0,11	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,11		87	
25,0	0,180		105		0,11		87	
31,5	0,220	0,40	107	112	0,11	0,20	87	92
40,0	0,280		109		0,11		87	
50,0	0,350		111		0,11		87	
63,0	0,450	0,79	113	118	0,11	0,20	87	92
80,0	0,560		115		0,11		87	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,10		100		0,20		92
<i>Вибрация категории 3 – технологическая типа «б»</i>								
1,6	0,035		91		0,350		97	
2,0	0,032	0,056	90	95	0,250	0,500	94	100
2,5	0,028		89		0,180		91	
3,15	0,025		88		0,130		88	
4,0	0,022	0,040	87	92	0,089	0,180	85	91
5,0	0,022		87		0,070		83	
6,3	0,022		87		0,056		81	
8,0	0,022	0,040	87	92	0,045	0,089	79	85
10,0	0,028		89		0,045		79	
12,5	0,035		91		0,045		79	
16,0	0,045	0,079	93	98	0,045	0,079	79	84
20,0	0,056		95		0,045		79	
25,0	0,070		97		0,045		79	
31,5	0,089	0,160	99	104	0,045	0,079	79	84
40,0	0,110		101		0,045		79	
50,0	0,140		103		0,045		79	
63,0	0,180	0,320	105	110	0,045	0,079	79	84
80,0	0,220		107		0,045		79	

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
<i>Вибрация категории 3 – технологическая типа «б»</i>								
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,040		92		0,079		84
<i>Вибрация категории 3 – технологическая типа «в»</i>								
1,6	0,0130		82		0,130		88	
2,0	0,0110	0,020	81	86	0,089	0,180	85	91
2,5	0,0100		80		0,063		82	
3,15	0,0089		79		0,045		79	
4,0	0,0079	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,0079		78		0,025		74	
6,3	0,0079		78		0,020		72	
8,0	0,0079	0,014	78	83	0,016	0,032	70	76
10,0	0,0100		80		0,016		70	
12,5	0,0130		82		0,016		70	
16,0	0,0160	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,0200		86		0,016		70	
25,0	0,0250		88		0,016		70	
31,5	0,0320	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,0400		92		0,016		70	
50,0	0,0500		94		0,016		70	
63,0	0,0630	0,110	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,0790		98		0,016		70	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,014		83		0,028		75

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является корректированное значение виброскорости и виброускорения u (или их логарифмические уровни L_u), измеряемые с помощью корректирующих фильтров или вычисляемые по формулам

$$u = \sum_{i=1}^n (u_i \cdot k_i)^2$$

или

$$L_u = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{k_i}} (L_{u_i} \cdot L_{k_i}),$$

где n – общее число октав в нормируемой полосе частот, равное восьми; k_i, L_{k_i} – весовые коэффициенты для i -й соответственно для абсолютных значений или их логарифмических уровней (табл. 4.77).

При дозной оценке вибрации нормируемым параметром является эквивалентное по энергии скорректированное значение $u_{\text{ЭКВ}}$ (или его логарифмический уровень $L_{u_{\text{ЭКВ}}}$):

$$u_{\text{ЭКВ}} = (D_{\text{доза}}/T)^{1/2},$$

где $D_{\text{доза}}$ – допустимая доза вибрации; T – интервал времени, за который определяется эквивалентное значение, ч.

Таблица 4.77

Значения весовых коэффициентов k_i, L_{k_i}

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	Значения весовых коэффициентов			
	для виброускорения		для виброскорости	
	k_i	L_{k_i}	k_i	L_{k_i}
8	1,0	0	0,5	-6
16	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	1,0	0
63	0,25	-12	1,0	0
125	0,125	-18	1,0	0
250	0,063	-24	1,0	0
500	0,0315	-30	1,0	0
1000	0,016	-36	1,0	0

Эквивалентный по энергии скорректированный уровень, являющийся характеристикой непостоянной вибрации, получают в результате усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого:

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \cdot \lg(1/T) \left[t_1 \cdot 10^{0,1L_1} + t_2 \cdot 10^{0,1L_2} + t_n \cdot 10^{0,1L_n} \right],$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровни виброскорости (виброускорения), действующие в течение времени t_1, t_2, \dots, t_n соответственно; $T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ – общее время действия вибрации, мин или ч.

Задача 30

При обработке чугунного литья молотком МЗ получены данные по виброскорости на рукоятке молотка (табл. 4.78).

Определить скорректированное значение виброскорости \tilde{u} и его логарифмический уровень $L_{\tilde{u}}$.

Таблица 4.78

Исходные данные к задаче

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Значение весового коэффициента для виброскорости k_i (табл. 4.77)	Уровни виброскорости, дБ	Абсолютные значения виброскорости u , м/с
8	0,5	108	$1,3 \cdot 10^{-2}$
16	1,0	112	$2,0 \cdot 10^{-2}$
31,5	1,0	120	$5,0 \cdot 10^{-2}$
63	1,0	116	$3,2 \cdot 10^{-2}$
125	1,0	111	$1,8 \cdot 10^{-2}$
250	1,0	107	$1,1 \cdot 10^{-2}$
500	1,0	104	$7,9 \cdot 10^{-3}$
1000	1,0	103	$7,1 \cdot 10^{-3}$

Решение

1. Корректированное значение виброскорости равно

$$\begin{aligned} \tilde{u} = & [(1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5)^2 + (2,0 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0)^2 + (5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0)^2 + \\ & + (3,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0)^2 + (1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0)^2 + (1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0)^2 + \\ & + (7,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0)^2 + (7,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0)^2]^{1/2} \approx 6,73 \cdot 10^{-2} \text{ м/с.} \end{aligned}$$

2. Расчет скорректированного уровня виброскорости сведен в табл. 4.79. В ней сначала учитывают весовые коэффициенты для октавных полос частот в соответствии с табл. 4.77, затем рассчитывают скорректированный для каждой из октав. Например, в октаве 8 Гц скорректированный уровень будет равен $108 + (-6) = 102$ дБ и т. д. Затем проводят попарное энергетическое суммирование уровней: 102 и 112; 120 и 116; 111 и 107; 104 и 103. Для этого по разности двух уровней L_1 и L_2 определяют добавку ΔL по табл. 4.72, которую прибавляют к большему уровню, в результате чего получают уровни 112,4; 121,5; 112,5; 106,5.

Таблица 4.79

Расчет скорректированного уровня виброскорости

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости L_V , дБ	Значение весового коэффициента L_{ki} (табл. 4.60)	Скорректированный спектр ($L_V + L_{ki}$)	Данные попарного суммирования уровней с учетом поправок, дБ
8	108	-6	102	112,4
16	112	0	112	
31,5	120	0	120	121,5
63	116	0	116	
125	111	0	111	112,5
250	107	0	107	
500	104	0	104	106,3
1000	103	0	103	

3. Эти уровни суммируются аналогично предыдущим, т. е. 112,4 и 121,5; 112,5 и 106,5. Результатами суммирования будут два значения уровня: 122 и 113,5. Окончательный результат суммирования этих двух уровней округляем до целого числа децибел. Получаем скорректированный уровень 123 дБ.

Вывод: скорректированный уровень виброскорости превышает допустимый по санитарным нормам (табл. 4.80), равный 112 дБ. Это требует замены данной ручной машины либо введения рационального режима труда с ограничением времени работы с ней.

Таблица 4.80

Предельно допустимые значения локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение		Виброскорость	
	м/с ²	дБ	10 ² м/с	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение		Виброскорость	
	м/с ²	дБ	10 ² м/с	дБ
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

Примечание. Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ (в четыре раза) по интегральной оценке или в какой-либо октавной полосе, не допускается.

Эквивалентный по энергии корректированный уровень, являющийся характеристикой непостоянной вибрации, получают в результате усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого:

$$L_{\text{экв}} = 10 \cdot \lg(1/T) \left[t_1 \cdot 10^{0,1L_1} + t_2 \cdot 10^{0,1L_2} + t_n \cdot 10^{0,1L_n} \right],$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровни виброскорости (виброускорения), действующие в течение времени t_1, t_2, \dots, t_n соответственно; $T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ – общее время действия вибрации, мин или ч.

Задача 31

Для исходных данных о корректированных уровнях виброскорости и их времени действия, приведенных в табл. 4.81, рассчитать эквивалентный по энергии корректированный уровень виброскорости.

Таблица 4.81

Расчет эквивалентного по энергии корректированного уровня виброскорости

Корректированные уровни виброскорости, дБ	Время действия уровня в течение смены согласно технологическому регламенту, ч	Поправка на время действия уровня по табл. 4.74, дБ	Уровни виброскорости с учетом поправок на время, дБ	Эквивалентный корректированный уровень виброскорости, полученный путем суммирования уровней, дБ
108	1	-9	99	-
107	2	-6	101	103,2
115	0,5	-12	103	106
110	1	-9	101	107,2
104	3	-4,2	≈ 100	108

Решение

1. В табл. 4.81 сначала занесем поправки на время действия скорректированных уровней виброскорости в соответствии с табл. 4.74.

2. Рассчитаем скорректированный уровень виброскорости с учетом поправок для каждой из октав. Например, в октаве 108 Гц скорректированный уровень с учетом поправки будет равен $108 + (-9) = 99$ дБ и т. д.

3. Проведем энергетическое суммирование полученных уровней.

Методы и средства вибрационной защиты

Вибрационная защита – это совокупность средств и методов уменьшения производственной вибрации, воспринимаемой защищаемым объектом. Под уменьшением вибрации понимается снижение значений каких-либо определенных параметров, характеризующих вибрацию, как по отношению к источнику колебаний, так и на пути их распространения. Методы и средства защиты от вибрации регламентирует ГОСТ 26568–85.

Снижение интенсивности колебаний объекта достигают:

уменьшением уровней механических воздействий, возбуждаемых источником; такой способ виброзащиты называют *снижением виброактивности источника*;

изменением конструкции объекта, при котором заданные механические воздействия будут вызывать менее интенсивные колебания объекта или его отдельных частей; этот метод называют *внутренней виброзащитой объекта*;

присоединением к объекту дополнительной механической системы ДГ (рис. 4.78), изменяющей характер его колебаний. Такую систему называют динамическим гасителем колебаний, а метод виброзащиты, основанный на ее применении, – *динамическим гашением колебаний*. Динамические виброгасители по конструктивному признаку могут быть пружинными, маятниковыми, эксцентриковыми, гидравлическими. Обычно они представляют собой дополнительную колебательную систему, закрепляемую на объекте и настроенную таким образом, что в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями объекта;

установкой между объектом защиты и источником колебаний И дополнительной системы ВИ (рис. 4.79), защищающей объект от механических воздействий; этот метод виброзащиты называют *виброизоляцией*, а устройства, устанавливаемые между объектом и источником, – *виброизоляторами*.

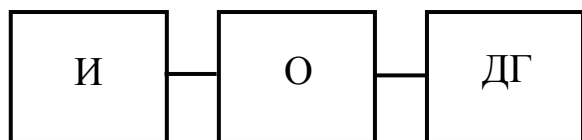


Рис. 4.78. Схема динамического гашения



Рис. 4.79. Схема виброизоляции

Например, для рассеяния энергии колебаний по ограждающим поверхностям конструкции кабин управления используют листовые и мастичные вибродемпфирующие материалы «Агат», ВМЛ-25, анти-вибрит-2, антивибрит-3, № 579 и др. Вибродемпфирующие материалы «Агат» (ТУ 6-05-5091–77) и ВМЛ-25 (ТУ 6-05-211-980–75) выпускаются в виде листов толщиной 1 мм и выше. К вибрирующей поверхности их приклеивают с помощью клея ЭПК-519 или 88Н. Мастичные материалы антивибрит-2, антивибрит-3 представляют собой густую однородную массу, приготовленную на основе эпоксидных смол. Наносятся они на вибрирующую поверхность вручную шпателем. Перед применением в мастику добавляют отвердитель. Мастичный материал № 579 (ТУ 6-10-1268–82) приготовлен на основе битума и растворителей, его наносят на поверхность вручную шпателем или распылителем. Общая толщина слоя мастики составляет 2–3 толщины демпфируемой поверхности, площадь покрытия составляет не менее 60 % поверхности.

Для объектов с частотой вращения менее $1\ 800\ \text{мин}^{-1}$ рекомендуется применять пружинные виброизоляторы (рис. 4.80) с частотой вращения более $1\ 800\ \text{мин}^{-1}$ – резиновые (эластомерные).

Пружинный виброизолятор состоит из двух металлических пластин, между которыми помещается пружина, изготовленная из специальной стали. Они долговечны и надежны в работе, но эффективны только для снижения вибрации низких частот и недостаточно снижают передачу вибрации более высоких частот (слухового диапазона), что обусловлено внутренними резонансами пружинных элементов. Величина их статической осадки составляет от 19 до 152 мм с собственными частотами вибрации от 4 до 1,3 Гц. Для защиты от высокочастотной вибрации все пружинные виброизоляторы используют с эластомерными прокладками или опорными пластинами.

Для уменьшения передачи высокочастотной вибрации рекомендуются эластомерные виброизоляторы (прокладки), статический прогиб которых составляет 1–4 мм. Существенным недостатком этих виброи-

золяторов является ограниченный срок службы (не более трех лет). Кроме того, применяя виброизоляторы из резины, учитывают ее малую сжимаемость, обусловленную боковыми деформациями.

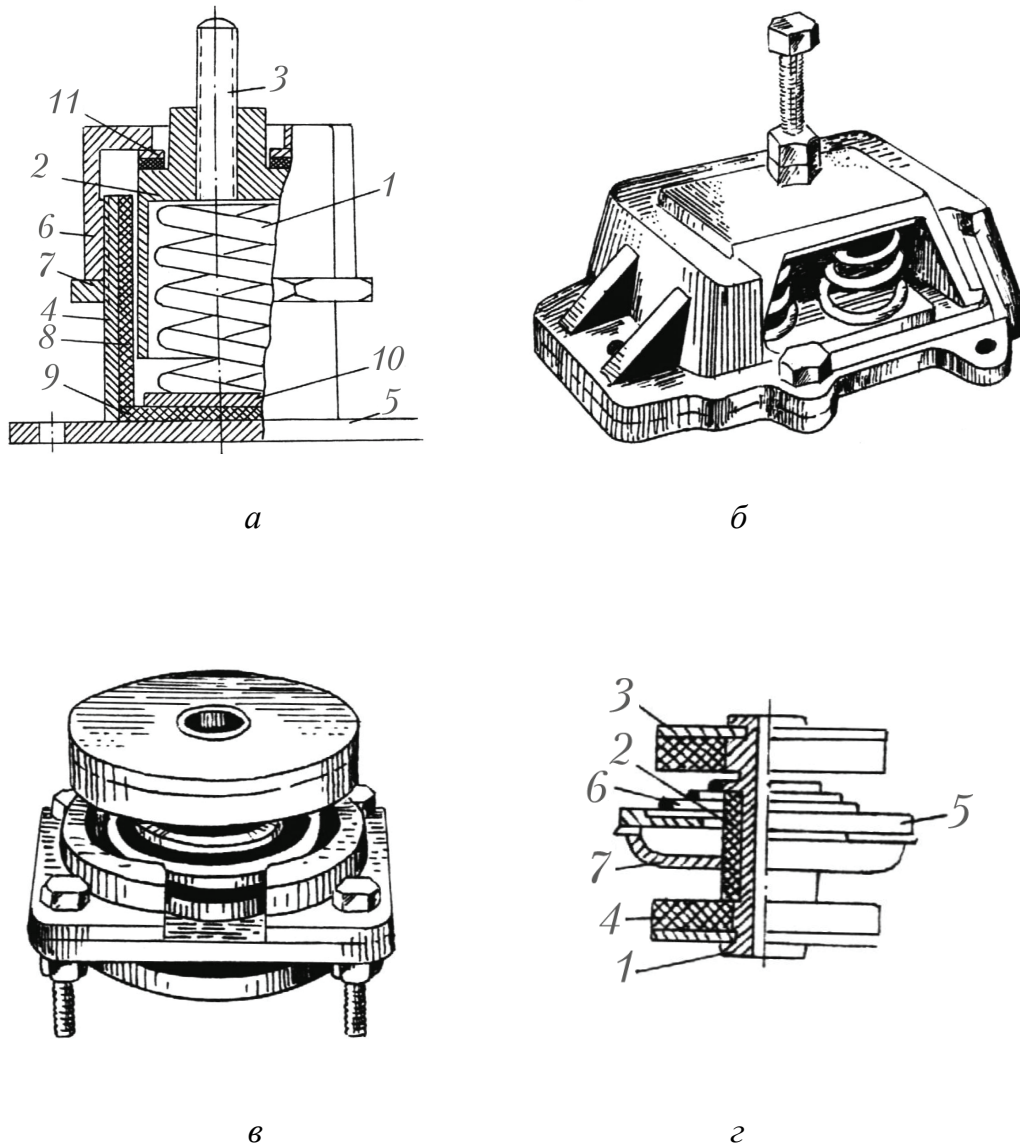


Рис. 4.80. Конструкции пружинных амортизаторов: *а* – амортизатор ЛИОТ: 1 – цилиндрическая пружина; 2 – опорный стакан; 3 – крепежный болт; 4 – корпус; 5 – площадка; 6 – гайка для предварительного натяга; 7 – контргайка; 8 – втулка из резины; 9 – упругая прокладка из резины или пробки; 10 – опорный металлический диск; 11 – металлическая и резиновая шайбы; *б* – двухпружинный амортизатор с резиновыми прокладками; *в, г* – общий вид и срез амортизатора типа НИСО-Р: 1 – стойка-втулка; 2 – резиновая трубка; 3 – шайба; 4 – буфер; 5 – основание; 6 – экспоненциальная пружина; 7 – накладка

В связи с этим резиновые виброизоляторы должны иметь форму, допускающую свободное растягивание резины в стороны, например форму ребристых или дырчатых плит. Виброизоляторы размещают в четырех точках по углам прямоугольника. При необходимости устанавливают дополнительные виброизоляторы симметрично относительно центра тяжести установки. Для лучшего доступа к виброisolяторам при монтаже и эксплуатации дополнительные виброизоляторы помещают на линиях, соединяющих два угловых виброизолятора. Допускается применять кустовые виброизоляторы (от двух до шести в кусте).

Широкое применение на практике нашли комбинированные виброизоляторы – резинометаллические, в которых упругим элементом является резиновый массив, соединенный с деталями металлической арматуры с помощью вулканизации. Пружина в комбинированных виброisolяторах обеспечивает их большую механическую прочность и уменьшает вибрацию в ее низкочастотном спектре, а резиновая часть – в области высоких частот и снижает шум.

Виброизоляция машин или рабочих площадок путем установки виброisolяторов между машиной и основанием (рис. 4.81) или основанием и рабочей площадкой (рис. 4.82) получила наибольшее распространение. Основным показателем, определяющим эффективность виброизоляции машины массой M , установленной на виброisolяторы с жесткостью C , является коэффициент передачи μ , который показывает, какая доля амплитуды A_ϕ , динамической силы F_ϕ или виброскорости V_ϕ от общей амплитуды A , силы F или виброскорости V , действующих со стороны машины, передаются виброisolяторами основанию (фундаменту, перекрытию):

$$\mu = A_\phi/A = F_\phi/F = V_\phi/V = 1/[(f/f_0)^2 - 1],$$

где f_0 – частота собственных колебаний системы машина – основание (частота, передаваемая основанию или рабочей площадке), Гц; f – частота колебаний машины, Гц,

$$f = n/60; \quad f_0 = 1/2\pi\sqrt{g/\delta_{ст}},$$

где n – частота вращения (движения) возмущающей силы (двигателя, кривошипа, ползуна и т. д.), об./мин; g – ускорение свободного падения, см/с²; $\delta_{ст} = M/C$ – статический прогиб виброisolяторов под действием массы машины, см.

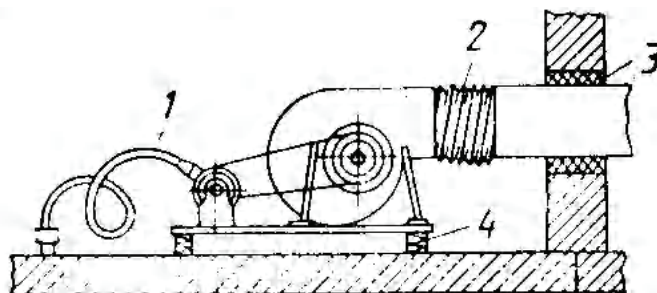


Рис. 4.81. Схема виброизоляции вентиляционных установок:
 1 – гибкое присоединение электрокабеля; 2 – гибкая вставка в канале воздуховода;
 3 – изоляция канала в местах прохода через ограждающие конструкции;
 4 – виброизоляторы

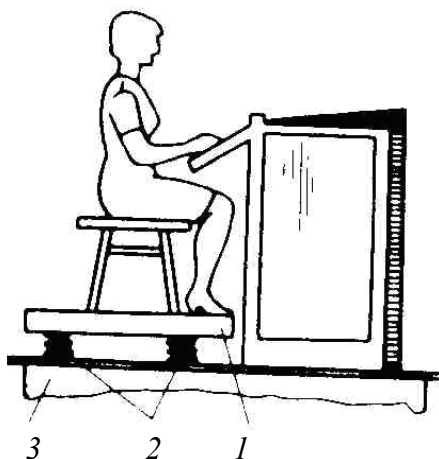


Рис. 4.82. Виброизоляция рабочего места: 1 – виброизолированная железобетонная плита; 2 – виброизоляторы; 3 – фундамент виброплощадки

Эффект от виброизоляции тем больше, чем больше отношение f/f_0 . Следовательно, для лучшей виброизоляции оснований от вибрации машины при известной частоте возмущающей силы необходимо уменьшить частоту собственных колебаний системы машина – основание, что достигается либо увеличением массы машины, либо снижением жесткости виброизоляции. Оптимальным при устройстве виброизоляции считают отношение $f/f_0 = 3/4$, что соответствует коэффициенту передачи $\mu = 1/8-1/15$.

Эффективность виброизоляции определяется так:
 по амплитуде

$$\Delta L_A = L_{A_1} - L_{A_2} = 20 \lg(A_1/A_2), \text{ дБ,}$$

по виброускорению

$$\Delta L_a = L_{a_1} - L_{a_2} = 20 \lg(a_1/a_2), \text{ дБ},$$

по виброскорости

$$\Delta L_V = L_{V_1} - L_{V_2} = 20 \lg(V_1/V_2), \text{ дБ},$$

по коэффициенту передачи и частоте

$$\Delta L = 20 \lg(1/\mu) = 20 \lg \left[(f/f_0)^2 - 1 \right], \text{ дБ},$$

где L_{V_1} и L_{V_2} – соответственно уровни виброскорости машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, дБ; V_1 и V_2 – значения колебательной скорости машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, мм/с; L_{A_1} и L_{A_2} – уровень амплитуды колебаний машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, дБ; A_1 и A_2 – значения амплитуды колебаний машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, м; L_{a_1} и L_{a_2} – уровень виброускорения машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, дБ; a_1 и a_2 – значения виброускорения машины или основания без виброизоляции и с виброизоляцией, мм/с².

Зная коэффициент передачи вибрации и скорость можно по табл. 4.82 определить необходимый статический прогиб стальных пружин, позволяющий ограничить передачу вибрации.

Таблица 4.82

Требуемая величина статического прогиба, мм

Скорость, об./мин	Передача вибрации, %								
	0,5	1	2	3	5	10	15	25	40
	Требуемая величина статического прогиба								
3600	5,5	2,7	1,4	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1
2400	12	6,2	3,1	2,1	1,3	0,7	0,5	0,3	0,2
1800	22	11	5,6	3,7	2,3	1,2	0,8	0,5	0,4
1600	28	14	7,0	4,7	2,9	1,5	1,1	0,7	0,5
1400	36	18	9,2	6,2	3,8	2,0	1,4	0,9	0,6
1200	49	25	13	8,4	5,2	2,7	1,9	1,2	0,9

Окончание табл. 4.82

Скорость, об./мин	Передача вибрации, %								
	0,5	1	2	3	5	10	15	25	40
	Требуемая величина статического прогиба								
1100	59	29	15	10	6,1	3,2	2,2	1,5	1,0
1000	71	36	18	12	7,4	3,9	2,7	1,8	1,2
900	88	44	22	15	9,2	4,8	3,4	2,2	1,5
800	111	56	28	19	12	6,1	4,2	2,8	1,9
700	–	73	37	25	15	7,9	5,5	3,6	2,5
600	–	99	50	34	21	11	7,5	4,9	3,4
550	–	118	60	40	25	13	9,0	5,9	4,1
400	–	–	113	76	46	24	17	11	7,7
350	–	–	–	99	61	32	22	14	10
300	–	–	–	–	83	43	30	20	14
250	–	–	–	–	–	62	43	28	20

Примечание. При использовании эластомерных прокладок необходимо удвоить величину статического прогиба, указанную в табл. 4.82.

Параметры вибрации определяют опытным путем в соответствии с ГОСТ 12.1.034–81 ССБТ «Вибрация. Общие требования к проведению измерений» и указывают в паспортах машин и механизмов. После установки оборудования в производственных помещениях производят контроль параметров вибрации на рабочих местах. Если результаты измерений превышают допустимые параметры хотя бы по одному показателю, применяют меры защиты рабочих мест путем установки виброизоляторов между машиной и основанием, между основанием и площадкой, на которой расположено рабочее место. В некоторых случаях в производственных помещениях устраивают «плавающие» полы (полы, уложенные на виброизолирующие опоры).

При бесфундаментной установке оборудование монтируют на опорах виброизолирующих (ОВ), которые бывают двух типов:

с разночастотной характеристикой (называются так, поскольку они не изменяют своей вертикальной собственной частоты при изменении нагрузки на опору);

линейной деформационной характеристикой (под действием прилагаемой нагрузки изменяют собственную частоту колебаний).

В качестве примера на рис. 4.83 приведена виброизолирующая опора ОВ-31 с разночастотной характеристикой, в которой имеются две арматурные детали – верхнее и нижнее основание 4 и 8, между которыми

находится резиновый элемент 3 с цилиндрическими пазами Δ_1 и Δ_2 . Для увеличения жесткости опоры в горизонтальных направлениях к ее нижнему основанию прикреплено кольцевое ребро жесткости.

На виброизолирующие опоры устанавливаются кабины управления, оборудование, размещаемое на перекрытиях многоэтажных зданий и др.

Подвижные рабочие места, расположенные на транспортных машинах и перемещающихся технологических агрегатах оснащают виброзащитными сиденьями (табл. 4.83) со встроенными средствами виброизоляции – направляющими механизмами, обеспечивающими снижение вибрации на пути ее распространения от источника возбуждения – основания (пола) кабины к телу оператора.

Ниже приведен расчет виброизоляции рабочего места оператора самоходных машин.

Исходные данные для расчета: виброскорость основания сиденья (пола, кабины) dy/dt и частота колебаний f , Гц; масса сиденья и связанных с ним подрессоренных элементов m_c , кг; масса оператора, приходящегося на сиденье m_n , в расчетах принимают $m_n = 80$ кг; коэффициент жесткости пружины c , Н/м; коэффициент сопротивления демпфера ε , Н · с/м.

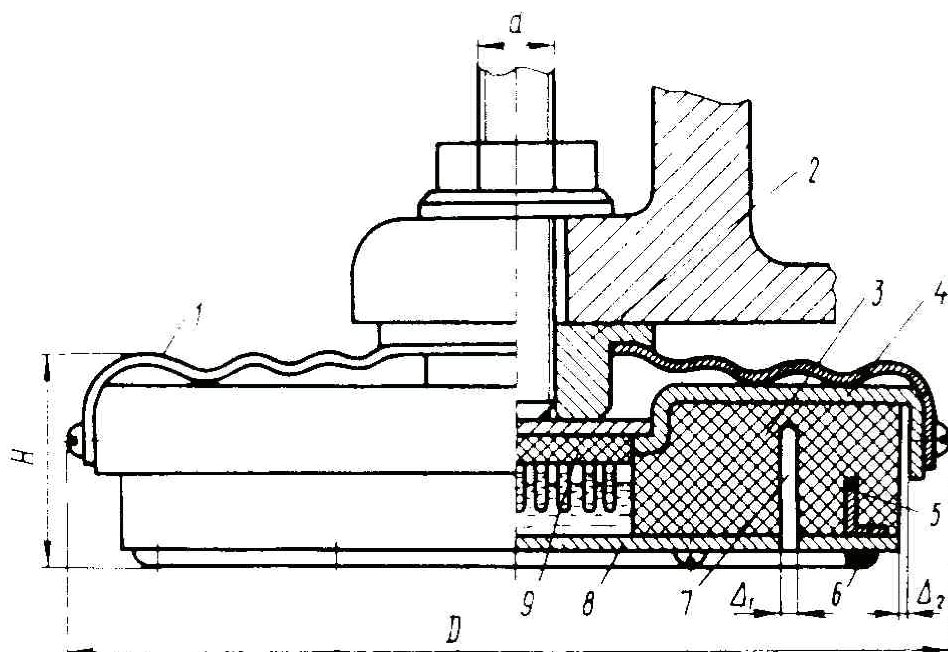


Рис. 4.83. Виброизолирующая опора ОВ-31:

1 – пружина; 2 – гайка; 3 – резиновый элемент; 4 – верхнее основание; 5 – ребро жесткости; 6 – фрикционное кольцо; 7 – паз; 8 – нижнее основание; 9 – демпфер

Таблица 4.83

Типовые схемы виброзащитных сидений

Схема виброзащитного сиденья	Направляющий механизм
	Параллелограммный
	Типа «ножницы»
	Четырехзвенный
	Поступательная кинематическая пара
	Маятниковый

Расчет виброизоляции рабочего места оператора производят следующим образом:

- 1) определяют массу подрессоренной части сиденья и оператора:

$$m = m_c + m_{ч}, \text{ кг};$$

- 2) находят собственную угловую частоту системы виброизоляции сиденья:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}, \text{ с}^{-1};$$

3) определяют относительное демпфирование:

$$\beta = \frac{\varepsilon}{2 \cdot \sqrt{c \cdot m}};$$

4) рассчитывают угловые частоты гармонического возбуждения:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \text{ с}^{-1};$$

5) находят частотные отношения:

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0};$$

6) рассчитывают относительные коэффициенты передачи при виброизоляции:

$$\mu_s = \frac{(\omega / \omega_0)^2}{\sqrt{[1 - (\omega / \omega_0)^2]^2 + (2 \cdot \beta \cdot \omega / \omega_0)^2}};$$

7) определяют абсолютные коэффициенты передачи при виброизоляции:

$$\mu_u = \sqrt{\frac{1 + (2 \cdot \beta \cdot \omega / \omega_0)^2}{[1 - (\omega / \omega_0)^2]^2 + (2 \cdot \beta \cdot \omega / \omega_0)^2}};$$

8) находят коэффициенты эффективности при виброизоляции:

$$K_{\text{эфф}} = \frac{1}{\mu_u},$$

9) определяют амплитудные значения скорости и ускорения колебаний сиденья соответственно:

$$V_a = \mu_u \cdot \left(\frac{dy}{dt} \right)_a, \text{ м/с}; \quad a_a = \mu_u \cdot \omega \cdot \left(\frac{dy}{dt} \right)_a, \text{ м/с}^2;$$

10) по заданной частоте f находят октаву n со среднегеометрической частотой и рассчитывают виброскорость, амплитуду и уровень вибрации на рабочем месте;

11) полученные значения виброскорости, амплитуды и уровня вибрации сравнивают с допустимыми параметрами на рабочем месте согласно ГОСТ 12.1.012–2004.

Задача 32

Пульт управления оборудованием установлен на междуэтажном перекрытии промышленного здания. От вибрации работающего оборудования на перекрытии возникают транспортно-технологические вибрации, вредно действующие на оператора.

Рассчитать пассивно-виброизолированную площадку для оператора, если масса площадки $Q_n = 240$ кг, масса оператора $Q_o = 60$ кг, частота колебаний перекрытия $f_o = 80$ Гц, амплитуда $A_z = 0,3$ мм.

Решение

1. Фактическая колебательная виброскорость перекрытия

$$V_{\Phi} = 2 \cdot 3,14 \cdot 80 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \approx 0,151 \text{ м/с.}$$

2. Допустимая колебательная скорость при среднегеометрической частоте $f_{cr} = 63$ Гц составляет $V_d = 0,32 \cdot 10^{-2}$ м/с (табл. 4.76).

Поскольку допустимая виброскорость превышает фактическую, то предусматриваем пассивно-виброизолированную площадку.

3. Требуемый коэффициент виброизоляции

$$\mu = V_d/V_{\Phi} = 0,32 \cdot 10^{-2}/0,151 = 0,0067 \approx 0,02.$$

4. Частота свободных колебаний площадки

$$f = f_o/[1/(\mu + 1)]^{1/2} = 80/[1/(0,02) + 1]^{1/2} = 11,2 \text{ Гц.}$$

5. Требуемая суммарная жесткость пружин

$$K_z = (240 + 60) \cdot 11,2^2/25 = 1505,28 \text{ кг/см.}$$

6. Принимаем площадку с пружинными виброизоляторами, количество пружин $n = 8$, материал – углеродистая сталь 70.

7. Нагрузка на одну пружину

$$P^1 = 240/8 + 1,5 \cdot 60/2 = 75 \text{ кг.}$$

8. Диаметр прутка пружины при ее индексе $c = 8$

$$d = 1,6 \cdot (1,17 \cdot 75 \cdot 8/4110)^{1/2} = 0,66 \text{ см.}$$

Принимаем стандартный диаметр прутка пружины 6 мм (0,6 см) и проверяем напряжение на срез:

$$2,56 \cdot 1,17 \cdot 75 \cdot 8/0,6 = 2995,2 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше $[\tau_{кр}] = 4110 \text{ кг/см}^2$, следовательно пружина выбрана правильно.

9. Диаметр пружины $D = 8 \cdot 0,6 = 4,8 \text{ см}$, принимаем $D = 5 \text{ см}$.

10. Число витков пружины

$$i = i_1 + i_2 = 2 + 1,5 = 3,5 \text{ шт.},$$

$$i_1 = 7,83 \cdot 10^5 \cdot 0,6/534 \cdot 8^3 \approx 2,0,$$

Поскольку $i_1 < 7$, то

$$i_2 = 1,5.$$

11. Шаг витка пружины

$$h = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \text{ см.}$$

12. Высота ненагруженной пружины

$$H_0 = 3,5 \cdot 1,25 + (1,5 - 0,5) \cdot 0,6 \approx 5 \text{ см.}$$

13. Проверим пружину на устойчивость:

$$H_0/D = 5/5 = 1, \text{ что меньше } 1,5.$$

СИЗ от вибрации в зависимости от контакта с вибрирующим объектом подразделяют:

на СИЗ рук – рукавицы, перчатки, полуперчатки, наладонники;

СИЗ ног – специальная обувь, стельки (вкладыши), наколенники;

СИЗ тела – нагрудники, пояса, специальные костюмы.

Виброзащитные рукавицы отличаются от обычных рукавиц тем, что на их ладонной части или в накладке закреплен упругодемпфирующий элемент.

Этот элемент выполняют из поролона, однако более эффективно использование пенопласта, губчатой резины. Применяют рукавицы с эластично-трубчатыми элементами (рис. 4.84). На рукавице имеются трубчатые элементы, закрепленные накладками и расположенные вертикальными рядами параллельно друг другу и перпендикулярно оси рукавицы. Такие рукавицы могут выполняться с накладным карманом, в который вставляется накладка с эластично-трубчатыми элементами (рис. 4.85).

Виброзащитная обувь (рис. 4.86) изготавливается в виде сапог, полу-сапог, полуботинок и др. и отличается от обычной обуви наличием подошвы или вкладыша на упругодемпфирующем материале.

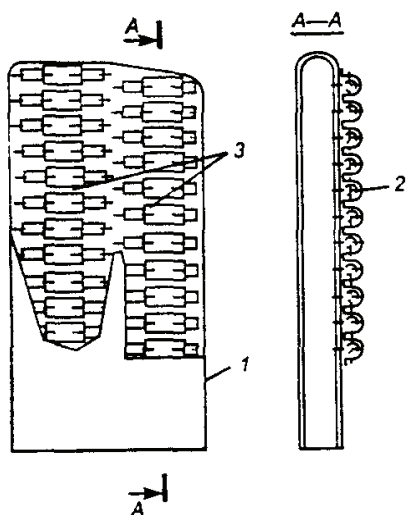


Рис. 4.84. Виброзащитная рукавица с эластично-трубчатыми элементами: 1 – поверхность рукавицы; 2 – трубчатые элементы; 3 – накладки

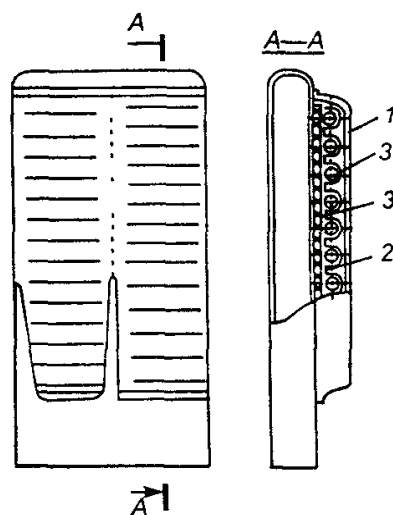


Рис. 4.85. Виброзащитная рукавица с накладным карманом: 1 – накладной карман; 2 – накладка; 3 – эластично-трубчатые элементы

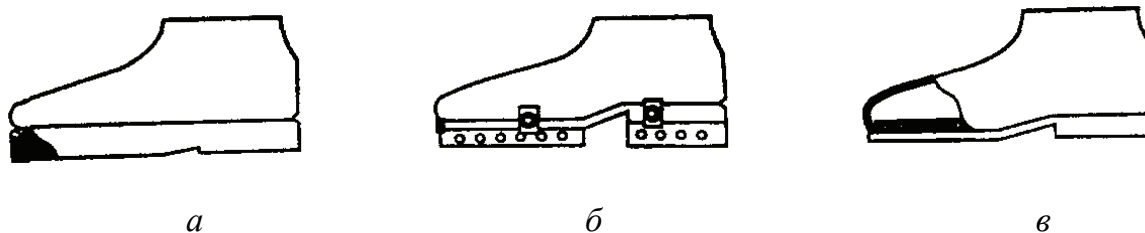


Рис. 4.86. Виброзащитная обувь: а – на упругой подошве; б – со съемными упругими каблучками и подметкой; в – с упругой стелькой

При выборе СИЗ от вибрации учитывают весь комплекс вредных производственных факторов, возникающих при различных видах работ с источниками вибрации, а также конкретные условия труда (повышенный уровень шума, возможность переохлаждения организма и др.).

Ручные инструменты относят к вибрирующим, если они генерируют вибрацию, уровни которой составляют не менее 25 % от предельно допустимых уровней, установленных СанПиН 2.2.2.540–96.

Ручные инструменты являются виброопасными, если они генерируют вибрацию, уровни которой превышают предельно допустимый уровень при оценке по скорректированному уровню или абсолютному значению. Ручные инструменты, генерирующие уровни вибраций более чем в 4 раза или на 12 дБ, превышающие предельно допустимые уровни, применять запрещается. При использовании виброопасных ручных инструментов работы следует проводить с применением режимов труда, которые должны обеспечивать:

общее ограничение параметров, характеризующих силовые характеристики инструментов (табл. 4.84);

ограничение длительности непрерывного одноразового воздействия вибрации и времени (табл. 4.85) воздействия вибраций в течение рабочей смены;

использование регламентированных перерывов для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

При работе с виброопасным ручным инструментом суммарное время контакта с вибрацией в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от величины превышения гигиенических норм с таким расчетом, чтобы эквивалентный скорректированный уровень вибрации не превысил 112 дБ. Проведение сверхурочных работ с виброопасными ручными инструментами запрещается.

Регламентированные перерывы продолжительностью 20 и 30 мин устраивают через 1–2 ч после начала смены и через 2 ч после обеденного перерыва (продолжительностью 40 мин) для проведения активного отдыха, комплекса производственной гимнастики и физиотерапевтических процедур (время регламентированных перерывов включается в норму выработки).

Профилактические процедуры в зависимости от частоты вибрации и микроклиматических условий (табл. 4.86) включают тепловые процедуры, гидропроцедуры в виде местных ванн, душей и воздушный обогрев с микромассажем.

Таблица 4.84

**Параметры, характеризующие силовые характеристики
ручного инструмента и другого оборудования**

Нормируемый параметр	Значение параметра
Масса ручного инструмента: при работах с различной ориентацией в пространстве при работах вертикально вниз и горизонтально	Не более 5 кг Не более 10 кг
Вес оборудования, воспринимаемый руками оператора при выполнении типовых технологических операций	Не более 10 кгс
Сила нажатия на инструмент в номинальном режиме: для одноручных машин для двуручных машин	Не более 10 кгс Не более 15 кгс
Усилие нажатия пускового устройства	Не более 1 кгс
Усилие обхвата, прилагаемое при работе к инструменту (рекомендуемое максимальное): для правой руки для левой руки	4 кгс 2 кгс

Примечания: 1. При весе оборудования, воспринимаемом руками оператора при выполнении типовых технологических операций, более 10 кгс необходимо применение поддерживающих устройств.

2. Удобство рабочей позы, в которой осуществляется выполнение типовых технологических операций, удобство работы с инструментом; оборудованием также должны учитываться в их силовых характеристиках.

Таблица 4.85

**Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации в зави-
симости от величины превышения допустимых уровней**

Превышение допустимых уровней локальной вибрации относительно санитарных норм		Допустимое суммарное время воздействия, смену, мин.
дБ	раз	
0	–	480
3	1,4	240
6	2,0	120
9	2,8	60
12	4,0	30

**Виды профилактических процедур в зависимости
от спектра вибрации и микроклиматических условий**

Характеристика микроклимата	Спектр вибрации		
	низкочастотный (8–16 Гц)	среднечастотный (32–63 Гц)	высокочастотный (125 Гц и выше)
Допустимые условия	Тепловые процедуры не рекомендуются		Тепловые процедуры
Общее и местное охлаждение	Воздушный обогрев		
Общее и местное охлаждение, смачивание рук	Воздушный обогрев	Воздушный обогрев с микромассажем	

Контроль производственной вибрации на рабочих местах

Для обеспечения безопасных условий труда человека установлены методы контроля параметров производственной вибрации на рабочих местах в диапазонах частот, регламентированных соответствующими нормами.

Измерение вибрации производят с использованием виброметров (рис. 4.87) по ГОСТ 12.4.012–83 и полосовых фильтров по ГОСТ 17168–81, а также вспомогательных приборов (самописцев уровня, магнитографов и т. п.). Основная погрешность для средств измерений с отсчетными устройствами, градуированными в абсолютных единицах (или в дБ) должна удовлетворять классу точности не хуже 20 (или 2 дБ) соответственно.

Измерение эквивалентных уровней в октавных полосах можно производить с помощью интегрирующего шумомера 2 218 с интегратором ZR-0020 и набора октавных фильтров 1 613 в октавах 31,5–1 000 Гц. В настоящее время выпускаются интегрирующие виброметры 2 513, виброметры 2 512 с фильтром 1 618 фирмы «Брюль и Кьер», а также дозиметр 1084 фирмы «Вартсиля» (Финляндия).

Для измерения общей вибрации рекомендуются следующие датчики: ДН-7, ДН-13, ДН-19 («Виброприбор», г. Таганрог); КВ-11, КВ-12, датчики типа КД40, 41, 42 и 45 (РФТ, ГДР); 4366, 4368, 4370 и 4381 («Брюль и Кьер», Дания). Для измерения локальной вибрации применяют ДН-3 и ДН-4 («Виброприбор», г. Таганрог), вибродатчики КД (РФТ, ГДР) и др.



Рис. 4.87. Цифровой 1 класса точности виброметр и анализатор спектра вибрации

Точки контроля, т. е. места установки вибродатчиков, должны располагаться на поверхностях в местах, предназначенных для контакта с телом человека-оператора:

на сиденье, рабочей площадке, педалях и полу рабочей зоны оператора и обслуживающего персонала;

в местах контакта рук оператора с рукоятками, органами управления и т. п.

Для непостоянных рабочих мест или рабочих зон выбирают не менее трех точек контроля в местах наибольших колебаний.

В каждой точке контроля вибродатчик устанавливают на ровной, гладкой посадочной площадке последовательно по трем взаимно перпендикулярным направлениям:

для общей вибрации – вертикальную перпендикулярную опорной поверхности (ось Z); горизонтальную от спины к груди (ось X); горизонтальную от правого плеча к левому (ось Y);

локальной вибрации – направление подачи или приложения силы нажатия (ось Z); ось рукоятки (ось X), перпендикулярно первым двум направлениям (ось Y).

Ось вибродатчика должна быть ориентирована по выбранному направлению измерения. Если вибрация в направлении одной из осей, для которых установлены одинаковые допустимые величины, превышает вибрацию по двум другим осям более чем на 12 дБ (более чем в четыре раза), то допускается проводить измерение только в направлении максимальной вибрации и характеризовать ее именно этим направлением.

Вибродатчик закрепляют способом, указанным в заводской инструкции. Большинство вибродатчиков предназначены для крепления на резьбе (с помощью винта или шпильки, т. е. винта без головки) и имеют посадочное гнездо с резьбой М5. Крепление вибродатчика на винте рекомендуется при малой толщине изделия в точке контроля, а на шпильке – при большой его толщине.

При измерении общей вибрации вибродатчик крепят на резьбе к жесткому стальному диску определенного размера, который размещают между полом и ногами стоящего человека или сидением и корпусом сидящего человека. Диск не должен иметь контакта с металлическими элементами сидения. Допускается крепление вибродатчика с помощью магнита так, чтобы их общая масса не превышала 200 г.

При измерении на площадках с твердым покрытием (асфальт, бетон, металлические плиты и т. п.) или сиденьях без упругих облицовок диск не применяют, а вибродатчик крепят непосредственно к этим поверхностям на резьбе, магните, мастиках и т. п.

При измерении локальной вибрации предпочтительно крепление датчика в точках контроля на резьбе. Допускается крепление вибродатчика с помощью переходного металлического элемента в виде зажима, от хомута, струбцины и т. п., при этом их масса не должна превышать 10 % массы инструмента или обрабатываемой детали, а масса вибродатчика не должна превышать 65 г.

Если места контакта с руками покрыты эластичным виброизолирующим материалом или рукоятки не имеют жесткой основы, то вибродатчик крепят на резьбе к виброадаптеру или к металлической пластине размером 50×25×0,8 мм, соответствующей форме места контакта. Виброадаптер или пластина прижимается рукой оператора с силой, необходимой для нормальной работы машины. Замеры проводят как на правой, так и на левой руках с оценкой по большому показанию прибора.

Измерение вибрации проводят на исправных машинах, отвечающих правилам проведения работ. Машины или оборудование должны работать в паспортном или типовом технологическом режиме и при проведении реальных технологических операций. При контроле общей вибрации включают все источники, передающие вибрации на рабочее место. При измерении вибрации машина или оборудование должны работать в установившемся режиме. Время измерения вибрации должно быть не менее величин, указанных в табл. 4.87.

Показания прибора, т. е. значения параметра вибрации в полосе частот или скорректированное значение снимают через равные промежут-

ки времени порядка постоянной времени виброметра. Общее количество отсчетов должно быть не менее трех для локальной вибрации, не менее шести – для общей технологической вибрации и не менее 30 – для общей транспортной и транспортно-технологической (во время движения).

Таблица 4.87

Минимальное время измерения вибрации

Полосы частот, Гц	Спектр вибрации	
	Вибрация общая	Вибрация локальная
От 0,7 до 5,6	30	–
От 5,6 до 22,4	3	3
От 22,4 и выше	2	2

Примечание: Практически целесообразно проводить измерения в течение времени, превышающего в 3–10 раз, минимально необходимое:

- а) для локальной вибрации – 10 с;
- б) для общей технологической вибрации – 60 с;
- в) для общей транспортной и транспортно-технологической вибрации (во время движения) 300 с.

Измерение проводят в следующем порядке:

вибродатчик устанавливают в выбранной точке контроля в одном из данных направлений (оси X , Y , Z);

виброметр включают:

на «скорость» или «ускорение»;

постоянную времени;

октавные фильтры или скорректированное значение;

необходимый диапазон измерения для получения отсчетов без перегрузки прибора.

Результаты измерения в зависимости от выбранного метода измерения обрабатывают и оформляют протоколом установленной формы.

Производственный инфразвук и его классификация

Инфразвук – это звуковые колебания и волны с частотами, лежащими ниже полосы слышимых (акустических) частот, т. е. в диапазоне ниже 20 Гц.

Для гигиенической оценки производственного инфразвука практический интерес представляет частотный диапазон от 1,0 до 20 Гц,

включающий четыре основных полосы со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8 и 16 Гц или двенадцать 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 и 20 Гц.

В условиях производства инфразвук обычно сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев с низкочастотной вибрацией. Многие виды шумов, в частности производственных и транспортных, содержат инфразвуковые составляющие. Повышение единичной мощности и габаритов машин приводит к повышению удельного веса низкочастотных составляющих в спектрах шумов на рабочих местах и появлению инфразвука. Большое практическое значение для выявления возможного присутствия инфразвука в спектрах шумов, генерируемых машинами, оборудованием и технологическими процессами, имеют конструктивно-строительные и технологические признаки.

К конструктивно-строительным признакам наличия инфразвука относят:

большие площади перекрытий или ограждений источников шума (например, смежное расположение административных помещений с производственными);

большие габариты двигателей и рабочих органов машин (например, карьерные экскаваторы);

наличие подвески самоходных и транспортно-технологических машин;

применение материалов для уменьшения шума, эффективных на звуковых частотах слышимого шума в источнике его образования (например при снижении рабочей частоты) или по пути его распространения (глушители, облицовки, кабины наблюдения) и т. п.

К технологическим признакам наличия инфразвука относят:

высокую единичную мощность машины при сравнительно низком рабочем числе оборотов, ходов или ударов;

флуктуацию мощных потоков газов или жидкостей (например газодинамические или химические установки);

передвижение по местности, дорогам, автомагистралям, мостам, тоннелям (например строительно-дорожные машины и т. п.).

В соответствии с классификацией инфразвука, действующего на человека, по характеру спектра его подразделяют:

на широкополосный инфразвук с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

тональный инфразвук, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие. Гармонический характер инфразвука уста-

навливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам инфразвук подразделяют:

на постоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем в два раза (на шесть дБ) при измерениях на шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно»;

непостоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не менее чем в два раза (на шесть дБ) при измерении по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно».

Источниками инфразвука могут быть средства наземного, воздушного и водного транспорта, пульсация давления в газоздушных смесях (форсунки большого диаметра) и др.

Наиболее характерным и широко распространенным источником низкоакустических колебаний являются компрессоры. Отмечается, что шум компрессорных цехов является низкочастотным с преобладанием инфразвука, причем в кабинах операторов инфразвук становится более выраженным из-за затухания более высокочастотных шумов.

Низкочастотные акустические колебания отмечаются в черной металлургии, где их источниками являются электросталеплавильные дуговые доменные печи. Вблизи сталеплавильной печи уровень инфразвука равен 118 дБ на частоте 6 Гц, на частотах 12,5 и 15 Гц достигает 105 дБ.

На рабочих местах в мартеновском и кислородно-конверторном цехе наибольшие уровни 93–100 дБ лежат в диапазоне 8–31,5 Гц.

Источниками инфразвуковых колебаний являются мощные вентиляционные системы и системы кондиционирования. Максимальные уровни звукового давления достигают 106 дБ на 20 Гц, 98 дБ – на 4 Гц, 85 дБ – на частотах 2 и 8 Гц.

Еще один источник инфразвука – железнодорожный транспорт. Наибольшие уровни давления в шуме тепловозов приходятся на область ниже 45 Гц, составляя 108–127 дБ.

Инфразвук принято оценивать теми же физическими величинами, что и звук, т. е. частотой колебания, давлением, скоростью, а также относительными величинами уровня звукового давления и др.

Действие производственного инфразвука на человека

Инфразвук оказывает на человека разрушающее действие. Представим организм человека в виде механической колебательной системы,

состоящей из оболочки с эластичными стенками, внутри которой через упругие связи подвешены элементы масс, каждый из которых имеет свою собственную частоту колебаний: голова (12–27 Гц), горло (6–27 Гц), грудная клетка (2–12 Гц), ноги и руки (2–8 Гц), поясничная часть позвоночника (4–14 Гц).

Если через эту систему проходят звуковые колебания низкой частоты, имеющие большую длину волны при сравнительно малых размерах (антропометрических) системы, то под их влиянием эластичные стенки придут в вынужденное колебательное движение и будут периодически сжиматься и расширяться, передавая колебания внутренним элементам. Если собственная частота колебаний элемента при этом будет близка или совпадет с частотой вынужденных колебаний, то он будет совершать колебания с увеличенной амплитудой. При колебаниях происходит механическое раздражение клеток и тканей легких, головного мозга, механорецепторов всего организма, а также слухового анализатора с непосредственным механическим воздействием на центральную нервную систему (головной и спинной мозг). Постоянное действие инфразвука создает очаги возбуждения и перевозбуждения в центрах головного мозга с последующим их энергетическим истощением и угнетением (вплоть до утраты функций), что ведет к понижению психофизиологических функций, психической и психологической деятельности человека и постепенной утрате профессиональной трудоспособности.

Нормирование производственного инфразвука

Гигиеническую оценку инфразвука производят в частотном диапазоне от 1,0 до 20 Гц, включающего четыре октавные полосы со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8 и 16 Гц или двенадцать 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 12,5; 16 и 20 Гц. Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц, определяемыми по формуле

$$L_p = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2}, \text{ дБ},$$

где P^2 – среднеквадратичное значение звукового давления, Па; P_0^2 – исходное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для ориентировочной одночисловой оценки присутствия инфразвука используется разность не менее 10 дБ по шкалам «Линейная» и «А» шумомера.

Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровню звукового давления ($L_{\text{ЭКВ}}$), а октавных полосах 2, 4, 8 и 16 Гц и эквивалентный общий уровень звукового давления в дБ Лин, определяемый по формуле

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_i} \right), \text{ дБ,}$$

где T – период наблюдения, ч; t_i – продолжительность действия шума с уровнем L_i , ч; n – общее число промежутков действия инфразвука; L_i – логарифмический уровень инфразвука в i -й промежуток времени, дБ.

Эквивалентный уровень звукового давления может быть установлен при непосредственном инструментальном измерении или путем расчета по измеренному уровню и продолжительности воздействия.

Гигиенические требования к инфразвуку регламентируют санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» с учетом степени тяжести, напряженности трудового процесса, выполняемого как в производственных помещениях, так и на территории предприятий (табл. 4.88).

Таблица 4.88

**Предельно допустимые уровни инфразвука
на рабочих местах**

Виды работ	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	16
Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий:				
различной степени тяжести	100	95	90	85
различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	95	90	85	80

Данные табл. 4.88 свидетельствуют о том, что для работ с преобладанием физической нагрузки на организм человека, т. е. работ различной степени тяжести, предельно допустимые уровни инфразвука выше, чем для работ с различной степенью интеллектуально-эмоциональной напряженности.

Превышение предельно допустимого уровня инфразвука на рабочих местах указывает на класс условий работ.

Методы и средства снижения производственного инфразвука

Снижение интенсивности инфразвука, генерируемого технологическими процессами и оборудованием, достигают за счет применения комплекса мероприятий, включающих следующее:

ослабление мощности инфразвука в источнике его образования на стадии проектирования, конструирования, проработки архитектурно-планировочных решений, компоновки помещений и расстановки оборудования;

изоляция источников инфразвука в отдельных помещениях;

использование кабин наблюдения с дистанционным управлением технологическим процессом;

уменьшение интенсивности инфразвука в источнике путем введения в технологические цепочки специальных демпфирующих устройств малых линейных размеров, перераспределяющих спектральный состав инфразвуковых колебаний в область более высоких частот;

укрытие оборудования кожухами, имеющими повышенную звукоизоляцию в области инфразвуковых частот;

отделку поверхностей производственных помещений конструкциями, имеющими высокий коэффициент звукопоглощения в области инфразвуковых частот;

снижение вибрации оборудования, если инфразвук имеет вибрационное происхождение;

установку специальных, снижающих инфразвук глушителей на воздухозаборные шахты, выбросные отверстия компрессоров и вентиляторов;

увеличение звукоизоляции ограждающих конструкций помещений в области инфразвуковых частот путем повышения их жесткости с помощью применения неплоских элементов;

изоляцию отверстий и щелей в ограждающих конструкциях производственных помещений, использование глушителей инфразвука;

организацию режимов труда и отдыха, изложенных в Руководстве 2.2.4/2.1.8.000–95 «Гигиеническая оценка физических факторов производственной и окружающей среды».

Эффективность мероприятий по снижению генерируемого технологическими процессами и оборудованием инфразвука подтверждается соответствующими расчетами и графическим материалом.

Контроль производственного инфразвука на рабочих местах

Контроль инфразвука производят на постоянных рабочих местах (у органов управления, в кабинах, у пультов управления и т. д.) или в рабочих зонах обслуживания при работе производственного оборудования в характерном режиме. В кабинах транспортных средств, транспортно-технологических машин, в помещениях административных зданий измерения проводят при закрытых и открытых окнах. Для измерения инфразвука используют такие измерительные приборы, как ВШВ 003 М-2, 2231 («Брюль и Кьер»), 2204 («Брюль и Кьер»). Микрофон располагают на высоте 1,5 м от пола и на удалении не менее 0,5 м от человека, производящего измерение. При оценке воздействия инфразвука на человека микрофон располагают на расстоянии 15 см от уха.

По результатам контроля составляют протокол, в котором дают оценку результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям.

Производственный ультразвук и его классификация

Ультразвук составляют колебания в диапазоне частот от 18 кГц и выше. Ультразвук применяют при сварке и резке различных материалов, для обработки жидких сплавов, очистки отливок, а также очистки воздуха от дыма, при промывке и обезжиривании деталей, химическом травлении, ультразвуковой дефектоскопии и в других операциях.

К источникам ультразвука относят также оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор.

Основными характеристиками ультразвука являются частота колебаний f , уровни звукового давления L_P и виброскорости, т. е.

$$L_V = 20 \lg (V/V_0),$$

где V – пиковое значение виброскорости, м/с; V_0 – порогово осязаемое значение виброскорости, $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

При гигиенической классификации ультразвука, воздействующего на работника, учитывают (табл. 4.89):

режим генерирования, способ излучения ультразвуковых колебаний;

тип источника, частотную характеристику распространения ультразвуковых колебаний и др.

Таблица 4.89

Гигиеническая классификация ультразвука

Классифицируемый признак	Характеристика классифицируемого признака
Способ распространения ультразвуковых колебаний	Контактный (при контакте рук или других частей тела человека с источником ультразвука) Воздушный (акустический)
Тип источника ультразвуковых колебаний	Ручной Стационарный
Частотная характеристика ультразвуковых колебаний	Низкочастотный ультразвук 16–63 кГц (указаны среднегеометрические частоты октавных полос) Среднечастотный ультразвук (125–250 кГц) Высокочастотный ультразвук (1,0–31,5 МГц)
Режим генерирования ультразвуковых колебаний	Постоянный Импульсный
Способ излучения ультразвуковых колебаний	Магнитострикционный Пьезоэлектрический

Действие производственного ультразвука на человека

Действие ультразвука вызывает в организме человека различные биологические эффекты, характер которых зависит от интенсивности, частоты, временных характеристик (постоянный, импульсный) ультразвука, длительности воздействия, чувствительности тканей человека и др.

Ультразвук передается человеку контактным (при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями и др.) и (или) воздушным способом. Ультразвук действует на весь организм, но непосредственно на молекулярном и клеточном уровнях. Как известно, ультразвук в жидкостях вызывает явление кавитации (*от лат. cavitos – пустота*), т. е. нарушение сплош-

ности текущей жидкости. Поскольку тело человека включает большое количество жидкости, то ультразвук создает в нем зоны повышенного и пониженного давления, что вызывает в организме отрицательные изменения. Основным эффектом действия ультразвука тепловой состоит в том, что, поглощаясь тканями тела, он нагревает их, повышая температуру тела в целом. Ультразвук приводит к функциональным нарушениям сердечно-сосудистой, эндокринной и нервной систем, к потере слуховой чувствительности, повышенной утомляемости и развитию профессионального заболевания – *вегетативно-сенсорной полинейропатии рук*.

Нормирование производственного ультразвука

Допустимые значения ультразвука на рабочем месте регламентируют:

ГОСТ 12.1.001–83 «Ультразвук. Общие требования безопасности»;

СанПиН 2.2.4/2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в дБ в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

Предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать значений, указанных в табл. 4.90.

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1 000; 2 000; 4 000; 8 000; 16 000; 31 500 кГц.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров контактного ультразвука для работающих приведены в табл. 4.91.

Таблица 4.90

Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5–100,0	110

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0–63,0	$5 \cdot 10^{-3}$	100
125,0–500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
1000–31500	$1,6 \cdot 10^{-2}$	110

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в табл. 4.92, в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному действию воздушного и контактного ультразвука.

Превышение предельно допустимого уровня воздушного и (или) контактного ультразвука на рабочих местах указывает на класс условий работ.

Методы и средства снижения производственного ультразвука

Мероприятия по снижению и ограничению неблагоприятного влияния ультразвука включают:

снижение интенсивности ультразвука в источнике образования за счет рационального подбора мощности оборудования с учетом технологических требований;

при проектировании ультразвуковых установок не рекомендуется выбирать рабочую частоту ниже 22 кГц, чтобы уменьшить действие высокочастотного шума;

оснащение ультразвуковых установок звукоизолирующими кожухами или экранами, при этом в кожухе не должно быть отверстий и щелей; повышение эффективности звукопоглощающего кожуха может быть достигнуто размещением внутри кожуха звукопоглощающего материала или резонаторных поглотителей;

размещение ультразвукового оборудования в звукоизолированных помещениях или кабинах с дистанционным управлением;

оборудование ультразвуковых установок системами блокировки, отключающей преобразователи при открывании кожухов;

создание автоматического ультразвукового оборудования для мойки тары, очистки деталей и т. д.;

изготовление приспособлений для удержания источника ультразвука или обрабатываемой детали;

применение специального рабочего инструмента с виброизолирующей рукояткой;

применение средств защиты рук работающих (нарукавников, рукавиц или перчаток) при контактном ультразвуке и средств защиты органов слуха (противошумы) при воздушном ультразвуке;

организацию регламентированных перерывов – десятиминутный перерыв за 1–1,5 ч до и пятнадцатиминутный перерыв через 1,5–2 ч после обеденного перерыва для проведения физиопрофилактических процедур (тепловых гидропроцедур, массажа, ультрафиолетового излучения), а также лечебной гимнастики, витаминизации и т. п.;

организацию регламентированных перерывов для профилактики утомления зрения.

Ультразвуковые искатели, датчики и инструменты, удерживаемые работником в руках, должны иметь форму, обеспечивающую минимальное напряжение мышц кисти, верхнего плечевого пояса и соответствовать требованиям технической эстетики.

Поверхность оборудования и приборов в местах контакта с руками работника должна иметь коэффициент теплопроводности не более 0,5 Вт/(м · град). В процессе работы ультразвукового оборудования следует исключать непосредственный контакт рук рабочих с жидкостью, обрабатываемыми деталями. Для загрузки и выгрузки деталей из ультразвуковых ванн следует использовать сетки, снабженные ручками с виброизолирующим покрытием. Рабочие места операторов ультразвуковой дефектоскопии должны быть по возможности фиксированы, ограждены ширмами для создания световой и звуковой тени.

Эффективность мероприятий по снижению генерируемого технологическими процессами и оборудованием инфразвука подтверждается соответствующими расчетами и графическим материалом.

Контроль производственного ультразвука на рабочих местах

Контроль ультразвука, распространяющегося в воздушной среде, проводят в соответствии с ГОСТ 12.4.077–79. Измерительная точка находится на уровне головы человека, подвергающегося воздействию ультразвука, на расстоянии 5 см от уха. Микрофон должен быть направлен в сторону источника ультразвука и удален не менее чем на 0,5 м от человека, производящего измерение. Аппаратура должна включать микрофон, электрическую цепь с линейной характеристикой, набор соответствующих 1/3 октавных фильтров и измерительного прибора со стандартными временными характеристиками.

При измерении уровней ультразвука в зоне контакта с твердой средой вместо микрофона применяют датчик ультразвуковых колебаний.

При определении ультразвуковых характеристик производственного оборудования измерения проводят в контрольных точках на высоте 1,5 м от пола, на расстоянии 0,5 м от конуса оборудования и не менее чем на 2 м от окружающих поверхностей. Число контрольных точек должно быть не менее четырех, а расстояние между ними – не более 1 м. В паспорт оборудования заносят максимальное значение из измеренных величин.

По результатам контроля составляют протокол, в котором дают оценку результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите источники шума, вибрации, инфразвука и ультразвука на рабочих местах.
2. Охарактеризуйте действие шума на организм человека.
3. Каково действие вибрации на организм человека?
4. Как действует инфразвук на организм человека?
5. Опишите действие ультразвука на организм человека.
6. Охарактеризуйте особенности нормирования шума, вибрации, инфразвука и ультразвука на рабочих местах.
7. Приведите примеры средств коллективной защиты от шума, вибрации, инфразвука и ультразвука.
8. Охарактеризуйте методы снижения шума.
9. Что такое коэффициент передачи?
10. Перечислите средства виброзащиты.
11. Назовите приборы для измерения шума, вибрации, инфразвука и ультразвука.

4.8. Защита от излучений

Ультрафиолетовое излучение и его действие на человека

Ультрафиолетовое излучение – это электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны от 200 до 400 нм и частотой от 10^{13} Гц до 10^{16} Гц. Источниками ультрафиолетового (УФ) излучения являются электрическая дуга, плазма, расплавленный металл, кварцевое

стекло, люминесцентные источники, дефектоскопы и др. Различают три участка спектра УФ излучения, имеющего различную биологическую активность:

- длинноволновой (400–315 нм) – УФ-А;
- средневолновой (315–280 нм) – УФ-В;
- коротковолновой (280 – 200 нм) – УФ-С.

Количественно УФ-излучение характеризуется интенсивностью излучения (облучения), т. е. поверхностной плотностью потока энергии, падающей на единицу облучаемой площади. Единицей измерения является Вт/м^2 , $1 \text{ Вт/м}^2 = 10^4 \text{ Вт/см}^2$, $1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин}) = 6970 \text{ Вт/м}^2$.

Недостаток, как и избыток, этого вида излучения представляет опасность для организма человека. УФ-излучение – необходимый фактор для нормального функционирования организма человека, поскольку УФ-лучи являются важным стимулятором основных биологических процессов. Наиболее выраженное проявление «ультрафиолетовой недостаточности» – авитаминоз, при котором нарушается фосфорно-кальциевый обмен и процесс костеобразования, а также происходит снижение защитных свойств организма от других заболеваний. Воздействие на кожу больших доз УФ-излучения вызывают кожные заболевания – дерматиты. Пораженный участок имеет отечность, ощущается жжение и зуд. При воздействии повышенных доз УФ-излучения на центральную нервную систему характерны следующие симптомы заболеваний: головная боль, тошнота, головокружение, повышение температуры тела, повышенная утомляемость, нервное возбуждение и др. УФ-лучи действуют на органы зрения, вызывая заболевание – *электроофтальмию* – поражение конъюнктивы и кожи век, которая проявляется слезотечением, светобоязнью и блефароспазмом.

Нормирование ультрафиолетового излучения и средства защиты от него

В соответствии с Санитарными нормами ультрафиолетового излучения в производственных помещениях № 4557–88 установлена допустимая интенсивность излучения (облучения) – величина облучения, которая при воздействии на человека в течение рабочей смены и в процессе трудовой деятельности не вызывает у работающих функциональных, а также острых повреждений, приводящих к нарушению состояния здоровья непосредственно в период работы или в отдаленные сроки.

Нормы интенсивности УФ-излучения установлены с учетом продолжительности воздействия на работающих, обязательного использования спецодежды, головных уборов и использования средств защиты глаз (ГОСТ 12.4.080 «ССБТ. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве»).

Допустимая интенсивность УФ-излучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

$50,0 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-А;

$0,05 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-В;

$0,001 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-С.

Допустимая интенсивность УФ-излучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50 % рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

$10,0 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-А

$0,01 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-В.

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (кожа, ткани с пленочным покрытием и т. п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200–315 нм) не должна превышать 1 Вт/м^2 .

В случае превышения допустимых интенсивностей облучения, указанных выше, предусматривают мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

Контроль ультрафиолетового излучения на рабочих местах

Интенсивность УФ-излучения работающих измеряют на постоянных и непостоянных рабочих местах периодически, не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также при приемке в эксплуатацию нового оборудования и технологии при внесении технических изменений в конструкцию действующего оборудования, при организации новых рабочих мест.



Рис. 4.88. УФ-радиометр

Измерения производят на рабочем месте на высоте 0,5–1,0 и 1,5 м от пола, размещая приемник перпендикулярно максимуму излучения источника. При наличии нескольких источников проводят аналогичные измерения от каждого из них или через каждые 45° по окружности в горизонтальной плоскости.

Для измерения интенсивности излучения используют приборы (рис. 4.88) типа спектрорадиометров с известной спектральной чувствительностью. Погрешность измерений не должна превышать 10 %. При оценке результатов измерений, оформляемых в виде протокола, исходят из того, что интенсивность облучения работающих в любой точке рабочей зоны не должна превышать допустимых величин.

Лазерное излучение и его источники

Лазерное излучение – это монохроматический (строго одной длины – от 0,2 до 1000 мкм – волны), когерентный (все источники излучения испускают электромагнитные волны в одной фазе) и узконаправленный поток энергии, излучаемой оптическим квантовым генератором.

Лазеры и лазерные установки (лазерные изделия) широко применяют при плавке, сварке, резке материалов, в измерительной технике и др.

Основными параметрами, определяющими воздействие лазерного излучения, являются:

энергетическая экспозиция H (Дж/см²) – произведение энергетической освещенности (облученности) на продолжительность облучения;

энергетическая освещенность (облученность) E (Вт/см²) – отношение потока излучения, падающего на малый участок поверхности, к площади этого участка;

В зависимости от типа, конструкции и целевого назначения лазерных изделий на обслуживающий персонал могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы:

лазерное излучение (прямое, отраженное и рассеянное);
сопутствующие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения от источников накачки, плазменного факела и материалов мишени;
высокое напряжение в цепях управления, источниках электропитания;

электромагнитное излучение промышленной частоты и радиочастотного диапазона;

рентгеновское излучение от газоразрядных трубок и других элементов, работающих при анодном напряжении более 5 кВ;

шум;
вибрация;
токсические газы и пары от лазерных систем с прокачкой, хладагентов и др.;

продукты взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемыми материалами;

повышенная температура поверхностей лазерного изделия;
опасность взрыва в системах накачки лазеров.

При эксплуатации лазерных изделий также возможны взрывы и пожары при попадании лазерного излучения на горючие материалы.

Действие лазерного излучения на человека

Лазерное излучение не встречается в естественных условиях, поэтому является для живого организма искусственным раздражителем, по отношению к которому нет эволюционно выработанных средств защиты.

Биологические эффекты воздействия лазерного излучения на организм определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты

следования импульсов, условий облучения (однократное, хроническое), площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Лазерное излучение с длиной волны λ от 380 до 1400 нм наибольшую опасность представляет для сетчатой оболочки глаза, а излучение с длиной волны от 180 до 380 нм и свыше 1400 нм – для передних сред глаза.

Степень тяжести и характер повреждения зависят от длины волны излучения, его энергии, длительности воздействия и других условий.

Воздействие ультрафиолетового или инфракрасного лазерного излучения может привести к повреждению роговицы.

Воздействие лазерного излучения видимого ($380 < \lambda \leq 780$ нм) или ближнего инфракрасного ($780 < \lambda \leq 1400$ нм) диапазонов спектра может вызвать повреждение сетчатки.

При повреждении роговицы появляется боль в глазах, спазм век, слезотечение, гиперемия слизистых век и глазного яблока, их отек, отек эпителия роговицы и эрозии. Тяжелые повреждения роговицы сопровождаются помутнением влаги передней камеры.

При повреждении сетчатки легкой степени на глазном дне наблюдается небольшой участок помутневшей сетчатки. В тяжелых случаях имеется участок некроза сетчатки, разрыв ее ткани, возможен выброс участка сетчатки в стекловидное тело. Эти повреждения сопровождаются кровоизлиянием в сетчатку, в пред- или подсетчаточное пространства или стекловидное тело.

При работе с лазерным излучением опасности подвергаются также открытые участки тела – кожные покровы. Следует учитывать, что энергия мощного лазерного излучения способна воздействовать на кожу и через некоторые текстильные материалы. Кроме того, существует возможность возгорания одежды при ее контакте с пучком лазерного излучения.

Степень тяжести повреждения кожи, а в некоторых случаях и всего организма зависит от энергии излучения, длительности воздействия, площади поражения, ее локализации, добавления вторичных источников воздействия (горение, тление). При контакте с лазерным излучением появляется ощущение тепла или боли. Интенсивность боли зависит от распространенности очага поражения кожных покровов. Повреждение кожи энергией лазерного излучения ультрафиолетового диапазона спектра (нетепловые уровни энергии) может происходить без возникновения каких-либо ощущений. Характер поражения кожи при воздейст-

вии лазерного излучения аналогичен термическим ожогам. В зависимости от уровня воздействовавшей энергии на поверхности кожи может появиться эритема, участок побледнения (коагуляционный некроз), сухие и влажные пузырьки (отслойка роговых чешуек и всего эпидермиса), зона обугливания верхних слоев кожи, воронкообразное углубление (при сфокусированном пучке). Ожоги кожи лазерным излучением, подобно термическим ожогам, могут быть разделены по глубине поражения на четыре степени:

- 1-я степень – эритема кожи;
- 2-я степень – появление пузырей;
- 3а степень – некроз поверхностных слоев кожи;
- 3б степень – некроз всей толщины кожи;
- 4-я степень – некроз тканей на различной глубине за пределами кожи.

В зависимости от потенциальной опасности лазерные изделия подразделяют на четыре класса:

- I класс – выходное излучение неопасно для глаз;
- II класс – опасно для глаз прямое или зеркальное отражение излучения;
- III класс – опасно для глаз прямое, зеркальное, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи – прямое или зеркально отраженное излучение;
- IV класс – опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Лазеры классифицирует предприятие-изготовитель по выходным характеристикам излучения расчетным методом. Для того чтобы определить класс лазера, необходимо сопоставить фактические энергетические параметры генерируемого излучения с нормируемыми предельно допустимыми значениями согласно санитарным правилам и нормам. Чем выше класс, тем большее число опасных и вредных факторов воздействует на обслуживающий персонал. При этом в качестве основного критерия принята опасность лазерного излучения.

В качестве примера приводим определение класса опасности лазера.

Задача 33

Установка для сварки стекла имеет следующие характеристики: длина волны излучения $\lambda = 10600$ нм; режим работы – непрерывный; мощность излучения $P = 30$ Вт; длительность одной технологической

операции $t = 15$ с. Максимальный уровень диффузно отраженного излучения на границе рабочей зоны $E_{\text{факт}} = 1,3 \cdot 10^3$ Вт/м².

Определить класс опасности лазерной установки.

Решение

1. В соответствии с Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров СанПиН 5804–91 лазер, встроенный в установку, относится ко II классу опасности, поскольку

$$P(t) = 30 \text{ Вт} < \pi \cdot 10^{-2} \cdot E_{\text{пду}} = 3,14 \cdot 10^{-2} \cdot 1,3 \cdot 10^3 = 40,8 \text{ Вт}.$$

2. Согласно СанПиН 5804–91 предельно допустимый уровень облученности для излучения с $\lambda = 10600$ нм при однократном воздействии на глаза и кожу в течение $t = 15$ с составит

$$E_{\text{пду}} = 5,0 \cdot 10^3 / \sqrt{t} \approx 5,0 \cdot 10^3 / 3,87 \approx 1292 \text{ Вт/м}^2.$$

Вывод: сравнение облученности на границе рабочей зоны $E_{\text{факт}}$ с предельно допустимым значением облученности $E_{\text{пду}}$ показывает, что диффузно отраженное излучение не представляет опасности для глаз и кожи.

Лазерная безопасность

Лазерная безопасность – это совокупность организационно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, обеспечивающих безопасные и безвредные условия труда персонала при использовании лазерных изделий.

В соответствии со СанПиН 5804–91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения устанавливаются для двух условий облучения – однократного и хронического для трех диапазонов длин волн:

I – $180 < \lambda \leq 380$ нм;

II – $380 < \lambda \leq 1400$ нм;

III – $1400 < \lambda \leq 10^5$ нм.

Нормируемыми параметрами лазерного излучения являются энергетическая экспозиция H , облученность E , энергия W и мощность P излучения. При оценке воздействия на глаза лазерного излучения во II диапазоне нормирование энергии и мощности лазерного излучения является первостепенным.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению лазерной безопасности включают:

- выбор, планировку и внутреннюю отделку помещений;
- рациональное размещение лазерных изделий и порядок их обслуживания;
- использование минимального уровня излучения;
- организацию рабочих мест;
- применение средств защиты и ограничение времени воздействия излучения;
- организацию надзора за режимом работ;
- обучение персонала.

Санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия по обеспечению лазерной безопасности включают контроль за уровнями опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах и контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров.

Персонал, связанный с обслуживанием и эксплуатацией лазеров, должен проходить предварительные и периодические медицинские осмотры. В случае очевидного или подозреваемого опасного облучения глаз работающих должно проводиться внеочередное медицинское обследование пострадавшего специально подготовленными специалистами. Медицинское обследование должно дополняться гигиенической оценкой обстоятельств, при которых произошло опасное облучение.

При эксплуатации лазерных изделий II–IV классов назначается инженерно-технический работник, прошедший специальное обучение, отвечающий за обеспечение безопасных условий работы. При изменении потребителями технических параметров лазерного изделия, влияющих на характер его работы или выполняемые им функции, лицо или организация, осуществляющие эти изменения, несут ответственность за проведение повторной классификации и изменение знаков и надписей на лазерном изделии.

Лазерные изделия III–IV классов до начала их эксплуатации должны быть приняты комиссией, назначенной администрацией учреждения, с обязательным включением в ее состав представителей Роспотребнадзора. Комиссия устанавливает выполнение требований СанПиН 5804–91, решает вопрос о вводе лазерных изделий в эксплуатацию. Решение комиссии оформляется актом.

Для ввода лазерного изделия III и IV классов в эксплуатацию комиссии должна быть представлена следующая документация:

паспорт на лазерное изделие;
инструкция по эксплуатации и технике безопасности;
утвержденный план размещения лазерных изделий;
санитарный паспорт.

Средства коллективной защиты от лазерного излучения согласно ГОСТ 12.1.040–83 включают:

оградительные устройства;
предохранительные устройства;
устройства автоматического контроля и сигнализации;
устройства дистанционного управления;
символы органов управления;
знаки безопасности.

Оградительные средства защиты от лазерного излучения подразделяют:

по способу применения – на стационарные и передвижные;
конструкции – откидные, раздвижные, съемные;
способу изготовления – на сплошные, со смотровыми стеклами, с отверстием переменного диаметра;
структурному признаку – на простые, составные (комбинированные);
виду применяемого материала – на неорганические, органические, комбинированные;
принципу ослабления – на поглощающие, отражающие, комбинированные;
степени ослабления – непрозрачные, частично прозрачные;
конструктивному исполнению – на заглушки, затворы, кожухи, козырьки, колпаки, крышки, камеры, кабины, перегородки, смотровые окна, ширмы, щитки, шторы, экраны, щиты и др.

Предохранительные средства защиты от лазерного излучения подразделяют по конструктивному исполнению:

на оптические устройства для визуального наблюдения и юстировки с вмонтированными светофильтрами;
юстировочные лазеры;
телеметрические и телевизионные системы наблюдения;
индикаторные устройства.

Лазер, независимо от класса, должен иметь защитный корпус (кожух). Защитный корпус (кожух) или его части, снимаемые при техническом обслуживании и открывающие доступ к лазерному излучению и высокому напряжению в цепях электропитания, должны иметь защитную блокировку. Срабатывание блокировки на работающем лазерном

изделии или не полностью разряженной батарее конденсатора должно сопровождаться четким визуальным или звуковым сигналом тревоги.

Пульт управления лазерных изделий III и IV классов должен оснащаться съемным ключом. Пульт (панель) управления лазерными изделиями, независимо от класса, должен размещаться так, чтобы при регулировке и работе не происходило облучения персонала лазерным излучением. Конструкция лазерных изделий III, IV классов должна обеспечивать возможность дистанционного управления.

Лазеры III и IV классов, генерирующие излучение в видимом диапазоне, и лазеры IV класса с генерацией в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах должны снабжаться световыми сигнальными устройствами, работающими с момента начала генерации и до ее окончания. Световой предупредительный сигнал должен быть хорошо виден через защитные очки.

Лазерные изделия III, IV классов должны иметь:

прерыватель пучка или аттенюатор для ограничения распространения излучения;

возможность снижения выходной мощности (энергии) излучения при их техническом обслуживании;

следующие нормативы свободного пространства:

с лицевой стороны пультов и панелей управления не менее 1,5 м при однорядном расположении лазерных изделий и не менее 2 м – при двурядном;

задней и боковой сторон лазерных изделий при наличии открывающихся дверей, съемных панелей и других устройств, к которым необходим доступ, – не менее 1,0 м.

Лазерные изделия III, IV классов, генерирующие излучение в невидимой части спектра, должны иметь встроенные лазеры I, II классов с видимым излучением для визуализации основного лазерного пучка. Двери помещений, в которых размещены лазерные изделия III, IV классов, должны быть заперты на внутренние замки с блокирующими устройствами, исключающими доступ в помещения во время работы лазеров. На двери должен быть знак лазерной опасности и автоматически включающееся световое табло «Опасно, работает лазер!». Зоны распространения лазерного излучения обозначают знаками лазерной опасности. Если лазерный пучок выходит за пределы контролируемой зоны, то в конце его полезной траектории должен быть ограничитель.

Лазеры и лазерные изделия любого класса должны иметь маркировку в соответствии со следующими требованиями:

1) лазерное изделие I класса должно иметь пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА I

2) лазерное изделие II класса должно иметь предупреждающий знак в соответствии с ГОСТ 12.4.026 и пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

НЕ СМОТРИТЕ В ПУЧОК

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА II

3) лазерное изделие III класса должно иметь предупреждающий знак и пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГЛАЗ

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА III

4) лазерное изделие IV класса должно иметь предупреждающий знак и пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ИЗБЕГАЙТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГЛАЗ И КОЖИ
ПРЯМЫМ И РАССЕЯННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА IV

5) лазерные изделия II–IV классов должны иметь у апертуры, через которую испускается излучение, пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНАЯ АПЕРТУРА

6) лазерные изделия, за исключением изделий I класса, должны иметь на пояснительном знаке информацию об изготовителе, максимальной выходной энергии (мощности) лазерного излучения и длине волны излучения;

7) панель защитного корпуса (кожуха), при снятии или смещении которой возможен доступ человека к лазерному излучению, должна иметь пояснительный знак с надписью:

ВНИМАНИЕ! ПРИ ОТКРЫВАНИИ – ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

8) лазерные изделия, генерирующие излучение вне диапазона 380–750 нм, должны иметь следующую надпись в пояснительном знаке:

НЕВИДИМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

СИЗ от лазерного излучения (табл. 4.92–4.94) включают в себя средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки, насадки), средства защиты рук, специальную одежду.

Защитные лицевые щитки применяют в тех случаях, когда лазерное излучение представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица. При настройке резонаторов газовых лазеров, работающих в видимой области спектра, для защиты глаз применяют защитные насадки.

Таблица 4.92

Защитные очки

Марка очков	Марка светофильтров	Диапазон защиты, нм	Оптическая плотность
ЗН22-72-СЗС22	СЗС22	630–680	3
		680–1200	6
		1200–1400	3
ЗНД4-72-СЗС22-СС23-1	СЗС22	630–680	3
		680–1200	6
		1200–1400	3
ЗН62-Л17	ОС23-1 Л17	400–530	6
		600–1100	4
ЗН62-ОЖ	ОЖ	530	2
		200–510	3

Таблица 4.93

Защитный лицевой щиток

Марка щитка	Марка светофильтра	Диапазон защиты, нм	Оптическая плотность
НФП2	Л17	10600	2
		10600	4
от слепящей яркости (для глаза) в диапазоне 400–1100			

Таблица 4.94

Защитные насадки для настройщиков резонаторов газовых лазеров

Марка насадки	Длина волны, нм (тип лазера)	Максимальная мощность, Вт
ЗН-0,441	441 (гелий-кадмиевый)	3–4
ЗН-0,488	488 (аргоновый)	3–4
ЗН-,51(0,58)	510 и 580 (на парах меди)	3–4
ЗН-0,633	633 (гелий-неоновый)	$5 \cdot 10^2$

Контроль уровней опасных и вредных факторов при работе с лазерными изделиями

Для оценки тех характеристик лазерного излучения, которые определяют его способность вызывать биологические эффекты, и для сопоставлении их с нормируемыми величинами проводят дозиметрический контроль лазерного излучения. Различают две формы дозиметрического контроля: предупредительный (оперативный) и индивидуальный.

Предупредительный дозиметрический контроль заключается в определении максимальных уровней энергетических параметров лазерного излучения в точках на границе рабочей зоны.

Индивидуальный дозиметрический контроль заключается в измерении уровней энергетических параметров излучения, воздействующего на глаза (кожу) конкретного работающего в течение рабочего дня.

Предупредительный дозиметрический контроль проводят в соответствии с регламентом, утвержденным администрацией предприятия, но не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также:

- при приемке в эксплуатацию новых лазерных изделий II–IV классов;
- внесении изменений в конструкцию действующих лазерных изделий;
- изменении конструкции средств коллективной защиты;
- проведении экспериментальных и наладочных работ;
- аттестации рабочих мест;
- организации новых рабочих мест.

Индивидуальный дозиметрический контроль проводится при работе на открытых лазерных установках (экспериментальные стенды), а также в тех случаях, когда не исключено случайное воздействие лазерного излучения на глаза и кожу.

При дозиметрическом контроле лазерного излучения с известными параметрами измеряют облученность и энергетическую экспозицию.

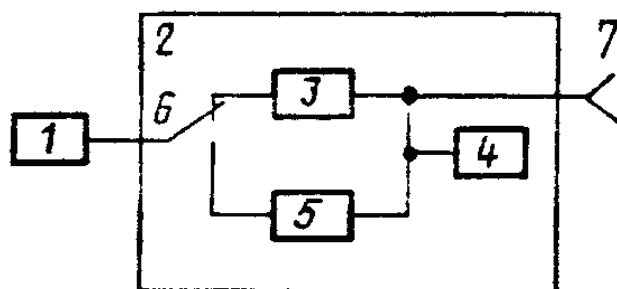


Рис. 4.89. Структурная схема дозиметров I группы: 1 – приемное устройство; 2 – блок преобразования и регистрации; 3 – канал измерения средней облученности непрерывного излучения; 4 – отсчетное устройство; 5 – канал измерения энергетической экспозиции импульсного и импульсно-модулированного излучения; 6 – переключатель режима измерения; 7 – выход на внешний регистрирующий прибор

При дозиметрическом контроле лазерного излучения с неизвестными параметрами измеряют: облученность; энергетическую экспозицию; длину волны излучения; длительность импульсов излучения; длительность воздействия лазерного излучения; частоту повторения импульсов излучения; угловой размер источника излучения по отношению к заданной точке контроля.

При проведении контроля используют дозиметры лазерного излучения, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 24469.

В зависимости от числа измеряемых параметров лазерного излучения дозиметры подразделяют на две группы:

I – дозиметры (рис. 4.89), в которых приемное устройство 1 содержит оптический блок и приемник излучения, с выхода которого на блок преобразования и регистрации 2 подается постоянное или импульсное электрическое напряжение. Блок преобразования и регистрации 2 содержит два измерительных канала: канал измерения средней облученности непрерывного излучения 3 и канал измерения энергетической экспозиции 5. К выходу измерительных каналов подключено отсчетное устройство 4;

II – дозиметры (рис. 4.90), в которых приемное устройство 1 дозиметров содержит оптический блок и приемник излучения, с выхода которого на блок преобразования и регистрации 3 подается постоянное или импульсное электрическое напряжение. Блок преобразования и регистрации содержит пять измерительных каналов для измерения:

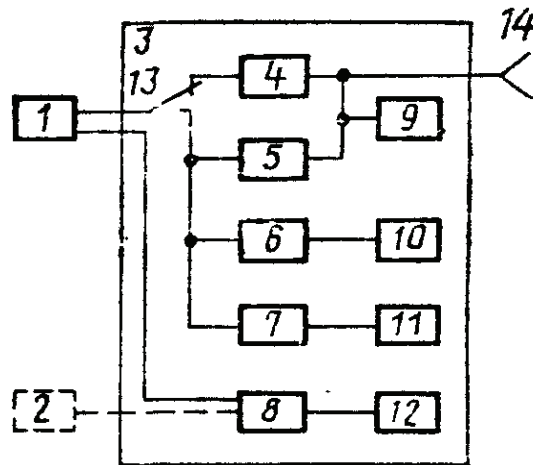


Рис. 4.90. Структурная схема дозиметров II группы: 1 – приемное устройство; 2 – отдельное приемное устройство канала измерения длины волны излучения; 3 – блок преобразования и регистрации; 4 – канал измерения средней облученности непрерывного излучения; 5 – канал измерения энергетической экспозиции импульсного и импульсно-модулированного излучения; 6 – канал измерения длительности импульсов излучения и длительности воздействия излучения; 7 – канал измерения частоты повторения импульсов излучения; 8 – канал измерения длины волны излучения; 9–12 – отсчетные устройства; 13 – переключатель режимов измерения; 14 – выход на внешний регистрирующий прибор

средней облученности непрерывного излучения 4;

канал измерения энергетической экспозиции 5;

канал измерения длины волны излучения, длительности импульсов излучения, длительности воздействия лазерного излучения, частоты повторения импульсов излучения 6.

К выходу измерительных каналов дозиметров II группы подключены соответствующие отсчетные устройства 9–12.

Для проведения дозиметрического контроля руководством предприятия назначается специальное лицо из числа инженерно-технических работников. Одновременно должна быть разработана должностная инструкция, определяющая его права и обязанности. Лицо, назначенное для проведения дозиметрического контроля, должно пройти специальное обучение.

Контроль уровней других опасных и вредных производственных факторов, сопутствующих работе лазерных изделий, производят в соответствии с действующими нормативно-методическими документами.

Первая помощь при поражении лазерным излучением

Первая помощь при повреждении роговой оболочки заключается в наложении стерильной повязки на пострадавший глаз и направлении пострадавшего в глазной стационар.

В случае повреждении сетчатки своевременно оказанная первая помощь направлена на создание благоприятных условий формирования хориоретинального рубца за счет уменьшения вторичных явлений, сопутствующих повреждению, и в первую очередь на ослабление отека тканей.

Первая помощь при повреждении сетчатки заключается в следующем:

во внутривенном введении раствора глюкозы 40 %-й – 20 мл с добавлением раствора супрастина 0,1 % – 1 мл,

внутривенном введении хлористого натрия 10 %-й – 10 мл, внутрь димедрола – 0,1 г.

После оказания первой помощи пострадавшего направляют в глазной стационар.

Характер терапевтических мероприятий при ожоге кожи лазерным излучением определяется не только глубиной, но и распространенностью повреждения кожи. Оказание первой помощи направлено на предотвращение загрязнения и травматизации ожоговой поверхности.

К мероприятиям по оказанию первой помощи при ожогах кожи лазерным излучением относят следующие:

в случае возгорания одежды быстро потушить пламя и удалить тлеющий текстильный материал;

немедленно охладить участок поражения кожи (вода, лед) на несколько минут, что позволит снизить на одну степень глубину ожога;

наложить сухую стерильную повязку;

при глубоких и обширных ожогах кожи ввести обезболивающие средства (промедол 2 %-й – 1 мл);

направить пострадавшего к хирургу в ближайшее медучреждение.

Ионизирующие излучения и их источники

Ионизирующие излучения – это излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию зарядов разных знаков. Источники ионизирующих излучений (ИИ) бывают естественные (космические лучи, естественно распределенные на Земле радиоактивные вещества, радиоактивные воды и др.) и техногенные (ядерные реакторы,

ядерные материалы и др.). Для контроля и автоматизации производственных процессов применяют уровнемеры, плотномеры, толщиномеры, рентгено- и гамма-дефектоскопы, ускорители и др. Техногенные источники излучения классифицируют на закрытые и открытые.

Закрытыми ИИ называются источники ионизирующих излучений, устройство которых исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан, при соблюдении установленных и контролируемых условий.

Открытыми ИИ называются источники излучений, при использовании которых возможно поступление содержащихся в них радионуклидов в окружающую среду.

Для того чтобы лучше понять опасность ионизирующих излучений, рассмотрим такое понятие, как радиоактивность.

В конце XIX и начале XX вв. были сделаны следующие выдающиеся открытия:

в 1899 г. Эрнест Резерфорд открыл альфа- и бета лучи, испускаемые при распаде радиоактивных веществ и установил их природу;

в 1895 г. Вильгельм Конрад Рентген открыл новый вид излучения, названный рентгеновскими лучами;

в 1896 г. Антуан Беккерель обнаружил следы каких-то излучений, оставленных минералом, содержащим уран, на фотографических пластинках;

в 1898 г. Мария Кюри и Пьер Кюри установили, что после излучений уран самопроизвольно превращается в другие элементы. Этот процесс превращения одних элементов в другие, сопровождающийся ионизирующими излучениями, Мария Кюри назвала *радиоактивностью*. Так была открыта естественная радиоактивность, которой обладают элементы с нестабильными ядрами;

в 1930 г. было обнаружено, что при бомбардировке ядер бериллия, лития и бора наряду с протонами образуется новый вид излучения. Так было сделано открытие нейтрона;

в 1934 г. Ирэн и Фредерик Жолио-Кюри показали, что, воздействуя нейтронами на ядра стабильных элементов, можно получить изотопы с искусственной радиоактивностью.

Открытие радиоактивности показало, что в устройстве атомов всех элементов есть общее свойство – способность рассеивать энергию за счет ионизации атомов. В этом случае под ионизацией понимают событие, в результате которого из материнского атома выбивается электрон,

давая в результате два иона, один из которых – отрицательно заряженный электрон, а другой – остаточный положительно заряженный атом. Ионы существуют в свободном состоянии лишь доли секунды, до того как вступить в реакцию с другими ионами противоположного заряда.

Излучение, энергия которого достаточна для ионизации среды, называют *ионизирующим*. Ионизирующие излучения состоят из заряженных, незаряженных частиц, а также из электромагнитного излучения. Энергию частиц, ионизирующих излучений (E), измеряют во внесистемных единицах – электрон-вольтах (эВ). Качество излучения определяется величиной *линейной передачи энергии* (ЛПЭ), т. е. количеством энергии за единицу пути, передаваемой ионизирующей частицей окружающей среде.

К ионизирующим излучениям относятся:

рентгеновское и γ -излучение; они различны только по происхождению: рентгеновское – возникает при работе определенных электрических устройств (например, рентгеновской трубки); а γ -излучение – при ядерных реакциях;

α -излучение – это поток частиц, являющихся ядрами атома гелия; состоит из двух протонов и двух нейтронов;

β -излучение – это поток электронов, имеющих отрицательный заряд;

нейтронное излучение – нейтральные элементарные частицы. Поскольку нейтроны не имеют электрического заряда, то при прохождении через вещество они взаимодействуют только с ядрами атомов.

Степень радиоактивности элемента характеризуется временем, за которое любое количество этого элемента уменьшается в два раза (превращаясь при этом в другой элемент); продолжительность этого процесса называют *периодом полураспада*. Элементы с малым (коротким) периодом полураспада, равным долям секунды, дням, называются короткоживущими, и они испускают много излучения в единицу времени. Элементы с периодом полураспада, равным месяцам, десятилетиям, миллионам, миллиардам лет, называют долгоживущими. Например, йод-131 имеет период полураспада, равный 8 сут, а радий-226 – 1600 лет, тогда 1 г йода-131 будет испускать в 1 с излучений в $(1600 \cdot 365/8) = 73000$ раз больше, чем радий-226.

Единицей измерения радиоактивности является одно ядерное превращение в секунду. В системе единиц СИ она получила название беккерель (Бк), внесистемная единица радиоактивности – кюри (Ки), $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Под *удельной радиоактивностью* понимают радиоактивность, отнесенную к единице массы или объема, например, Ки/г, Ки/л и т. д.

Излучения характеризуются по их ионизирующей и проникающей способности. Ионизирующая способность излучения определяется *удельной ионизацией*, т. е. числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объема массы среды или на единице длины пути. Излучения различных видов обладают различной ионизирующей способностью. *Проникающая способность излучений* определяется величиной пробега (это путь, пройденный частицей в веществе до ее полной остановки, обусловленной тем или иным видом взаимодействия):

α -частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью и наименьшей проникающей способностью. Их удельная ионизация изменяется от 25 до 60 тыс. пар ионов на 1 см пути в воздухе. Длина пробега этих частиц в воздухе составляет несколько сантиметров, а в мягкой биологической ткани – несколько десятков микрон. Они не могут проникнуть ни через одежду человека, ни через кожный эпителий, поэтому если источник излучения этих частиц расположен вне организма (внешнее облучение), то он не представляет опасности для здоровья. При попадании же этого источника внутрь организма с пищей и/или водой (внутреннее облучение) α -частицы становятся наиболее опасными для человека;

β -излучение имеет существенно меньшую ионизирующую способность и большую проникающую способность. Средняя величина удельной ионизации в воздухе составляет около 100 пар ионов на 1 см пути, а максимальный пробег достигает нескольких метров при больших энергиях. β -излучение задерживается одеждой, кожным эпителием, вызывая пигментацию, ожоги и язвы на теле. Как и α -частицы, β -излучение наиболее опасно при внутреннем облучении;

рентгеновское и γ -излучения обладают большой проникающей способностью и легко проходят через тело человека, что представляет опасность для здоровья;

нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью, зависящей от плотности облучаемого вещества и энергии нейтронов. Оно опасно как при внешнем, так и при внутреннем облучении.

Действие ионизирующих излучений на человека

Проходя через биологический объект ионизирующие излучения вступают с ним в реакцию, рассеивая значительную часть своей энергии. Хаотическая ионизация и возбуждение при рассеивании энергии

происходят во всех типах молекул облучаемого объекта. В результате воздействия ионизирующих излучений происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений, что в свою очередь приводит к гибели клеток.

Еще более существенную роль в формировании биологических последствий играют продукты радиолиза воды, которая составляет 60–70 % массы биологической ткани. Под действием ионизирующих излучений на воду образуются свободные радикалы Н и ОН, а в присутствии кислорода также свободный радикал гидропероксида (HO_2) и пероксида водорода (H_2O_2), являющиеся сильными окислителями. Продукты радиолиза вступают в химические реакции с молекулами белка, ферментами и другими структурными элементами биологической ткани. В результате этого нарушаются обменные процессы, подавляется активность ферментных систем, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные здоровому организму, – токсины.

Интенсивность химических реакций, индуцированных свободными радикалами, повышается, и в них вовлекаются многие сотни и тысячи молекул, не затронутых облучением. В этом состоит специфика действия ионизирующих излучений на биологические объекты, т. е. производимый излучением эффект обусловлен не столько количеством поглощенной энергии в облучаемом объекте, сколько той формой, в которой эта энергия передается. Никакой другой вид энергии (тепловой, электрической и др.), поглощенной биологическим объектом в том же количестве, не приводит к таким изменениям, какие вызывает ионизирующее излучение.

При работе с источниками ионизирующих излучений работник подвергается воздействию производственных факторов, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем или отдаленном периоде на состояние здоровья работника и его потомство.

Ионизирующие излучения при воздействии на организм могут вызывать два вида неблагоприятных эффектов, которые клинической медициной относят к болезням: детерминированные (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

В отношении детерминированных эффектов излучения предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

Вероятность возникновения стохастических беспороговых эффектов пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления не зависит от дозы. Латентный период возникновения этих эффектов у облученного человека составляет от 2–5 до 30–50 лет и более.

Наблюдения и эксперименты выявили общую закономерность воздействия ионизирующих излучений: степень воздействия увеличивается пропорционально увеличению энергии, поглощенной объектом.

Количественной мерой этого воздействия служит *поглощенная доза* D_n – средняя энергия, переданная излучением единице массы вещества. Единица поглощенной дозы – грэй (Гр), названа в честь английского физика Л. Грэя, $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. На практике применяют также внесистемную единицу – 1 рад = $1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}$.

Поглощенная доза излучения зависит от вида излучения (например, нейтронное излучение в 10 раз вреднее гамма-излучения) и поглощающей среды. Для заряженных частиц (α , β , протонов) небольших энергий, быстрых нейтронов и некоторых других излучений, когда основными процессами их взаимодействия с веществом являются непосредственная ионизация и возбуждение, поглощенная доза служит однозначной характеристикой ионизирующего излучения по его воздействию на среду. Это связано с тем, что между параметрами, характеризующими данные виды излучения (поток, плотность потока и др.), и поглощенной дозой, можно установить адекватные прямые зависимости.

Для рентгеновского и γ -излучений таких зависимостей не наблюдается, так как эти виды излучений косвенно ионизирующие. Следовательно, поглощенная доза не может служить характеристикой этих излучений по их воздействию на среду. До последнего времени в качестве характеристики рентгеновского и γ -излучений по эффекту ионизации используют так называемую *экспозиционную дозу*. За единицу экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Это такая доза рентгеновского или гамма-излучения, при воздействии которой на 1 кг сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях образуются ионы, несущие 1 Кл электричества каждого знака. На практике до сих пор широко используется внесистемная единица экспозиционной дозы рентген (Р): 1 Р – экспозиционная доза рентгеновского и γ -излучений, при которой в 0,001293 г (1 см^3 воздуха при нормальных условиях) образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака или $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Исследования биологических эффектов, вызываемых ионизирующими излучениями, показали, что разница между эффектами при одной и той же поглощенной дозе обусловлена не только количеством поглощенной энергии, но и видами излучения. Принято сравнивать биологические эффекты, вызываемые любыми ионизирующими излучениями, с эффектами от рентгеновского и γ -излучения, т. е. для учета этого введено понятие *эквивалентной дозы*:

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{п}} \cdot Q,$$

где $D_{\text{п}}$ – поглощенная доза; Q – коэффициент, учитывающий разные виды излучений. Ниже приведены значения Q :

фотоны	1
электроны	1
нейтроны с различной энергией	5–20
альфа-частицы, осколки деления	
тяжелые ядра	20

В качестве единицы измерения эквивалентной дозы принят зиверт (Зв), названной в честь шведского ученого Р. Зиверта. Применяют также специальную единицу эквивалентной дозы – бэр (биологический эквивалент рада); 1 бэр = 0,01 Зв.

Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, отнесенные к единице времени, носят название мощности соответствующих доз.

Опасность ИИ в значительной степени зависит от того, какой орган, ткань человека подвергается облучению (рис. 4.91).

Поскольку разные органы и ткани обладают различной радиочувствительностью и роль их в поддержании нормальной жизнедеятельности организма неодинакова, дозы облучения органов и тканей определяют с учетом множителей – *взвешивающих коэффициентов* (табл. 4.95).

Умножив эквивалентные дозы на соответствующие взвешивающие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям, получим эффективную эквивалентную дозу, отражающую суммарный эффект облучения для организма. Эту дозу также измеряют в Зв.

Описанные три дозы относятся к отдельному человеку, т. е. являются индивидуальными. Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы придем к *коллективной эффективной эквивалентной дозе*, которую измеряют в человеко-зивертах (чел.-Зв).

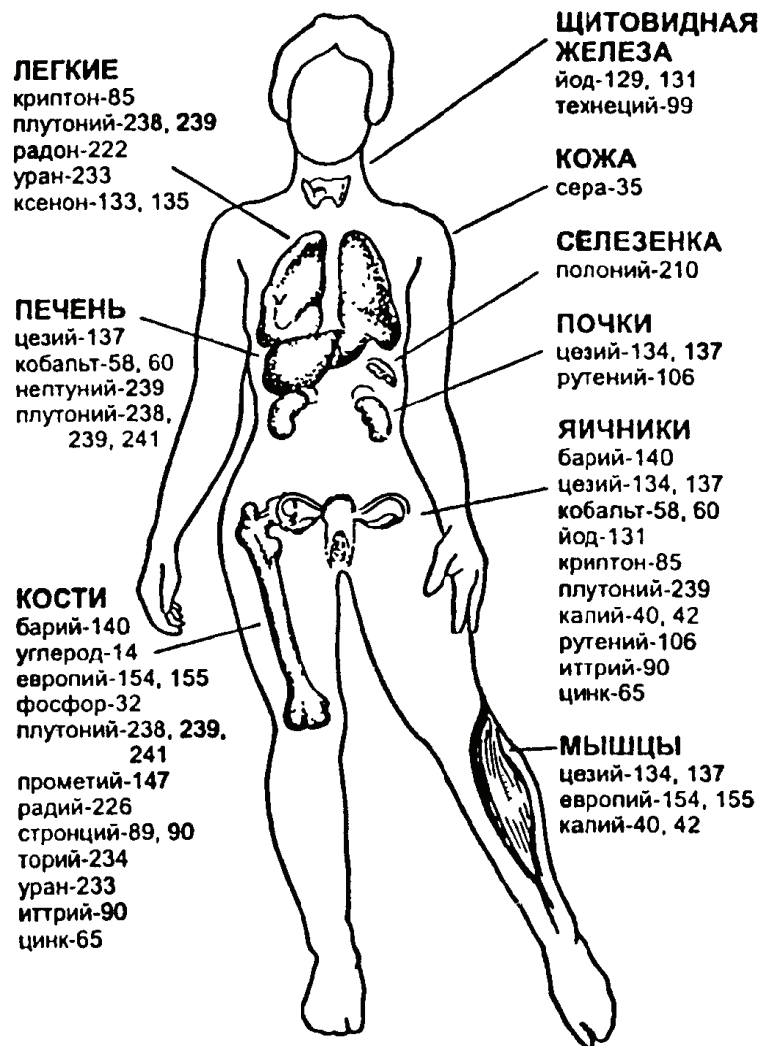


Рис. 4.91. Места накопления радионуклидов в организме человека

Таблица 4.95

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной эквивалентной дозы

Ткань, орган	Взвешивающий коэффициент
Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05

Ткань, орган	Взвешивающий коэффициент
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся в отдаленном будущем, поэтому коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают поколения людей от какого-либо источника излучения за все время его существования, называют *ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой*.

Радиационная безопасность

Радиационная безопасность представляет собой деятельность, связанную с осуществлением комплекса технических, организационных и лечебно-профилактических мероприятий от воздействия источников ионизирующих излучений на человека и окружающую среду. Вопросы радиационной безопасности регламентируют:

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения»;

Федеральный закон «Об использовании атомной энергии»;

Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009);

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ–99/2010): СП 2.6.1.2612–10;

Руководство Р 2.2/2.6.1.1195–03 «Гигиенические критерии оценки условий труда и классификации рабочих мест при работах с источниками ионизирующих излучений»;

СП 2.6.1.1283–03 «Обеспечение радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии»;

СП 2.6.1.1284–03 «Обеспечение радиационной безопасности при радионуклидной дефектоскопии»;

РД 07-10–2001 «Методические указания по осуществлению надзора за обеспечением радиационной безопасности при эксплуатации приборов неразрушающего контроля, содержащих радиоактивные вещества (гамма-дефектоскопов)»;

Правила безопасности при транспортировании радиоактивных веществ (ПБТРВ–73) и др.

Выбор тех или иных защитных мероприятий зависит от группы облучаемых лиц, конкретных условий труда с источниками ионизирующих излучений и технологии выполняемой работы.

Установлены три группы облучаемых лиц:

А – персонал (лица, работающие с источниками ИИ);

Б – персонал (лица, которые непосредственно не работают с источниками ИИ, но по условиям размещения рабочих мест или условиям проживания могут подвергаться воздействию источников);

В – население области, края, республики, страны.

В соответствии с Руководством Р 2.2/2.6.1.1195–03 для характеристики условий труда с источниками ИИ используются значения максимальной потенциальной эффективной и/или эквивалентной дозы. Основные характеристики условий труда с источниками излучения в зависимости от классов (допустимый, вредный, опасный) и степеней вредности представлены в табл. 4.96.

Таблица 4.96

Значения потенциальной максимальной дозы при работе с источниками излучения в стандартных условиях, мЗв/год

Потенциальная максимальная годовая доза	Класс условий труда					
	допустимый – 2	вредный – 3				опасный – 4*
		3,1	3,2	3,3	3,4*	
Эффективная	≤ 5	> 5–10	> 10–20	> 20–50	> 50–100	> 100
Эквивалентная в хрусталике глаза	≤ 37,5	> 37,5–75	> 75–150	> 150–187,5	> 187,5–300	> 300
Эквивалентная в коже, кистях и стопах	≤ 125	> 125–250	> 250–500	> 500–750	> 750–1000	> 1000

*Работа с источниками излучения в условиях, когда максимальные потенциальные индивидуальные эффективные и (или) эквивалентные дозы при облучении в течение года в стандартных условиях (п. 8.2 НРБ–99/2009) могут превысить основные пределы доз, допускается только при проведении необходимых дополнительных защитных мероприятий (защита временем, расстоянием, экранированием, применением СИЗ и т. п.), гарантирующих непревышение установленных дозовых пределов, или при планируемом повышенном облучении.

К допустимым (2-й класс) относятся условия труда при обращении с техногенными и природными источниками излучения на производстве, при которых максимальная потенциальная эффективная доза не превысит 5 мЗв/год, а максимальная эквивалентная доза в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах не превысит 37,5, 125 и 125 мЗв/год соответственно.

При этом гарантируется отсутствие детерминированных эффектов, а риск стохастических эффектов не превышает средних значений для условий труда на производствах, не относящихся к вредным или опасным.

Основанием для отнесения условий труда при обращении с источниками излучения к допустимым при непревышении величины максимальной потенциальной эффективной дозы 5 мЗв/год, является следующее:

данная величина численно соответствует допустимой среднегодовой дозе техногенного облучения персонала группы Б, т. е. допускается облучение работоспособной части взрослого населения, не проходящего специального входного медицинского обследования, дозой 5 мЗв/год;

данная величина численно соответствует нормируемой НРБ–99 дозе облучения от природных источников в производственных условиях, т. е. в данных условиях допускается облучение работоспособной части взрослого населения дозой 5 мЗв/год;

данная величина численно соответствует пределу годовой дозы для населения, т. е. в отдельно взятый год допускается облучение населения (включая детей) дозой 5 мЗв/год.

Условия труда с источниками ионизирующего излучения (независимо от их происхождения), при которых максимальная потенциальная эффективная доза может превысить 5 мЗв/год, а максимальная эквивалентная доза в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах – 37,5, 125 и 125 мЗв/год соответственно, относятся к вредным (3-й класс).

К опасным (экстремальным) условиям труда (4-й класс) относятся условия труда при работе с источниками, при которых максимальная потенциальная эффективная доза может превысить 100 мЗв/год.

Защитные мероприятия, обеспечивающие радиационную безопасность, основаны на знании законов распределения ионизирующих излучений (ИИ) и характера их взаимодействия с веществом. Главные из них следующие:

доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности излучения (мощности дозы) и времени его воздействия;

интенсивность излучения от точечного источника (для точечного источника его размеры в 10 раз менее расстояния до точки измерения)

пропорциональна количеству квантов или частиц, испускаемых им в единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до точки излучения;

при экранировании источника ИИ интенсивность излучения убывает по экспоненциальному закону в зависимости от толщины экранов и удельной массы материалов, из которых изготовлены экраны;

распространение радиоактивных аэрозолей в воздушной среде и их оседание на местностях и на поверхности зданий, сооружений и технических средств, создающее радиоактивное загрязнение, зависит от состояния атмосферы, погодных и климатических условий.

Из этих закономерностей вытекают основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

защита временем;

защита расстоянием;

защита экранированием;

защита ограничением поступления радионуклидов в организм человека.

Защита временем основана на сокращении времени работы t с источниками ИИ в течение рабочей недели, что позволяет уменьшить дозы облучения персонала:

$$t = 120 \cdot r^2 / m, \text{ ч,}$$

где r – расстояние от ИИ до работника, м; m – активность источника, мг · экв радия.

Этот принцип особенно часто применяют при работе персонала с малыми активностями.

Задача 34

В лаборатории неразрушающего контроля производят работы с источниками ИИ активностью $m = 120$ мг · экв радия на расстоянии $r = 5$ м от него.

Рассчитать допустимое время пребывания дефектоскописта в течение рабочей недели.

Решение

Допустимое время пребывания дефектоскописта в течение рабочей недели составляет

$$t = 120 \cdot 0,5^2 / 120 = 0,25 \text{ ч.}$$

Защита расстоянием – это простой и достаточно надежный способ защиты, связанный со способностью излучения терять свою энергию при взаимодействии с веществом: чем больше расстояние от источника ИИ, тем больше процессов взаимодействия излучения с атомами и молекулами, что в конечном счете приводит к уменьшению дозы облучения персонала:

$$r = [(mt/120)^{1/2}], \text{ м.}$$

Задача 35

Дефектоскопист в течение 36 ч в неделю работает с радиом активностью $m = 10$.

Рассчитать допустимое расстояние, на котором можно работать 36 ч в рабочую неделю.

Решение

Допустимое расстояние, на котором можно работать 36 ч в рабочую неделю, составляет

$$r = [(10 \cdot 36/120)^{1/2}] \approx 1,73 \text{ м.}$$

Экранирование источников ИИ – размещение источника ИИ в ампулах, контейнерах и других герметизирующих устройствах является наиболее эффективным способом защиты. Кратность ослабления K интенсивности излучений определяют по формуле

$$K = P_0/P_X,$$

где P_0 – мощность дозы на рабочем месте, мкР/с; P_X – предельно допустимая мощность дозы на рабочем месте, мкР/с.

Толщину экрана определяют по необходимой кратности ослабления излучений, пользуясь номограммами или данными, полученными на основании экспериментальных исследований. Так, лучшими для защиты по кратности ослабления при наименьшей толщине экрана являются свинец и сталь, однако из-за их высокой стоимости применяют экраны из просвинцованного стекла, бетона, железобетона, кирпича, алюминия, чугуна, воздуха и воды. В этом случае, естественно, эквивалентная толщина экранов многократно превзойдет ту, которая могла бы обеспечить нужную кратность ослабления с помощью свинца и стали. Пересчет защиты при одной и той же кратности ослабления производят по следующей формуле:

$$d_{\text{и}} \cdot \rho_{\text{и}} = d_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{н}},$$

где $d_{и}$, $\rho_{и}$ – соответственно толщина и плотность имеющегося защитного материала; $d_{н}$, $\rho_{н}$ – соответственно толщина и плотность необходимого защитного материала (плотность некоторых материалов такова: алюминия – 2,7; бетона – 2,1–2,7; воды – 1; воздуха – 0,00129; железа – 7,89; кирпича – 1,4–1,9; свинца – 11,34; чугуна – 7,2 г/см³).

Задача 36

Толщина защиты из бетона с плотностью $\rho_{и} = 2,3$ г/см³ составляет $d_{и} = 100$ мм.

Рассчитать толщину защиты из бетона с плотностью $\rho_{н} = 2,5$ г/см³.

Решение

Необходимая толщина экрана

$$d_{н} = 2,3 \cdot 10 / 2,5 = 9,2 \text{ см} = 92 \text{ мм.}$$

При устройстве эффективных экранов исходят из соображений технологии производства и возможных экономических затрат (стоимости экранов из тех или иных материалов). Экраны используют для оборудования, строительных конструкций с целью защиты помещений, в которых находится персонал, рабочего места, прилегающей территории (например, при транспортировании источников ИИ, проведении дефектоскопических работ на открытых производственных площадках и др.).

Защитные экраны являются одной из составляющих СИЗ (например смотровое стекло изолирующего костюма).

Защиту ограничением поступления радионуклидов в организм человека обеспечивают с помощью средств коллективной защиты, которые в зависимости от их назначения подразделяют:

- на средства защиты от внешнего облучения;
- средства защиты от внутреннего облучения;
- средства защиты от комбинированного (внешнего и внутреннего) облучения;
- средства защиты общего применения.

Средства защиты от внешнего облучения закрытыми источниками ИИ по конструктивному исполнению подразделяют на оградительные и предупредительные устройства.

Оградительные устройства по способу защиты подразделяют на сухие (стационарные и передвижные), жидкостные и смешанные.

Предупредительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на дисциплинирующие и ограничительные барьеры. Наи-

более распространенным средством защиты из предупредительных устройств являются экраны.

Средства защиты от внутреннего облучения открытыми источниками ионизирующих излучений в зависимости от способа защиты подразделяют:

на герметизирующие устройства (защитные камеры, защитные боксы, защитные сейфы, капсулы);

защитные покрытия (лакокрасочные, полимерные, металлические, керамические, стеклянные);

устройства очистки воздуха и жидкостей (вентиляционные, фильтрующие, конденсационные, фиксирующие);

средства дезактивации (дезактивирующие растворы, дезактивирующие сухие материалы).

Средства защиты от комбинированного облучения включают сочетание устройств, перечисленных выше.

Средства защиты общего применения подразделяют:

на устройства автоматического контроля и сигнализации (устройства блокировок, устройства сигнализации);

устройства дистанционного управления;

средства защиты при транспортировании и временном хранении радиоактивных веществ (контейнеры, упаковочные комплекты);

знаки безопасности (знак радиационной опасности, предупредительные надписи: мощность дозы излучений, уровни радиоактивного загрязнения) должны быть видны на расстоянии не менее 3 м;

емкости радиоактивных отходов.

К СИЗ при работе с источниками ИИ относят:

спецодежду основную (комбинезоны, костюмы, халаты, берет или шлем) и дополнительную (пленочные фартуки, нарукавники, полухалаты, полукомбинезоны и т. п.);

СИЗ органов дыхания (респираторы, противогазы, пневмомаски, пневмошлемы, пневмокуртки и др.);

изолирующие костюмы (пневмокостюмы, костюмы из прорезиненной ткани и т. п.);

спецобувь основную (обувь специального назначения с верхом из лавсановой или пропиленовой ткани или обувь кожаная) и дополнительную (резиновые сапоги, пластикатовые чулки, следы, бахилы и др.);

средства защиты рук (резиновые, пленочные и хлопчатобумажные перчатки, рукавицы);

средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки и др.);

средства защиты органов слуха (противошумные вкладыши, наушники и др.);

специальные средства защиты (например, средства защиты сварщика, работающего в условиях радиоактивного загрязнения);

аварийные комплекты и др.

Выбор СИЗ основывается на результатах обследований условий труда персонала, включающих определение уровней радиоактивного загрязнения, а также изучение параметров микроклимата, характера и тяжести работы на всех основных производственных участках, особенно при выполнении работ в аварийных ситуациях.

Выбор и создание аварийных комплектов СИЗ основывается на прогнозировании радиационной обстановки и микроклимата в условиях вероятных аварийных ситуаций и необходимости проведения работ по ликвидации аварии.

Загрязненную спецодежду и дополнительные СИЗ, а также спецобувь систематически подвергают дезактивации, а нательное белье, носки и полотенца – стирке с обеспечением необходимой дезинфекции. Спецодежду, загрязненную радиоактивными веществами в пределах допустимых уровней направляют на дезактивацию один раз в неделю. Спецодежду, уровни загрязнения которой превышают допустимые уровни, сразу после использования направляют на дезактивацию. Нательное белье направляют в стирку одновременно со спецодеждой, носки и полотенца – после каждого использования. В случае загрязнения радиоактивными веществами личная одежда и обувь подлежит дезактивации под контролем службы радиационной безопасности, а в случае невозможности дезактивации – захоронению как радиоактивные отходы.

Радиационный контроль

Радиационный контроль – это получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала и населения при всех условиях жизнедеятельности человека, а также сведений о всех регламентируемых величинах, характеризующих радиационную обстановку.

Объектами радиационного контроля являются персонал, население и среда обитания человека.

Контроль за радиационной безопасностью в организации, где планируется обращение с источниками ИИ, разрабатывают на стадии проектирования. В разделе «Радиационный контроль» определяют виды

и объем контроля, перечень необходимых приборов, вспомогательного оборудования, размещение стационарных приборов и точек постоянного и периодического контроля, состав необходимых помещений, а также штат работников, осуществляющих контроль. Контроль за радиационной безопасностью, определенный проектом, уточняют в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории и согласовывают с органами Роспотребнадзора.

В организации, в зависимости от объема и характера работ, производственный контроль за радиационной безопасностью осуществляет служба радиационной безопасности или лицо, ответственное за радиационную безопасность, прошедшее специальную подготовку.

При проведении работы с закрытыми источниками ИИ осуществляют дозиметрический, а при работе с открытыми источниками – дозиметрический и радиометрический контроль.

Дозиметрический контроль включает определение индивидуальных и групповых доз внешнего и внутреннего облучения. Контроль индивидуальных доз внешнего облучения проводят с использованием индивидуальных термолюминесцентных дозиметров-накопителей типа ДПГ-03 из комплекта дозиметров термолюминесцентных КДТ-02М с диапазоном измерений 0.005–1000 Р или им подобных. В качестве примера на рис. 4.92 приведен дозиметр ДКП-50-А, основной частью которого является малогабаритная ионизационная камера, к которой подключен конденсатор с электроскопом.

Дюралюминиевый цилиндрический корпус является внешним электродом системы «ионизационная камера – конденсатор». Внутренний электрод состоит из алюминиевой проволоки, к которой на У-образном изгибе прикреплена платинированная визирная нить с 90-кратным увеличением. Отсчетный микроскоп состоит из окуляра, объектива и шкалы, которая имеет 25 делений, цена одного деления соответствует 2 Р.

Дозиметры носят постоянно и повсюду в области груди или бедер тела, закрепляя под верхней одеждой. По истечении квартального срока дозиметры собирают путем замены и передают на пункт дозиметрического контроля для измерения доз облучения. После считывания дозы облучения дозиметры, в соответствии с инструкцией по эксплуатации, приводят в исходное состояние и выдают персоналу на следующий квартал. Для исключения систематической погрешности измерения конкретный экземпляр дозиметра дважды одному и тому же работнику выдавать запрещается.

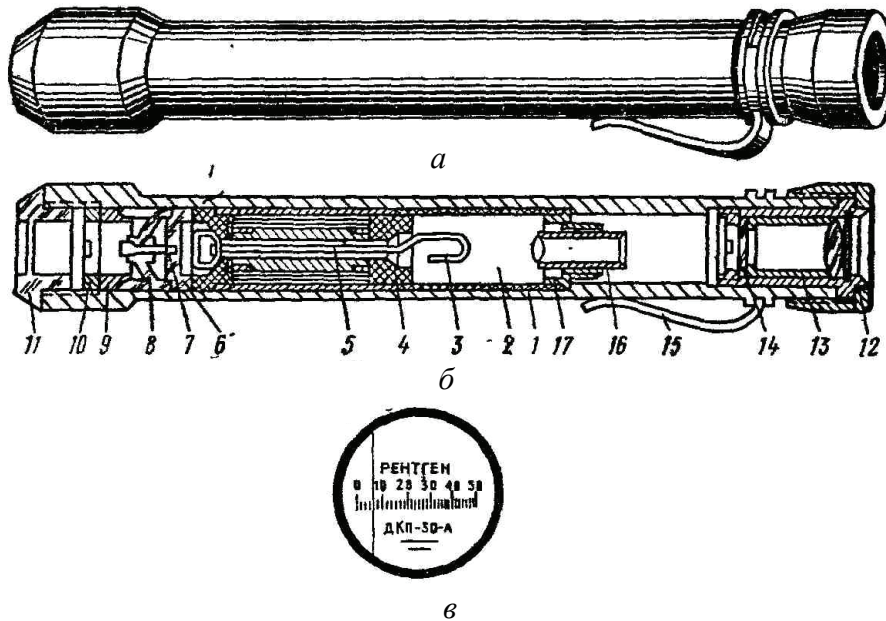


Рис. 4.92. Дозиметр ДКП-50-А: *а* – общий вид; *б* – разрез: 1 – корпус; 2 – ионизационная камера; 3 – визирная нить; 4 – конденсатор; 5 – внутренний электрод; 6 – упорная втулка; 7 – контактный штырь; 8 – диафрагма; 9 – кольцо; 10 – резьбовое кольцо; 11 – защитная оправа; 12 – фасонная гайка; 13 – окуляр; 14 – шкала; 15 – держатель; 16 – объектив; 17 – втулка; *в* – шкала

Групповой контроль доз внешнего облучения проводят с использованием групповых дозиметров-накопителей или расчетным методом. Первый метод применяют для контроля доз облучения тех, кто постоянно работает в одних и тех же условиях внешнего облучения и членов их семей. Дозиметры-накопители в количестве не менее трех единиц развешивают в помещениях в разнесенных по площади точках на высоте 1 м от пола на кварталный срок. По истечении указанного срока дозиметры собирают, определяют среднюю дозу облучения, которую регистрируют всем работающим (проживающим) в данном помещении (доме). Расчетный метод применяют в случае отсутствия дозиметров-накопителей путем измерения мощности дозы излучения радиометром-дозиметром МКС-01Р-01 или дозиметрами ДБГ-06Т, ДБГ-01Н и др. на конкретном участке работы и расчета дозы по средней величине мощности экспозиционной дозы и времени работы на участке.

Контроль доз внутреннего облучения организуют для всех работников с целью оценки поступления радионуклидов внутрь организма и выработки рекомендаций по его снижению.

Радиометрический контроль проводят с помощью приборов, принцип работы которых основан на ионизации вещества среды, в ко-

торой распространяются ионизирующие излучения. В зависимости от природы регистрируемого физико-химического явления, происходящего в среде, различают ионизационный, химический, радиофотолуминесцентный методы обнаружения и измерения излучений.

Ионизационный метод основан на явлении ионизации молекул, которая происходит под воздействием ионизирующих излучений в среде (газовом объеме), в результате чего электропроводность среды увеличивается, что может быть зафиксировано соответствующими электронно-техническими устройствами.

Химический метод основан на способности молекул некоторых веществ в результате воздействия ионизирующих излучений распадаться с образованием новых химических соединений. Так, например, хлороформ в воде при облучении разлагается с образованием хлороводородной кислоты, которая дает цветную реакцию с красителем, добавленным к хлороформу. По интенсивности окраски судят о дозе излучения.

Радиофотолуминесцентный метод измерения основан на том, что под воздействием излучений в некоторых веществах накапливается поглощенная энергия, освобождающаяся при дополнительном возбуждении определенным участком спектра. Наблюдаемые при этом оптические эффекты служат мерой поглощенной энергии.

Универсальных методов и приборов, применяемых в любых условиях, для радиационного контроля не существует, поскольку каждый метод и прибор имеют свою область применения.

Для анализа и контроля радиационной обстановки используют:

пробоотборники – вспомогательные средства для определения осадков из атмосферы, концентрации радиоактивных аэрозолей в зоне дыхания персонала (рис. 4.93) и др.;

дозиметры-радиометры (рис. 4.94) – приборы, используемые для контроля уровня радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, спецодежды, спецобуви, СИЗ и тела работника и др.;

спектрометры – приборы, служащие для регистрации и анализа энергетического спектра и идентификации на этой основе излучающих радионуклидов;

счетчики, индикаторы радиоактивности и др.

Регистрацию доз облучения ведут поквартально в журнале учета доз внешнего облучения и карточках учета индивидуальных доз облучения, а фактическую продолжительность работы персонала предприятия в условиях облучения – посуточно в специальном журнале.



Рис. 4.93. Индивидуальный пробоотборник



Рис. 4.94. Дозимеры-радиометры ДРГБ-01 «Эко-1» и «Эко-1М»

Зарегистрированные результаты учета доз облучения хранят на предприятии в течение 50 лет после увольнения работника. При переходе работника предприятия на другую работу, связанную с ИИ, или в случае другой необходимости ему выдают заверенную копию карточки индивидуального учета доз.

Данные контроля за радиационной безопасностью используют для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности, ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий.

Первая помощь при поражении ионизирующими излучениями

Первую медицинскую помощь при поражении ИИ оказывают как можно раньше, проводя частичную дезактивацию одежды и санитарную

обработку открытых участков тела, а затем пораженного доставляют в защитные сооружения или эвакуируют на незараженную территорию.

Для снижения тяжести последствий применяют специальные химические вещества (радиопротекторы) – цистеин, цистомин, цистофос. Они входят в состав индивидуальной аптечки АИ-2 (два пенала розового цвета в гнезде № 4, по шесть таблеток в каждом). Принимать их необходимо до начала радиоактивного воздействия, чтобы снизить дозу облучения в 1,5 раза. Кроме того, пораженному дают адсорбент (например, уголь, серноокислый барий), который способствует связыванию радиоактивных веществ и препятствует всасыванию их в кровь.

Электромагнитные поля и излучения

Колебательный процесс, связанный с изменяющимися в пространстве и во времени электрическими и магнитными полями, называют *электромагнитной волной*, а область их распространения, обнаруживаемую по силовому воздействию на заряды, – *электромагнитным полем излучения*. На расстоянии от источника излучения электромагнитных волн, равном $\lambda/2\pi$ (λ – длина волны), будет преобладать *поле индукции*. Переменное во времени электромагнитное поле (ЭМП), распространяющееся в виде электромагнитных волн, называют *электромагнитным излучением* (ЭМИ), а постоянное во времени – статическим.

Человек появился в условиях относительно слабых электромагнитных полей, создаваемых постоянными и переменными источниками, к которым относятся:

геомагнитное поле Земли (ГМПЗ) с индукцией около 50 мкТл (носит стационарный характер и является для человека в любой точке Земли однородным и равномерным);

магнитные бури, грозовые разряды, поля ионосферы (переменные).

Известно, что Земля обладает магнитным полем, образуя гигантский – космических масштабов – магнит. Полюсы этого магнита располагаются близко к географическим полюсам, но не полностью с ними совпадают. Силовые линии земного магнитного поля соединяют северный и южный магнитные полюса. Земля-магнит захватывает из космического пространства заряженные частицы, которые движутся вдоль силовых линий и образуют так называемый радиационный пояс Земли (рис. 4.95). Поток частиц значительно возрастает при возмущениях на Солнце. В периоды максимальной солнечной активности

на Солнце возникают вспышки, во время которых в космическое пространство выбрасывается огромное количество частиц: протоны, электроны, ядра гелия, ионы кислорода, кремния, железа, серы и др. Некоторые из них движутся со скоростью 400–1 000 км/с и за 1–2 дня достигают земной атмосферы. Такой сильный корпускулярный поток воздействует на магнитное поле земного шара, в результате чего быстро и сильно изменяются его характеристики и происходит магнитная буря.

Напряженность электрического поля Земли в зависимости от широты колеблется от 120 В/м до 150 В/м. С увеличением расстояния от поверхности Земли напряженность убывает по экспоненциальному закону и составляет около 5 В/м на высоте 9 км.

Научно-технический прогресс обусловил появление искусственных источников ЭМП и электромагнитных излучений (воздушные линии электропередачи, кабельные линии, электрооборудование и др.), а также средств радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов: радиорелейные системы передачи прямой видимости, тропосферные радиорелейные системы передачи, спутниковые системы передачи, радиолокационные станции.

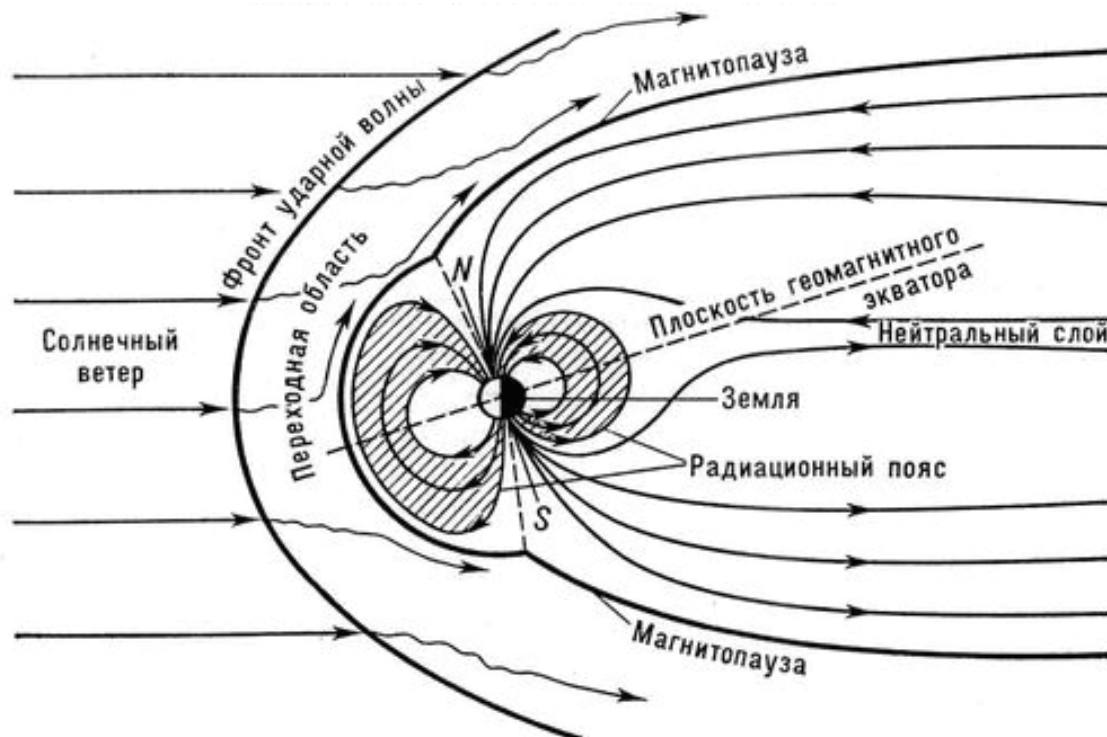


Рис. 4.95. Магнитосфера Земли

Электромагнитное излучение возможно в различном интервале частот, что определяется конструктивными особенностями и назначением применяемых в практике электротехнических устройств. Например, перечисленные выше радиосредства работают на частотах выше 300 МГц.

Электромагнитное поле характеризуется напряженностью электрического поля E , В/м, магнитной индукцией B , Тл, либо напряженностью магнитного поля H , А/м, и плотностью потока энергии (ППЭ) Π , Вт/м². Определение параметров электромагнитного поля может быть выполнено на основе теории Максвелла, представляющей собой теорию единого электромагнитного поля.

Действие электромагнитных полей и излучений на человека

Живая ткань в электрическом отношении представляет собой проводник и поэтому практически прозрачна для магнитного поля. Исследованиями установлено, что магнитное поле индуцирует в теле человека вихревые токи. Опасность действия зависит от напряженности и продолжительности воздействия магнитных полей. При длительном систематическом пребывании человека в магнитном поле могут возникать изменения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, иммунной систем. Имеется вероятность развития лейкозов и злокачественных новообразований центральной нервной системы.

Действие электрических полей (ЭП) промышленной частоты на человека обусловлено непосредственным влиянием ЭП и протеканием через тело человека тока, способного вызвать болезненные ощущения и искровые разряды.

Непосредственное влияние электрических полей выражается в его тепловом воздействии на молекулы, клетки и ткани, которые под действием ЭП приобретают электрические свойства проводников. Избыточное тепло в организме и повышение температуры тканей, органов человека ведет к их заболеванию.

В качестве интегрального критерия воздействия электрического поля промышленной частоты на человека на практике часто используется значение тока, проходящего через человека в землю, когда он находится в электрическом поле. Причем независимо от того, изолирован ли он от земли или стоит в токопроводящей обуви непосредственно на земле значения тока практически одинаковы и равны

$$J_h = 12E,$$

где J_h – ток, протекающий через человека в землю, мкА; E – напряженность на высоте человека среднего роста, кВ/м.

Действие электромагнитных полей радиочастотного диапазона зависит от частоты излучения, длины волны, продолжительности воздействия, индивидуальных особенностей человека, размера облучаемой поверхности тела, глубины проникновения и поглощения ЭМП.

При воздействии микроволн в таких органах, как мозг, глаза, почки, кишечник, семенники, яичники, хрусталик, обладающих слабо выраженной терморегуляцией, отмечается положительный температурный градиент, т. е. более выраженный нагрев глубоких тканей и органов по сравнению с кожей и подкожным слоем.

Поглощение энергии электромагнитных полей на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях приводит к нетепловому эффекту: нарушению структуры и функций нервной клетки, эритроцита, снижению активности мозга и др. Наиболее чувствительны к нетепловому эффекту центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. Совокупность изменений и нарушений в организме человека, вызванных действием электромагнитных полей, называется *радиоволновой болезнью (невроз)*.

Нормирование электромагнитных полей и излучений

Нормирование электромагнитных полей и излучений производится в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Оценку и нормирование ослабления геомагнитного поля (ГМП) на рабочем месте производят на основании определения его интенсивности внутри помещения, объекта, технического средства и в открытом пространстве на территории, прилегающей к месту его расположения, с последующим расчетом коэффициента ослабления ГМП.

Интенсивность геомагнитного поля – это количественный параметр геомагнитного поля в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (B) в Тл (мкТл, нТл), которые связаны между собой следующим соотношением:

$$H = B/\mu_0,$$

где $\mu_0 = (4/\pi) \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, при этом $1 \text{ А/м} \approx \approx 1,25 \text{ мкТл}$, $1 \text{ мкТл} \approx 0,8 \text{ А/м}$.

ПДУ постоянного магнитного поля – это уровень постоянного магнитного поля (ПМП), устанавливаемый дифференцированно в зави-

симости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл. ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах приведены в табл. 4.97.

Таблица 4.97

ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0–10	24	30	40	50
11–60	16	20	24	30
61–480	8	10	12	15

ПДУ электромагнитного поля промышленной частоты – это уровень электромагнитного поля частоты 50 Гц, устанавливаемый отдельно по напряженности (Е) электрического поля (ЭП) в кВ/м, напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В) в мкТл. Нормирование ЭМП 50 Гц на рабочих местах персонала производят дифференцированно в зависимости от времени пребывания в ЭМП.

ПДУ напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП равно

$$T = (50/E) - 2, \text{ ч},$$

где E – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м; T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин, более 25 кВ/м – без применения средств защиты не допускается.

Допустимое время пребывания в ЭП (табл. 4.98) может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП или применять средства защиты.

Таблица 4.98

Допустимое время пребывания персонала в электрическом поле промышленной частоты без средств защиты

Напряженность ЭП на рабочем месте, кВ/м	Допустимое время пребывания в ЭП в течение суток, мин	Примечание
До 5 включительно	480	–
6	378	Нормативы действительны при условии, что исключена возможность воздействия на человек электрических разрядов и тока стекания. В остальное рабочее время необходимо либо использовать средства защиты, либо находиться в местах, где электрическое поле отсутствует или его напряженность не превышает 5 кВ/м
7	308	
8	255	
9	213	
10	180	
11	152	
12	130	
13	110	
14	94	
15	80	
16	68	
17	56	
18	46	
19	38	
20	30	
Свыше 20 до 25 включительно	10	
Свыше 25	Не допускается	

ПДУ электромагнитного поля диапазона частот $\geq 10\text{--}30$ кГц – это уровень электромагнитного поля диапазона частот $\geq 10\text{--}30$ кГц, определяемый отдельно по напряженности электрического (E) и магнитного (H) полей в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляют 500 В/м и 50 А/м соответственно, а до 2 ч за смену – 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

ПДУ электромагнитного поля диапазона частот ≥ 30 кГц–300 ГГц – уровень электромагнитного поля диапазона частот ≥ 30 кГц–300 ГГц, устанавливаемый по величине энергетической экспозиции (ЭЭ):

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, \text{ В/м}^2 \cdot \text{ч},$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, \text{ А/м}^2 \cdot \text{ч},$$

где T – время воздействия за смену, ч.

Задача 37

Определить приведенное время пребывания персонала в зонах влияния ЭП промышленной частоты: $E_1 = 6$ кВ/м, $E_2 = 10$ кВ/м, $E_3 = 15$ кВ/м. Время пребывания персонала в зонах составило: $T_1 = 2$ ч, $T_2 = 1,5$ ч, $T_3 = 0,5$ ч.

Решение

1. Допустимое время пребывания персонала в каждой из трех зон (табл. 4.99) равно: $T_{1\text{доп}} = 6,3$ ч, $T_{2\text{доп}} = 3$ ч, $T_{3\text{доп}} = 1,33$ ч.

2. Приведенное время

$$T_{\text{пр}} = 8 \cdot (T_1/T_{1\text{доп}} + T_2/T_{2\text{доп}} + T_3/T_{3\text{доп}}) =$$

$$= 8 \cdot (2/6,3 + 1,5/3,0 + 0,5/1,33) = 9,6 \text{ ч.}$$

Вывод: поскольку приведенное время превышает 8 ч, то необходимо снизить время пребывания персонала в третьей зоне влияния электрического поля.

Рассчитаем это время из уравнения

$$8 = 8 \cdot (2/6,3 + 1,5/3,0 + T_{3\text{н}}/1,33),$$

$$T_{3\text{н}}/1,33 = 1 - 2/6,3 - 1,5/3,0 = 0,18,$$

$$T_{3\text{н}} = 0,18 \cdot 1,33 \approx 0,24 \text{ ч.}$$

Вывод: по условиям безопасности время пребывания персонала в третьей зоне влияния электрического поля не должно превышать 0,24 ч (14,4 мин). В остальное рабочее время необходимо либо использовать средства защиты, либо находиться в зоне влияния электрического поля напряженностью до 5 кВ/м.

В табл. 4.99 приведены допустимые значения напряженности поля радиопомех, излучаемых электрооборудованием грузоподъемных кранов.

Таблица 4.99

**Допустимые значения напряженности поля радиопомех,
излучаемых электрооборудованием грузоподъемных кранов**

Диапазон частот, МГц	Напряженность поля радиопомех, дБ(А)
Свыше 0,15 до 0,5	60
Свыше 0,5 до 2,5	54
Свыше 2,5 до 300	46

При эксплуатации ПЭВМ и ВДТ в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.2620–10 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ»:

напряженность электромагнитного поля в радиусе 50 см вокруг ВДТ не должна превышать по электрической составляющей 25 В/м в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне частот 2 – 400 кГц;

плотность магнитного потока должна быть не более 250 нТл в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц, 25 нТл в диапазоне частот 2 – 400 кГц;

поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В.

Магнитные поля, создаваемые оборудованием контактной сварки, представляют собой кратковременные повторяющиеся импульсы, состоящие из одного или более периодов синусоидальных колебаний с частотой 50 Гц. Для условий воздействия импульсных магнитных полей 50 Гц (табл. 4.100) ПДУ амплитудного значения напряженности поля ($H_{ПДУ}$) дифференцированы в зависимости от общей продолжительности воздействия за рабочую смену (T) и характеристики импульсных режимов генерации:

режим I – импульсное поле с $\tau_{и} \geq 0,02$ с, $t_{п} \leq 2$ с;

режим II – импульсное поле с 60 с $\leq \tau_{и} \leq 1$ с, $t_{п} > 2$ с;

режим III – импульсное поле $0,02$ с $\leq \tau_{и} < 1$ с, $t_{п} > 2$ с,

где $\tau_{и}$ – длительность импульса МП, с; $t_{п}$ – длительность паузы между импульсами, с.

Таблица 4.100

Предельно допустимые уровни воздействия импульсных магнитных полей частотой 50 Гц в зависимости от режима генерации

Общее время облучения, ч	$H_{ПДУ}$, А/м		
	Режим I	Режим II	Режим III
$\leq 1,0$	6000	8000	10000
$\leq 1,5$	5000	7500	9500
$\leq 2,0$	4900	6900	8900
$\leq 2,5$	4500	6500	8500
$\leq 3,0$	4000	6000	8000
$\leq 3,5$	3600	5600	7600
$\leq 4,0$	3200	5200	7200
$\leq 4,5$	2900	4900	6900
$\leq 5,0$	2500	4500	6500
$\leq 5,5$	2300	4300	6300

Общее время облучения, ч	$H_{ГДУ}$, А/м		
	Режим I	Режим II	Режим III
$\leq 6,0$	2000	4000	6000
$\leq 6,5$	1800	3800	5800
$\leq 7,0$	1600	3600	5600
$\leq 7,5$	1500	3500	5500
$\leq 8,0$	1400	3400	5400

Длительность одного импульса МП и паузы между импульсами определяют по картам технологического процесса.

Длительность облучения сварщика в течение рабочей смены рассчитывают по формуле

$$T_{\text{общ}} = t_{\text{св}} \cdot n,$$

где $T_{\text{общ}}$ – общее время облучения; $t_{\text{св}}$ – время, затраченное на сварку одного изделия (определяют путем выполнения хронометражных наблюдений); n – количество изготовленных изделий в смену.

Зависимость предельно допустимых величин напряженности импульсных магнитных полей частотой 50 Гц от продолжительности воздействия приведена на рис. 4.96.

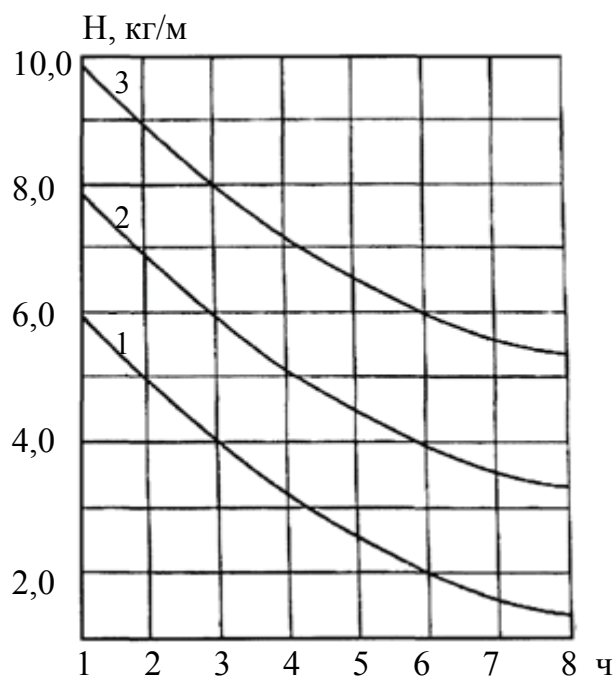


Рис. 4.96. Зависимость предельно допустимых величин напряженности импульсных магнитных полей частотой 50 Гц от продолжительности воздействия

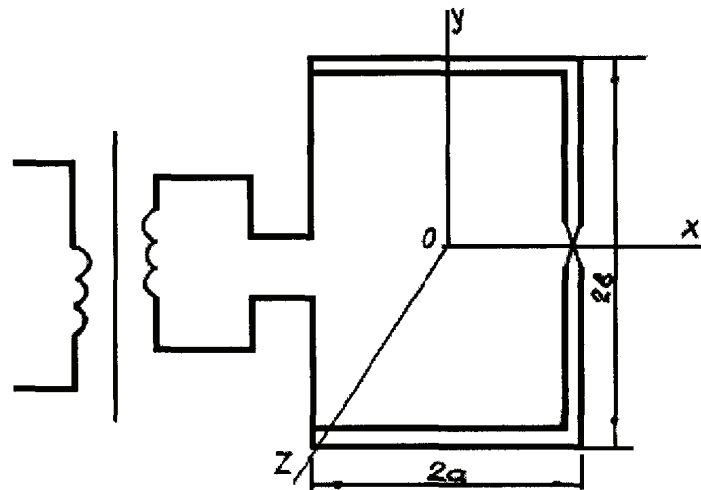


Рис. 4.97. Схематическое изображение источника МП при обслуживании контактно-сварочного оборудования

Рассмотрим методику проведения инженерного расчета напряженности магнитного поля на рабочих местах персонала, обслуживающего контактно-сварочное оборудование. Величина МП на рабочем месте зависит от силы тока, размеров и формы источника тока, а также от расстояния между рабочим и источником в момент прохождения сварочного тока. Расчет проводят с допущением, что диаметр электрододержателя значительно меньше расстояния до точки, в которой определяют напряженность МП, и без учета влияния ферромагнитных масс.

Принимают, что источник МП для большинства стационарных точечных, рельефных и шовных машин представляет собой незамкнутый с одной стороны прямоугольник, стыковых для сварки труб — отрезок конечной длины, стыковых для сварки изделий замкнутой формы — круг, подвесных точечных — прямоугольник и двухпроводная линия.

Распределение напряженности МП по осям источника (рис. 4.97) описывается выражением

$$H = J \cdot f(m)/a,$$

где a — наибольший размер источника, являющийся для круга радиусом, прямоугольника — половиной большей стороны, двухпроводной линии — половиной расстояния между проводниками, отрезка конечной длины — его половиной; $f(m)$ — определяют по графикам (рис. 4.98–4.101)) для

соответствующих форм источников, описывающих распределение МП для конкретного типа источников вне зависимости от его размеров и нормированных по размеру источника координатах, т. е.

$$m = X/a,$$

$$n = Y/a,$$

$$l = Z/a,$$

где X, Y, Z – текущие координаты по оси; m, n, l – нормированные координаты; J – ток сварки (в качестве расчетного принимают максимальный из токов короткого замыкания с учетом его синусоидального характера).

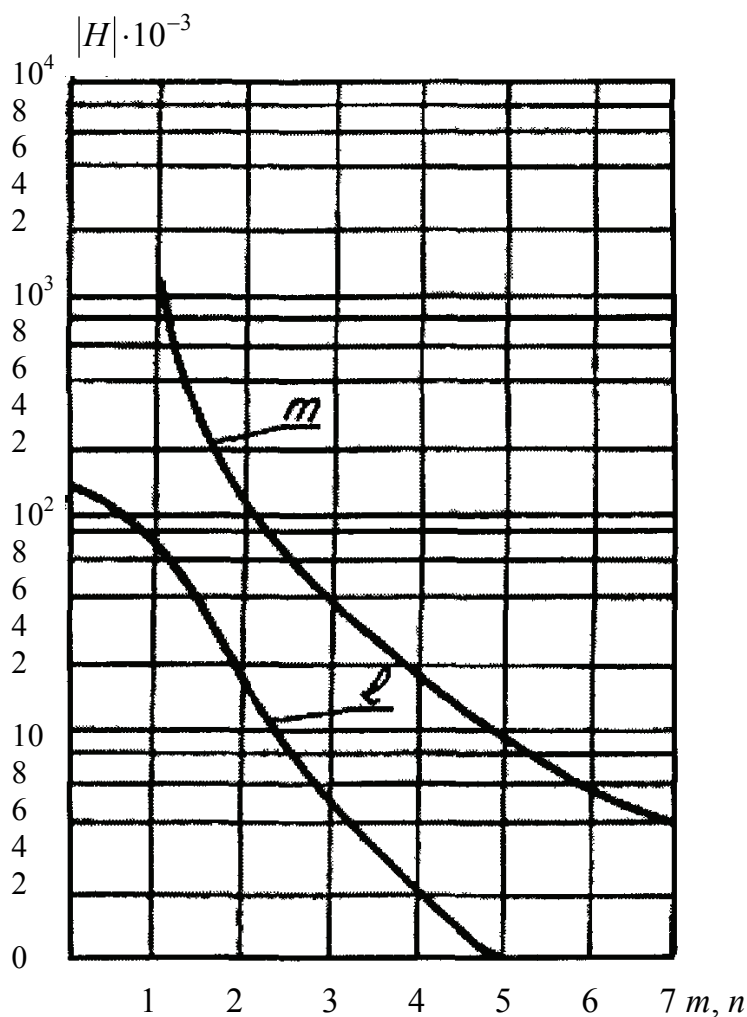


Рис. 4.98. График распределения напряженности МП, создаваемой двухпроводной линией

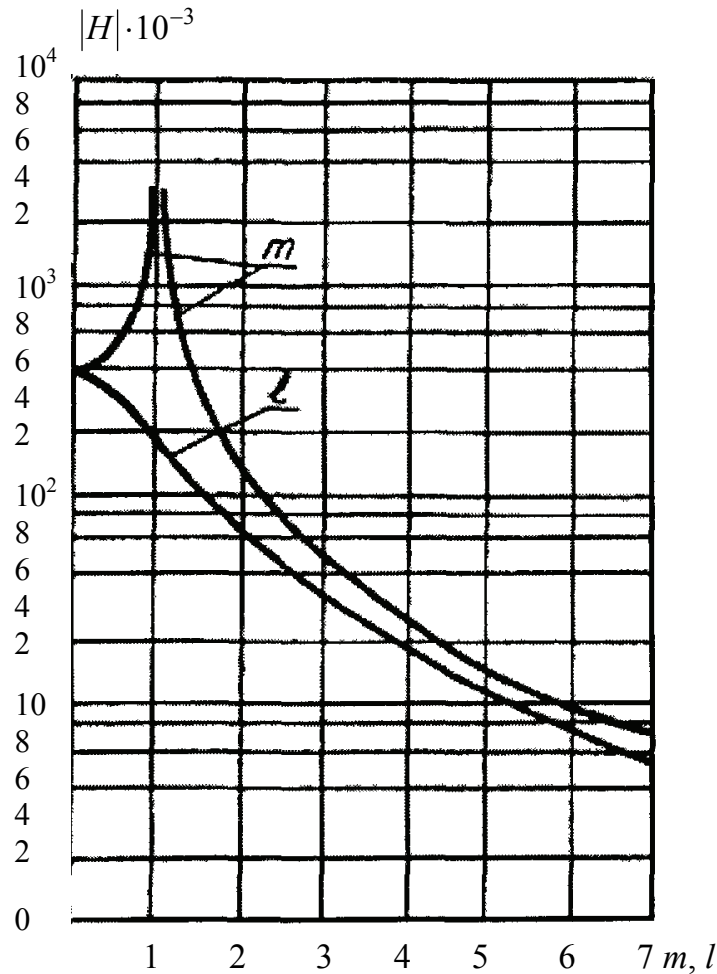


Рис. 4.99. График распределения напряженности МП, создаваемой отрезком конечной длины

Задача 38

Рассчитать напряженность МП, создаваемого машиной точечной сварки типа МТП75-15 в плоскости сварки на расстоянии $X = 0,125; 0,25; 0,5; 1,0$ м от них. Режим генерации импульсов МП – I.

Решение

1. Из технического описания сварочной машины определяем максимальный ток короткого замыкания, равный $14\ 100$ А, форму и размеры источника. Принимаем, что с учетом синусоидального характера тока, расчетное значение его равно $J = 19\ 740$ А; форма источника магнитного поля – незамкнутый с одной стороны прямоугольник со сторонами $2a = 0,5$ м и $2b = 0,22$ м, т. е. соотношение сторон $Y = 0,5$.

2. По формуле $m = X/a$ определяем координаты искомых точек относительно центра источника МП с учетом расстояния между рабочим и источником МП в момент прохождения сварочного тока, равного 1 м: $m = 1,5; 2,0; 3,0; 5,0$.

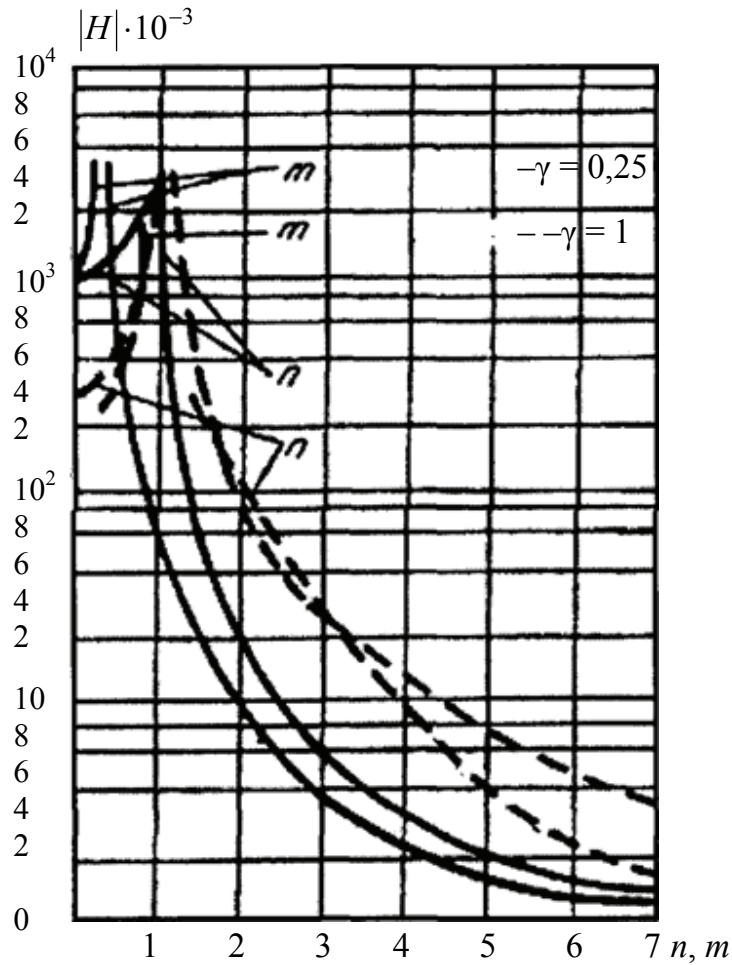


Рис. 4.100. График распределения напряженности МП, создаваемой тремя взаимно перпендикулярными отрезками

3. По графику (рис. 4.101) находим $f(m)$ для указанных точек при $Y = 0,5$: 0,138; 0,042; 0,012; 0,004.

4. Амплитудное значение напряженности МП в искомых точках

$$H = J \cdot f(m)/a,$$

$$H \approx 10896; 3316; 948; 316 \text{ А/м.}$$

5. Предельно допустимая напряженность импульсного МП для I режима генерации импульсов при продолжительности рабочей смены $T = 8$ ч (табл. 4.101), $H_{\text{пду}} = 1400$ А/м.

6. Определим область превышения санитарной нормы:

$$f(m) = H_n \cdot a/l = 1400 \cdot 0,25/19740 = 0,01773.$$

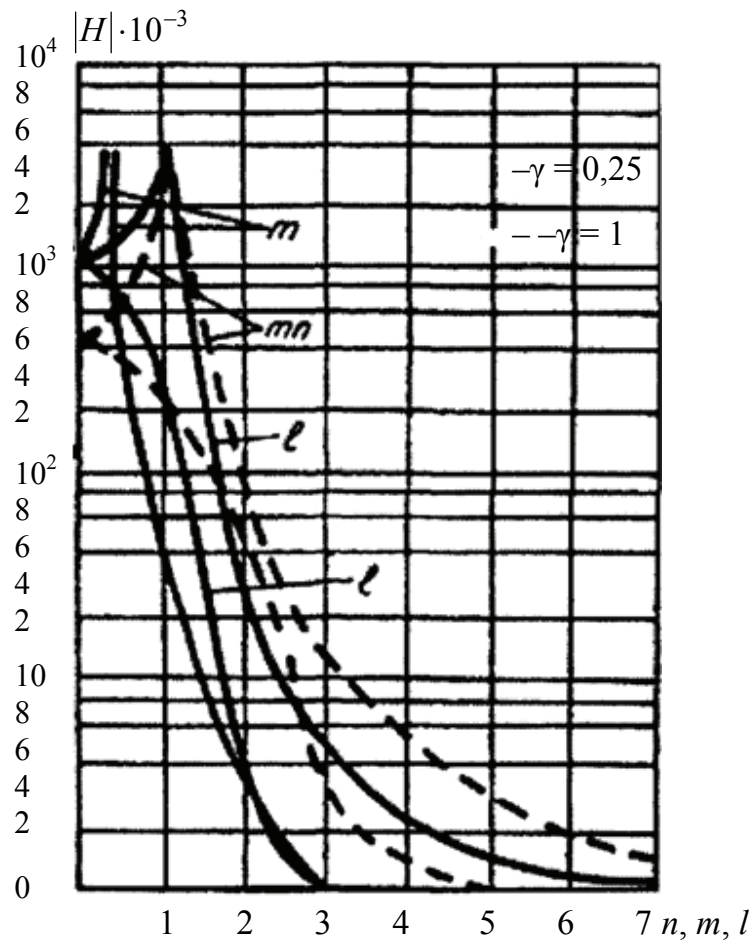


Рис. 4.101. График распределения напряженности МП, создаваемого витком прямоугольной формы

При $f(m) = 0,01773$ $m = 2,6$ (рис. 4.101).

Вывод: при $X = 2,6 \cdot 0,25 = 0,65$ м от центра или 0,4 м от электродов, напряженность магнитного поля не превышает ПДУ.

Методы и средства защиты от электромагнитных полей и излучений

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП и ЭМИ осуществляют путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают в себя:

выбор рациональных режимов работы оборудования;

выделение зон воздействия ЭМП (зоны с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, ограждают и обозначают соответствующими предупредительными знаками);

ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП вне зоны влияния ЭМП от других источников;

расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;

соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП;

устройство регламентированных перерывов на протяжении рабочей смены.

Технические мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают:

уменьшение мощности источника излучения;

применение поглотителей мощности излучения;

ограждение и обозначение предупредительными знаками зон с уровнями влияния ЭМП, превышающими предельно допустимые;

заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, находящихся в зоне влияния электрических полей, к которым возможно прикосновение работающих;

экранирование источника излучения;

экранирование рабочего места у источника излучений или удаление рабочего места от него;

использование манипуляторов, захватов из немагнитных материалов, автоматизацию и механизацию производственных процессов;

хранение и переноску магнитов и намагниченных изделий в специальной таре из немагнитных материалов.

Поглотители мощности излучения снижают напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн. Принцип работы этих устройств основан на использовании затухания электромагнитной волны. Современные поглотители обеспечивают затухание энергии в 10^4 – 10^6 раз. Поглощающие элементы изготавливают из графита или карбонильного железа, нанесенных на различные основы (например, керамику, пластмассы и др.).

Эффективным средством защиты от воздействия электромагнитных волн является *экранирование источников излучения и рабочих мест* с помощью поглощающих или отражающих экранов. В зависимости от

типа источника излучения, характера технологического процесса конструктивное решение экрана может быть различным (металлическая камера, шкаф, короб, кожух, цилиндр и т.д.).

Для изготовления *поглощающих экранов* применяют материалы с плохой электропроводимостью. Поглощающие экраны выполняют в виде прессованных листов резины специального состава с коническими сплошными или полыми шипами, а также в виде пластин из пористой резины, наполненной карбонильным железом, с впрессованной металлической сеткой. Эти материалы приклеивают на каркас или поверхность излучающего оборудования.

Отражающие экраны используют в основном для защиты от паразитных излучений (утечки из цепей в линиях передачи СВЧ-волн и др.), а также в тех случаях, когда отраженная электромагнитная энергия не является помехой для источника излучения. Для изготовления отражающих экранов используют материалы, характеризующиеся малыми значениями удельного сопротивления $\rho_{уд}$ и температурного коэффициента сопротивления ρ_T , например:

алюминий ($\rho_{уд} = 28 \cdot 10^{-9}$ Ом/м, $\rho_T = 49 \cdot 10^{-4}$ град $^{-1}$);

медь ($\rho_{уд} = 17,5 \cdot 10^{-9}$ Ом/м, $\rho_T = 39 \cdot 10^{-4}$ град $^{-1}$);

железо ($\rho_{уд} = 9,8 \cdot 10^{-9}$ Ом/м, $\rho_T = 62 \cdot 10^{-4}$ град $^{-1}$);

серебро ($\rho_{уд} = 16 \cdot 10^{-9}$ Ом/м, $\rho_T = 36 \cdot 10^{-4}$ град $^{-1}$).

Экраны для защиты от ЭМП выполняют:

сплошными – наиболее эффективны, например, уже при толщине 0,01 мм обеспечивают ослабление электромагнитных волн ~ в 10^6 раз;

из металлических сеток с размерами сторон ячеек в свету в интервале значений 10^{-2} – 10^{-4} м, при этом минимальный размер диаметр проволоки, из которой изготовлен сетчатый экран, должен иметь величину $5 \cdot 10^{-4}$ – $7 \cdot 10^{-5}$ м. Эти экраны применяют там, где обязателен визуальный контроль за работой этих установок, а также в тех случаях, когда необходимо ослабление электромагнитных волн в 10^2 – 10^3 раз.

На практике применяют также эластичные экраны, изготовленные из специальной ткани (рис. 4.102) с вплетенными в ее основу металлическими проволоками, которые образуют в тканях металлические сетки с размером ячеек в свету 0,5 мм, их используют для изготовления штор, драпировок, чехлов, спецодежды (комбинезонов, халатов, капюшонов), защиты монитора ПЭВМ (рис. 4.103).

Экранирование смотровых окон, кабин, приборных панелей осуществляют с помощью оптически прозрачного стекла, покрытого полупроводниковой двуокисью олова.

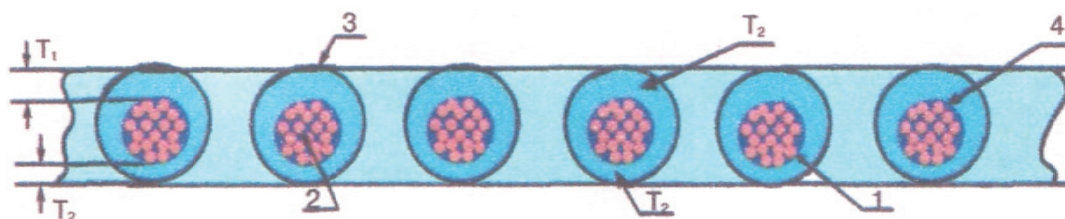


Рис. 4.102. Схема поперечного сечения волокон металлизированной ткани: 1 – диэлектрическая основа; 2 – волокна или нити; 3 – металлический слой; 4 – неметаллический слой; T_1 и T_2 – максимальная толщина металлического покрытия с разных сторон основы (разница толщин T_1 и T_2 может быть 0,05–0,5 мкм)

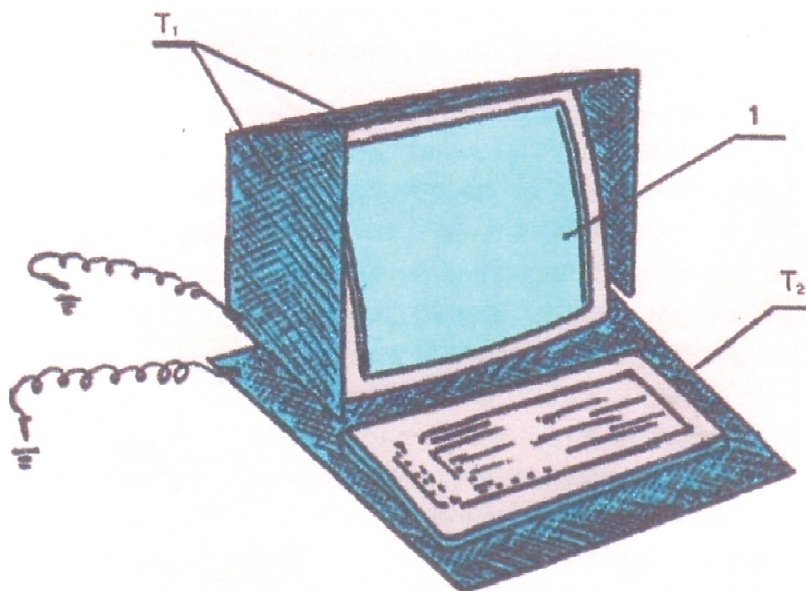


Рис. 4.103. Схема защиты монитора ПЭВМ: 1 – защитный экран из прозрачной металлизированной сетки; T_1 и T_2 – максимальная толщина металлического покрытия с разных сторон основы

Эффективность экранирования оценивают в децибелах и определяют по формулам

$$L = 20 \lg E/E_0, L = 20 \lg H/H_0, L = 20 \lg P/P_0,$$

где E , H и P – значения напряженности электрического, магнитного полей и плотности потока энергии при отсутствии экрана; E_0 , H_0 и P_0 – значения напряженности электрического, магнитного полей и плотности потока энергии при наличии экрана.

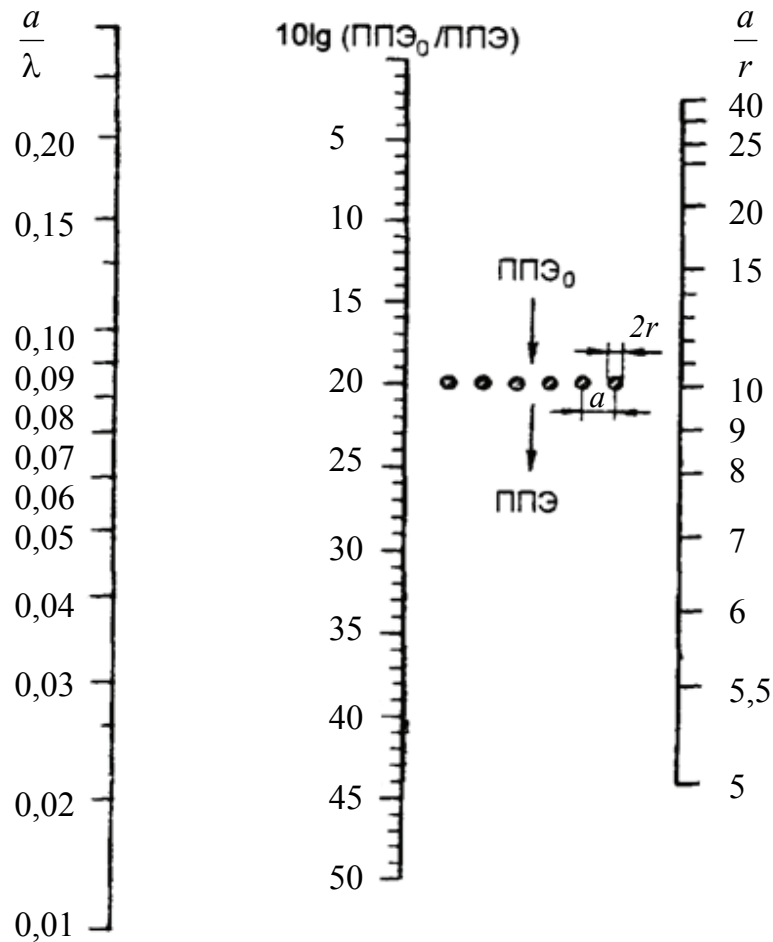


Рис. 4.104. Номограмма для расчета ослабления ЭМИ

При выборе типов экранов и оценки их эффективности используют экспериментальный материал, представленный в справочниках в виде таблиц, расчетно-экспериментальных кривых, номограмм.

В качестве примера на рис. 4.104 представлена номограмма для расчета эффективности наиболее распространенных сетчатых экранов. Отложив на крайней левой оси отношение шага сетки a (расстояние между центрами проволок сетки) к длине волны λ экранируемого излучения, а на крайней правой оси – отношение шага a к радиусу r проволоки сетки, через эти точки проводят прямую. Точка пересечения этой прямой со средней осью – есть эффективность экранирования.

Задача 39

Рассчитать эффективность стального экрана, представляющего собой кожух размерами $A \times B \times H = 2 \times 2 \times 1$ м из стали. Удельное сопро-

тивление стали $\rho_{уд} = 10^{-7}$ Ом/м, магнитная проницаемость $\mu = 180$ Гн/м. В экране имеются технологические отверстия размером $m = 0,5 \cdot 10^{-2}$ м, толщина экрана $d = 10^{-3}$ м. Длина волны излучения $\lambda = 10^3$ м, волновое сопротивление воздуха $z_0 = 377$ Ом. Напряженность электрического поля $E = 600$ В/м.

Решение

1. ПДУ напряженности электрического при воздействии в течение всей смены $E_{ПДУ} = 500$ В/м.

2. Требуемая эффективность экрана

$$L_{тр} = 20 \lg E/E_{ПДУ} = 20 \lg 600/500 \approx 1,58 \text{ дБ.}$$

3. Эквивалентный радиус экрана

$$R_э = [(3 \cdot A \cdot B \cdot H)/4 \cdot \pi]^{1/2} = [(3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1)/4 \cdot 3,14]^{1/2} \approx 0,98 \text{ м.}$$

4. Волновое сопротивление поля

$$Z_E = z_0 \cdot \lambda / (2 \cdot \pi \cdot R_э) = 377 \cdot 10^3 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,98) \approx 61257 \text{ Ом.}$$

5. Глубина проникновения электромагнитных полей

$$\delta = 0,03 \cdot [(\rho_{уд} \cdot \lambda) / \mu]^{1/2} = 0,03 \cdot [(10^{-7} \cdot 10^3) / 180]^{1/2} \approx 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

6. Фактическая эффективность экрана

$$\begin{aligned} L_{факт} &= 20 \lg \{[(\delta \cdot Z_E) / \lambda]^{1/2} \cdot [(\lambda \cdot e^{2\pi d/m}) / R_э]^{1/3} \cdot [1 - (\pi m / \lambda)]\}^6 = \\ &= 20 \lg [(2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 61257) / 10^3]^{1/2} \cdot [(10^3 / 0,98)]^{1/3} \cdot e^{1,256} \cdot \\ &\quad \cdot [1 - (3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2} / 10^3)]^6 \approx 2,58 > 1,58 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Вывод: конструкция экрана обеспечивает необходимое снижение напряженности электрического поля.

Снижение напряженности электромагнитного поля в рабочей зоне достигается и за счет правильного размещения рабочего места. С учетом экранирования рабочее место располагают в определенных местах и на необходимом удалении от источника излучения с тем, чтобы предотвратить переоблучение персонала.

Конечным звеном в цепи технических средств защиты от воздействия электромагнитных волн являются следующие СИЗ:

щитки защитные лицевые – изготавливают в соответствии с требованиями государственного стандарта на общие технические требования и методы контроля к щиткам защитным лицевым;

очки защитные (стекла или сетку, используемые в них, изготавливают из любого прозрачного материала со светопропусканием не ниже 74 %, обладающего защитными свойствами);

экранирующие костюмы и др.

Лиц, не достигших 18-летнего возраста, и женщин в состоянии беременности допускают к работе в условиях воздействия ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленных для населения.

Контроль уровней электромагнитных полей и излучений на рабочих местах

Контроль степени ослабления геомагнитного поля – это определение и оценка степени ослабления ГМП, осуществляемые на рабочих местах, размещенных в помещениях (объектах), расположенных под землей; в помещениях (объектах), в конструкции которых используется большое количество металлических (железосодержащих) элементов; в экранированных помещениях (объектах) специального назначения и др.

Гигиеническую оценку изменения интенсивности ГМП в помещении производят на основании расчета коэффициента ослабления ГМП $K_0^{\text{ГМП}}$ для каждого рабочего места и его сопоставления с гигиеническим нормативом – временным допустимым уровнем (ВДУ).

Расчет $K_0^{\text{ГМП}}$ производят по результатам измерений интенсивности ГМП внутри помещения и на открытой территории, прилегающей к месту его расположения. Определяющим при расчете коэффициента является минимальное из всех зарегистрированных на рабочем месте значений интенсивности ГМП.

Измерения интенсивности ГМП внутри помещения на каждом рабочем месте производят на трех уровнях от поверхности пола с учетом рабочей позы: 0,5, 1,0 и 1,4 м – при рабочей позе сидя; 0,5, 1,0 и 1,7 м – при рабочей позе стоя. До начала проведения измерений ГМП в помещениях должны быть отключены технические средства, которые могут создавать постоянные магнитные поля. Измерения проводят на расстоянии не ближе 0,5 м от железосодержащих предметов, конструкций, оборудования.

Измерения интенсивности ГМП в открытом пространстве на территории, где размещается обследуемый объект, выполняют на уровнях 1,5–1,7 м от поверхности земли.

Контроль уровней электромагнитного поля – это определение уровней ЭМП путем использования расчетных методов и/или проведения измерений на рабочих местах. Контроль осуществляют:

при проектировании, приемке в эксплуатацию, изменении конструкции источников ЭМП, технологического оборудования, их включающего;

при организации новых рабочих мест;

при аттестации рабочих мест;

в порядке текущего надзора за действующими источниками ЭМП.

Расчетные методы контроля используют преимущественно при проектировании новых или реконструкции действующих объектов, являющихся источниками ЭМП. Для действующих объектов контроль ЭМП осуществляют преимущественно посредством инструментальных измерений, позволяющих с достаточной степенью точности оценивать напряженности электрических и магнитных полей или плотность потока энергии. Для оценки уровней ЭМП используют приборы направленного приема (однокоординатные) и приборы ненаправленного приема, оснащенные изотропными (трехкоординатными) датчиками. Измерения выполняют при работе источника с максимальной мощностью на рабочих местах после выведения работника из зоны контроля. Результаты измерений оформляют в виде протокола и (или) карты распределения уровней электрических, магнитных или электромагнитных полей, совмещенной с планом размещения оборудования, помещения, где проводили измерения.

Контроль уровней электромагнитного поля диапазона радиочастот ≥ 10 кГц–300 ГГц – это определение и оценка ЭМП, осуществляемый на рабочих местах персонала, обслуживающего производственные установки, генерирующее, передающее и излучающее оборудование и пр.

Для измерения интенсивности ЭМП в диапазоне частот до 300 МГц используют приборы для определения среднеквадратического значения напряженности электрического и/или магнитного полей с допустимой относительной погрешностью не более ± 30 %.

Для измерений уровней ЭМП в диапазоне частот ≥ 300 МГц–300 ГГц используют приборы, предназначенные для оценки средних значений ППЭ с допустимой относительной погрешностью не более ± 40 % в диапазоне ≥ 300 МГц–2 ГГц и не более ± 30 % в диапазоне свыше 2 ГГц.

При выборе маршрутов измерений учитывают характер прилегающей местности (рельеф, растительный покров, застройка и пр.), в соответствии с которым район, прилегающий к объекту, разбивают на секторы. В каждом секторе выбирают радиальный относительно объекта маршрут.

Точки (площадки) для проведения измерений выбирают с интервалом 5–10 м – при удалении до 100 м от излучающей антенны; 10–20 м – при удалении от 100 м до 300 м; 20–50 м – при удалении более 300 м.

В каждой точке измерений находят максимальное значение ППЭ по высоте до 2 м, производят три независимых измерения. Результатом является максимальное значение этих измерений. По результатам измерений составляют протокол.

Контроль уровней электромагнитного поля частотой 50 Гц – это определение и оценка уровней электромагнитного поля промышленной частотой 50 Гц на рабочих местах персонала, обслуживающего электрооборудование промышленного и научного назначения. Этот контроль проводят отдельно для электрического и магнитного полей. На стадии проектирования допускается определение уровней электрического и магнитного полей расчетным способом с учетом технических характеристик источника ЭМП по методикам, обеспечивающим получение результатов с погрешностью не более 10 %, а также по результатам измерений уровней ЭМП, создаваемых аналогичным оборудованием.

При расположении нового рабочего места над источником магнитного поля напряженность (индукцию) магнитного поля частотой 50 Гц измеряют на уровне земли, пола помещения, кабельного канала или лотка.

Измерения и расчет напряженности электрического поля частотой 50 Гц производят при наибольшем рабочем напряжении электроустановки или измеренные значения пересчитывают на это напряжение путем умножения измеренного значения на отношение U_{\max}/U , где U_{\max} – наибольшее рабочее напряжение электроустановки; U – напряжение электроустановки при измерениях.

Измерения и расчет напряженности магнитного поля промышленной частотой 50 Гц производят при максимальном рабочем токе электроустановки или измеренные значения пересчитывают на максимальный рабочий ток I_{\max} путем умножения измеренных значений на отношение I_{\max}/I , где I – ток электроустановки при измерениях. Напряженность магнитного поля измеряют при обеспечении отсутствия его искажения находящимися вблизи рабочего места железосодержащими предметами.



Рис. 4.105. Измеритель напряженности поля промышленной частоты



Рис. 4.106. Измеритель плотности потока энергии

Контроль электромагнитных полей и излучений проводят с использованием следующих приборов:

измерителя напряженности поля промышленной частоты (рис. 4.105), который выполнен в виде малогабаритного носимого прибора с автономным питанием. Основными элементами измерителя являются отсчетное устройство и антенны-преобразователи (АП) направленного приема. Работа измерителя основана на возбуждении в АП под воздействием измеряемого поля переменного напряжения, пропорционального напряженности поля. Переменное напряжение предварительно усиливается в АП и поступает на вход отсчетного устройства, где происходит его фильтрация, дальнейшее усиление, преобразование в постоянное напряжение и индикация;

измеритель ППЭ (рис. 4.106) и др.

Инфракрасное излучение

Инфракрасное излучение – это невидимое глазом электромагнитное излучение, составляющее большую часть излучения ламп накаливания, газоразрядных ламп, некоторых лазеров, около 50 % излучения Солнца. Инфракрасное излучение (ИК-излучение) создается главным образом в пространстве горячих цехов от следующих источников – излучающих тел (табл. 4.101): нагретого металла в виде слябов, заготовок

и изделий; расплавленного металла в желобах, ковшах и изложницах, горячими стенками печей; раскаленным внутренним пространством печей; строительными конструкциями и др.

Каждое излучающее тело создает в пространстве поле излучения. Поля излучений от нескольких тел, распространяясь в окружающей среде, накладываются одно на другое, создавая некоторую определенную для каждой точки среды терморadiационную напряженность, характеризующую значением облученности в данной точке. *Облученность* определяется температурой излучающего тела, площадью излучения и расстоянием от излучающего тела. Допустимая облученность на рабочих местах не должна превышать 350 Вт/м^2 .

Таблица 4.101

ИК-излучение от технологических процессов и оборудования

Источник излучения	Температура поверхности, °С	Длина волны, мкм	Спектр излучения
Наружные поверхности печей, паропроводы, остывающий металл и др.	До 500	3,7–9,3	Длинноволновое инфракрасное
Внутренние поверхности печей, горнов, нагретые слитки, заготовки, пламя	До 1200	1,9–3,7	Длинноволновое инфракрасное, слабо видимое
Расплавленный металл, пламя, разогретые электроды	До 1800	1,4–1,9	Инфракрасное, видимое, высокой яркости
Дуговые печи, сварочные аппараты	Более 2000	0,8–1,2	Коротковолновое инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое

ИК-излучение характеризуется следующими основными законами физики, которые имеют большое значение для оценки влияния облучения на рабочем месте:

закон Кирхгофа – лучеиспускание обусловлено только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды. Тело, поглощающее все попадающие на него лучи (абсолютно черное тело) обладает максимальным излучением;

закон Стефана – Больцмана – с повышением температуры излучающего тела излучение увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры;

закон Вина – произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны излучения с максимальной энергией – есть величина постоянная. Таким образом, длина волны максимального излучения нагретого тела обратно пропорциональна его абсолютной температуре.

Действие инфракрасного излучения на человека

Воздействие ИК-излучения на организм человека может быть общим и локальным. Основная реакция на инфракрасное облучение – изменение температуры облучаемых и удаленных участков тела. Эффект теплового действия зависит от спектра излучения (табл. 4.77), который обуславливает глубину их проникновения в организм, облученности, длительности облучения, угла падения лучей. ИК-излучения подразделяют на три области:

А – с длиной волны – от 0,76 до 1,4 мкм;

Б – от 1,4 до 3,0 мкм;

С – более 3,0 мкм.

Излучение в области А обладает большой проникающей способностью через кожные покровы, поглощается кровью и подкожной жировой клетчаткой. В областях Б и С излучение поглощается большей частью в эпидермисе (наружном слое кожи). В практических условиях излучение является интегральным, поскольку нагретые тела излучают одновременно различные длины волн, причем по мере увеличения температуры источника излучения максимум энергии излучения перемещается в сторону коротких волн.

Действие ИК-излучения при поглощении их в различных слоях кожи сводится к нагреванию ее, что обуславливает переполнение кровеносных сосудов кровью и усиление обмена веществ. Результатом действия интенсивного ИК-излучения на кожу век является обычный ожог, основными симптомами которого служат *эритема* (от греч. erythema – краснота) и образование пузырей. Повторное облучение в дозах ниже ожоговых может привести к хроническому воспалению век.

При воздействии ИК-излучения изменяется морфологический состав крови – уменьшается число лейкоцитов и тромбоцитов, происходит поляризация кожи человека. ИК-излучение влияет на функциональное состояние центральной нервной системы, приводят к изменениям в сердечно-сосудистой системе. При длительном пребывании человека в зоне теплового лучистого потока происходит резкое нарушение теплового баланса в организме. Нарушается терморегуляция организма, усилива-

ется деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, увеличивается потоотделение, происходят потери нужных организму солей. Обеднение организма водой вызывает сгущение крови, ухудшается питание тканей и органов. Потеря организмом солей лишает кровь способности удерживать воду, приводит к быстрому выведению из организма вновь выпитой жидкости. Нарушение водно-солевого баланса вызывает так называемую судорожную болезнь, характеризующуюся появлением резких судорог, преимущественно в конечностях. Нарушение теплового баланса вызывает заболевание, которое характеризуется повышением температуры тела, обильным потоотделением, учащением пульса и дыхания, слабостью, головокружением, изменением зрительных ощущений и зачастую потерей сознания. При систематических перегревах отмечается повышенная восприимчивость к простудным заболеваниям. Наблюдается снижение внимания (нарастание ошибочных операций), наступает чувство расслабленности, резко повышается утомляемость, снижается производительность труда.

Интенсивное облучение длинноволновыми ИФ-лучами оказывает тепловое действие на роговицу глаза, а облучение в более коротковолновом инфракрасном диапазоне оказывает воздействие на внутренние структуры глаза, например, на радужную оболочку, хрусталик, а также отражается на сетчатке. Хроническое поражение хрусталика глаза приводит к *катаракте* (от греч. *katarrhakties* – водопад), клиническим проявлением которой является его помутнение.

Средства коллективной защиты от инфракрасного излучения

Средства коллективной защиты от ИК-излучения согласно ГОСТ 12.4.123–83 по своему назначению подразделяют на следующие устройства: оградительные; герметизирующие; теплоизолирующие; для вентиляции и кондиционирования воздуха; автоматического контроля и сигнализации; дистанционного управления; знаки безопасности.

Оградительные устройства подразделяют так:

- в зависимости от вида материала – на непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные;
- по способу крепления на объекте – на съемные и встроенные;
- по принципу действия – на теплоотражающие, теплоотводящие, теплопоглощающие и комбинированные.

Примером отражающих оградительных устройств являются конструкции, состоящие из одной или нескольких пластин, которые размещены параллельно и с зазором.

Охлаждение пластин осуществляется естественным или принудительным способом. С помощью этих устройств ограждаются излучающие поверхности. Примеры некоторых характеристик конструкций ограждающих устройств для защиты от ИК-излучений приведены в табл. 4.102.

Таблица 4.102

Примеры характеристик конструкций ограждающих устройств, применяемых для защиты от ИК-излучения

Конструктивное исполнение	Вид материала	Вид охладителя			Назначение
		газооб-разный	газожид-костный	жидко-стный	
Теплоотражающие					
Устройство, состоящее из одного или нескольких полированных листов алюминия толщиной 1–1,5 мм с воздушной прослойкой 25–30 мм и с естественным или принудительным охлаждением	Непрозрачные	Воздух	Воздушная смесь	–	Локализация ИК-излучения от стен печей, нагретых материалов, ограждение внешних поверхностей стен кабин постов управления
Устройство из одного или нескольких теплоотражающих стекол с воздушной прослойкой 20–30 мм и с естественным или принудительным охлаждением	Прозрачные	То же	То же	–	Ограждение от ИК-излучений смотровых проемов кабин постов управления
Теплоотводящие					
Устройство, охлаждаемое: из металлической сетки	Полупрозрачный	–	–	Вода	Локализация ИК-излучения от нагретых материалов переработки
из металлических цепей	То же	–	–	То же	Локализация ИК-излучения от проемов печей

Продолжение табл. 4.102

Конструктивное исполнение	Вид материала	Вид охладителя			Назначение
		газооб-разный	газожид-костный	жидко-стный	
Теплопоглощающие					
Устройство: из стальных заслонок или щитов, облицованных асбестом, легковесом, вермикулитовыми или перлитовыми плитами и др.	Непрозрачный	Воздух	–	–	Локализация ИК-излучения от стен печей, нагретых материалов переработки, открытых проемов печей
из металлической сетки с ячейкой размерами не более 3х3 мм	Полупрозрачный	–	–	–	Локализация ИК-излучения от открытых проемов печей
из металлических цепей	То же	–	–	–	То же
из стекла с сеткой	То же	–	–	–	Ограждение от ИК-излучения смотровых проемов кабин постов управления
из одного или двух закаленных стекол с воздушной прослойкой 25–30 мм с естественным, принудительным охлаждением	Прозрачные	Воздух	–	–	То же
Комбинированные отражательные					
Устройство из перфорированного полированного алюминиевого листа с принудительным охлаждением	Непрозрачные	–	Водовоздушная смесь	То же	Ограждение от ИК-излучения поверхностей стен кабин постов управления
Комбинированные поглотительно-пористые					
Устройство с пористым теплоизолирующим материалом и принудительной подачей охлаждения	То же	–	–	–	Локализация ИК-излучения от стен и открытых проемов печей

Конструктивное исполнение	Вид материала	Вид охладителя			Назначение
		газооб-разный	газожид-костный	жидко-стный	
Комбинированные отражательно-пленочные					
Устройство, состоящее из двойного закаленного теплоотражательного и теплопоглощающего стекла с воздушной прослойкой 25–30 мм с естественным или принудительным охлаждением	Прозрачные	Воздух	–	–	Ограждение от ИК-излучения смотровых проемов кабин постов управления

Роль тепловой изоляции (теплоизоляции) сводится к снижению температуры, а следовательно, и излучательной способности нагретых поверхностей. Кроме улучшения условий труда, теплоизоляция уменьшает тепловые потери оборудования, снижает расходы топлива (электроэнергии, пара) и приводит к увеличению производительности агрегатов. Теплоизоляцию обеспечивают специальными ограждениями из теплоизоляционных материалов, ассортимент которых разнообразен (алюминиевая фольга, войлок, кирпич, минеральная вата, алюминий, углеродистая сталь и др.).

оберточной – из волокнистых материалов – асбестовая ткань, минеральная вата, войлок и др.; она наиболее пригодна для трубопроводов;

засыпной – используют в основном при прокладке трубопроводов в каналах и коробах там, где требуется большая толщина изоляционного слоя или при изготовлении теплоизоляционных панелей;

смешанной – состоит из нескольких слоев. В первом слое обычно устанавливают штучные изделия. Наружный слой изготовляют из масляной или оберточной изоляции. Целесообразно устраивать алюминиевые кожухи снаружи теплоизоляции.

Допустимая температура поверхности технологического оборудования и ограждающих устройств приведена в табл. 4.103, 4.104.

Большое значение имеет теплозащита кабин, пультов управления грузоподъемных кранов, эксплуатируемых в горячих цехах. Теплоизоляция в таких условиях работы должна быть термостойкой и при вибрации кабины не должна изменять свой объем.

Таблица 4.103

Допустимая температура поверхности технологического оборудования и ограждающих устройств, °С

Материал	Контактный период до			
	1 мин	10 мин	8 ч и более	
Непокрытый металл	51	48	43*	
Покрытый металл	51	48	43	
Керамика, стекло, камень	56	48	43	
Пластик	60	48	43	
Дерево	60	48	43	

* Температура поверхности 43 °С допускается, если с горячей поверхностью соприкасается менее 10 % поверхности тела или менее 10 % поверхности головы, исключая дыхательные пути.

Таблица 4.104

Допустимая температура поверхности технологического оборудования при случайном (непреднамеренном) контакте с ней, °С

Материал	Контактный период до, мин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Непокрытый металл	70	67	65	63	62	61	61	60	60	59
Керамика, стекло, камень	86	81	78	76	74	73	73	72	71	70
Пластмассы	94	87	84	82	81	79	78	78	77	76
Дерево	140	122	116	113	109	108	108	108	107	107

При температуре в цехе до 50 °С теплоизоляцию стенок кабины выполняют (например из минеральной ваты) толщиной 40–60 мм, а пола кабины – 100–120 мм. При более высоких температурах, например для разливочных или колодцевых кранов, теплоизоляцию стенок и крыши выполняют толщиной 70–80 мм, а пола кабины – не менее 150 мм. В этих случаях необходимы также теплоизолирующие экраны у пола кабины. Экраны должны выходить за пределы основания кабины для того, чтобы защитить стенки от излучения. Расстояние экрана от дна кабины должно составлять 120–150 мм. Стенки кабины можно также защитить от излучения ограждающим покрытием наружных листов или путем применения блестящих листов из стали или алюминия.

В условиях металлургического цеха алюминиевые листы очень быстро окисляются. Их очистка требует дополнительных затрат, поэтому лучше использовать листы из нержавеющей стали, отражающая способность которых хотя меньше, чем у листов из блестящего алюминия, однако лучше, чем у окисленных алюминиевых листов.

В качестве примера приводим систему теплозащиты клещевого крана (рис. 4.107). Воздух из цеха всасывается вентилятором через фильтр и направляется в оросительную камеру, где с помощью форсунок увлажняется мелкораспыленной водой, охлаждается и очищается от остатков пыли. Влажный воздух, выходящий из камеры, содержит капли воды, которая продолжает испаряться в конденсаторе холодильной машины и в межэкранной прослойке ограждений кабины, откуда воздух попадает на нижний отражательный экран, омывает снаружи боковые стенки кабины. Небольшая часть поступающего в кабину тепла отводится системой кондиционирования. Для этого 100 м³/ч воздуха, очищенного от пыли и промытого в камере, отбирают вентилятором из системы водоиспарительного охлаждения и направляют в газовый фильтр, где он очищается от окиси углерода и сернистого ангидрида, смешивается с поступающим по воздуховоду из кабины воздухом, вместе с ним охлаждается в испарителе до 19–20 °С и подается в кабину через воздухораспределитель.

Одним из основных мероприятий по снижению температуры воздуха и облученности на рабочих местах является устройство вентиляции. Наиболее эффективна аэрация, которая способна обеспечить 40–60-кратный воздухообмен без затрат электроэнергии, необходимой для эксплуатации механической вентиляции. Чтобы достичь высокой эффективности аэрации, при проектировании и эксплуатации механической вентиляции учитывают технологический режим (периодичность

и количество выделяемого при конкретных процессах тепла), объемно-планировочные решения (расположение источников излучения в проекции аэрационных отверстий), площадь и конфигурацию аэрационных фонарей, ветрозащитные средства, высоту зданий, их архитектурно-строительные особенности. Большое значение имеет возможность регулирования количества поступающего в цех воздуха в зависимости от направления ветра и температуры наружного воздуха. Наряду с аэрацией применяют механическую вентиляцию для подачи подготовленного воздуха на отдельные рабочие места. Все это позволяет значительно увеличить эффективность вентиляции в горячих цехах.

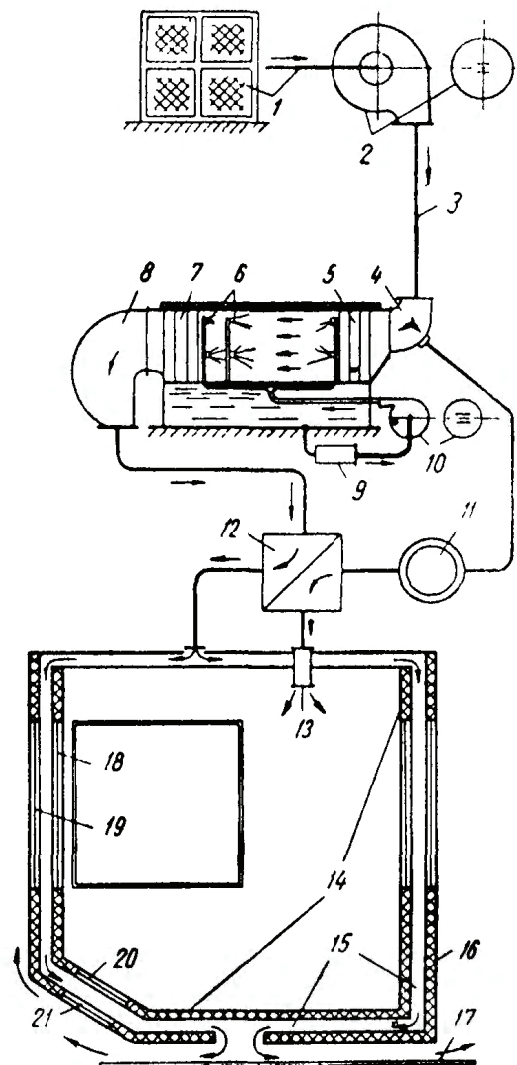


Рис. 4.107. Система теплозащиты кабины клещевого крана:
 1, 2 – фильтр-вентилятор; 3–12 – система кондиционирования; 13 – подача воздуха
 в кабину; 14–17 – система экранирования; 18–21 – двойное остекление

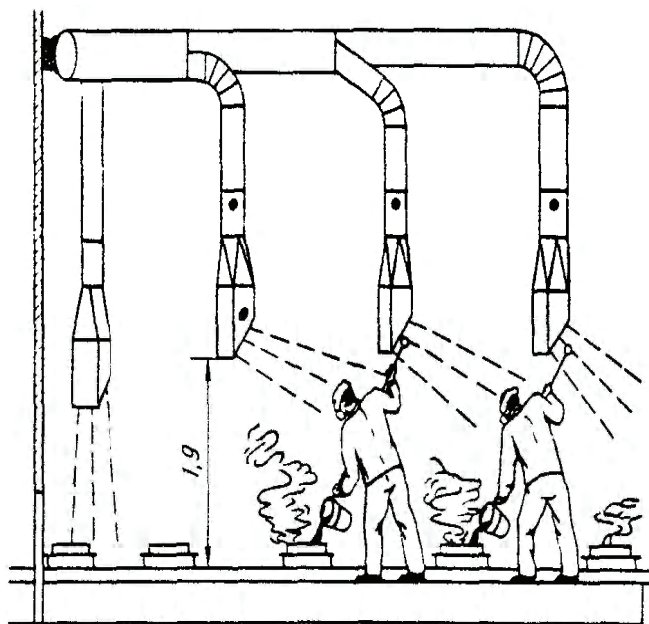


Рис. 4.108. Создание направленного потока воздуха с помощью воздушного душирования

Воздушный душ (рис. 4.108) представляет собой направленный на рабочее место поток воздуха, что способствует увеличению отдачи тепла от тела человека путем конвекции и испарения и нормализует тепловое состояние организма.

Для этих целей предложены эффективные типы оборудования: водо-воздушное душирование, «затапливающие» устройства и т. п., которые позволяют в определенной степени регулировать направление и скорость воздушного потока, уменьшать неравномерность температур на рабочем месте и др. Рабочие места, для которых требуется устройство воздушного душирования, приведены в табл. 4.105.

Средством нормализации теплового состояния рабочих горячих цехов является радиационное охлаждение. Кабины радиационного охлаждения дают хороший гигиенический эффект как при использовании непосредственно на рабочих местах, так и в местах отдыха. Три стенки кабины радиационного охлаждения и верх выполнены из труб диаметром 50 мм, огражденных снаружи матами из минерального войлока толщиной 20 мм и листовой сталью.

По трубам циркулирует вода, подаваемая с холодильной станции. Со стороны открытого входа на высоте 2 м установлен душирующий патрубок Батурина, через который подается воздух от общей вентиляционной сети.

Таблица 4.105

Рабочие места, для которых требуются душирующие устройства

Помещения	Рабочее место, характеристика работы	Интенсивность теплового об- лучения, кВт/м ²
Литейный цех		
Колошниковая площадка	Кабина шарнирного крана; работа легкая Загрузочная площадка вагранки; работа тяже- лая при загрузке вручную	0,35–0,7
Плавильно- заливочное от- деление стали и чугуна	Рабочая площадка у летки вагранки; работа средней тяжести	0,35–0,7
	Рабочее место у копыльника вагранки; работа средней тяжести	0,7–1,4
	Рабочее место заливщика на конвейере; работа средней тяжести	1,4–2,1
	Рабочее место шлаковщика на конвейере; рабо- та средней тяжести	1,4–2,1
	Рабочее место загрузки плавильных и отжига- тельных печей; работа тяжелая	0,7–1,85
	Рабочее место наращивания электродов на пе- чи; работа средней тяжести	1,4–2,1
Выбивное от- деление	У крупной выбивной решетки периодического действия; работа тяжелая	0,35–0,7
	У вибраторов для выбивки стержней; работа тяжелая	1,4–2,1
Плавильно- заливочное от- деление литья медных (латуни и бронзы)	Рабочее место у печи; работа средней тяжести	0,35–0,7
	Рабочее место у индукционной печи; работа средней тяжести и тяжелая	2,1
	Рабочее место заливщика; работа средней тяже- сти и тяжелая	1,4–2,1
	Рабочее место у тигельной газовой печи; работа средней тяжести и тяжелая	0,35–0,7
	Рабочее место у раздаточной печи; работа средней тяжести	0,35–0,7
Сушильное от- деление стерж- ней с располо- жением топок в приемках	На постоянных рабочих местах у горелок или форсунок при газообразном и жидком топливе, а также у дверей и проемов сушил; работа средней тяжести	0,35–0,7
	На рабочих местах у смесителей с ручной за- грузкой; работа тяжелая	1,4–2,1

Помещения	Рабочее место, характеристика работы	Интенсивность теплого об- лучения, кВт/м ²
Кузнечно-прессовый цех		
Пролеты с прессами и ко- вочными ма- шинами	Прессы; работа тяжелая	1,4–2,1
	Места складирования изделий после прессовки, пульпы управления; работа тяжелая	0,7–1,4
	Кабина крановщика; работа тяжелая	0,7–1,4
Молотовые пролеты	Нагревательные печи, молоты; работа тяжелая Места складирования изделий послековки; ра- бота тяжелая	1,4–2,1 0,35–,7
Термический цех		
Печной зал	Ванны электродно-соляные, агрегаты заковки и цианирования, закалочные камерные печи, ко- лодцы для охлаждения изделий; работа тяжелая	1,4–2,1
	Шахтные газовые и электрические цементацион- ные печи, электродно-соляные печи с темпера- турой 850–900 °С, тигельные газовые печи- ванны, агрегаты для отпуска изделий, столы для напайки твердых сплавов; работа тяжелая	0,7–1,4
	Селитровые и щелочные с газовым подогревом и масляные закалочные ванны, шахтные электри- ческие отпускные и камерные газовые с вы- движным подом печи; работа тяжелая	0,35–0,7

Лечебно-профилактические мероприятия включают периодиче-
ские медицинские осмотры и организацию рационального режима труда
и отдыха, а также питьевого режима. Необходимость разработки рацио-
нальных режимов труда и отдыха работников в условиях воздействия
ИК-излучения обусловлена тем, что у рабочих горячих цехов отмечают-
ся снижение работоспособности и повышение утомляемости. При раз-
работке рациональных режимов труда обосновывают: продолжитель-
ность ручной разгрузки и загрузки камерных печей, а также производ-
ство ремонтных работ в печах, ковшах, регенераторах, шлаковниках,
обжиговых горнах, сушильных камерах и др. с заходом рабочих внутрь
нагретых агрегатов; общую длительность отдельных периодов отдыха
и распределение отдыха в течение дня (табл. 4.106), обеспечивают наи-
более благоприятное состояние организма, чтобы изменения в конце ра-
бочего дня не выходили за пределы физиологических и др. При этом

учитывают также, что процессы восстановления у работника горячих цехов в основном протекают особо энергично в течение первых 10–15 мин отдыха и значительно ускоряются, если работник находится в комфортном микроклимате.

Таблица 4.106

Продолжительность периодов непрерывного облучения и пауз между ними

Интенсивность инфракрасного облучения, Вт/м ²	Продолжительность периодов непрерывного облучения, мин	Продолжительность паузы, мин	Соотношение продолжительности облучения и пауз
350	20	8	2,5
700	15	10	1,5
1050	12	12	1,0
1400	9	13	0,7
1750	7	14	0,5
2100	5	15	0,33
2450	3,5	12	0,3

При сочетании физической и тепловой нагрузок наиболее чувствительным (лимитирующим) критерием, как правило, выступает частота сердечных сокращений (ЧСС), предельно-допустимая величина которой за 6-часовой отрезок времени составляет 110 уд/мин. Суммарное необходимое время на отдых после операций внутри смены рассчитывают по следующей формуле:

$$T_{o/оп} = [(\Delta\text{ЧСС}/40) - 1] \cdot 100, \%,$$

где $T_{o/оп}$ – время отдыха к оперативному времени (длительности всех операций в смене, исключая отдых), %; $\Delta\text{ЧСС}$ – рабочий прирост ЧСС сверх теоретического уровня в покое, равного 65 уд/мин для ночной; 70 – для утренней и вечерней; 75 – для дневной смен; 40 – предельно-допустимый прирост ЧСС при 6-часовой рабочей смене. В случаях, когда температура воздуха на рабочих местах превышает 25–30 °С, в качестве предельно-допустимого прироста ЧСС принимают 35 уд/мин.

Для восстановления сил и нормализации деятельности организма (пульс, температура и т. д.) в горячих цехах используют беседки или кабины отдыха, в которых искусственно поддерживается температура воздуха 18 °С, а температура ограждений – 3–5 °С. Эффект в беседке достигается с помощью воздушного душа. В кабине (рис. 4.109) с охлаждением

В условиях воздействия ИК-излучения одним из средств нормализации нарушений функционального состояния рабочих является питьевой режим. Еще в 30-х гг. XX вв. было предложено обеспечивать рабочих подсолонной газированной водой. В связи с механизацией и автоматизацией производства, улучшением вентиляции горячих цехов, применением более эффективных средств теплозащиты рабочих заметно уменьшилась тепловая и физическая нагрузка рабочих горячих цехов. В настоящее время считается, что применение подсолонной воды необходимо лишь при потерях пота более 5 кг в течение рабочего дня. Разработаны различные питьевые средства, восполняющие потери воды и солей при тепловой и физической нагрузках. Так, был предложен белково-витаминный напиток, представляющий собой сладкий хлебный квас с добавлением пекарских дрожжей, солей, витаминов и молочной кислоты. Эффективность напитка, проверенная на большой группе рабочих горячих цехов, выразилась в снижении потери массы тела, восполнении водно-солевого дефицита, меньшей утомляемости рабочих, снижении уровня заболеваемости желудочно-кишечного тракта.

Задача 40

Определить интенсивность облучения человека, находящегося на расстоянии $x = 1,5$ м от открытой дверцы кузнечной печи, имеющей размеры $a = 0,5$ м и $b = 0,8$ м. Температура в печи $T_{\text{п}} = 1623$ К, в помещении $t = 22$ °С. Толщина стенки $\delta = 0,5$ м.

Решение

1. Интенсивность теплового излучения из отверстия печи

$$q_{\text{отв1}} = C_0 \cdot (T_{\text{п}}/100)^4 = 5,78 \cdot (1623/100)^4 \approx 401\,053 \text{ Вт/м}^2.$$

где C_0 – степень черноты абсолютно черного тела, $C_0 = 5,78 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$.

2. По отношениям $\delta/a = 0,5/0,5 = 1$ и $\delta/b = 0,5/0,8 = 0,625$ из табл. 4.107 определяем составляющие коэффициента облученности торцевой поверхности с учетом отражения боковых поверхностей в отверстии $\varphi_{\text{отв1}} = 0,65$ и $\varphi_{\text{отв2}} = 0,75$.

Так как отверстие дверцы печи прямоугольное, то коэффициент облученности от нее составит

$$\varphi = (\varphi_{\text{отв1}} + \varphi_{\text{отв2}})/2 = (0,65 + 0,75)/2 = 0,7.$$

3. Интенсивность теплового излучения из отверстия в помещении

$$q_{\text{отв}} = \varphi \cdot q_{\text{отв1}} = 0,7 \cdot 401\,053 = 280\,737 \text{ Вт/м}^2.$$

4. Отношение расстояния до рабочего места к среднему линейному размеру отверстия

$$x/(F)^{1/2} = 1,5/(0,5 \cdot 0,8)^{1/2} \approx 2,37.$$

По табл. 4.108 определяем $\varphi_{\text{рм}} = 0,04$.

5. Интенсивность облучения рабочего, находящегося на расстоянии $x = 1,5$ м от дверцы,

$$q_{\text{рм}} = \varphi_{\text{рм}} \cdot q_{\text{отв}} \cdot F = 0,04 \cdot 280737 \cdot 0,4 \approx 4492 \text{ Вт/м}^2.$$

Таблица 4.107

Значения коэффициентов облученности

Параметр	Значение											
$\delta/a; \delta/b$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	
$\varphi_{\text{отв1}}; \varphi_{\text{отв2}}$	0,91	0,83	0,76	0,71	0,65	0,61	0,57	0,55	0,52	0,5	0,47	

Таблица 4.108

Зависимость коэффициента облученности от расположения рабочего места

Параметр	Значение											
$x/(F)^{1/2}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	2,0	2,8	3,0	4,8	
$\varphi_{\text{рм}}$	0,86	0,6	0,4	0,26	0,19	0,12	0,09	0,055	0,03	0,018	0,011	

Вывод: так как расчетная интенсивность облучения рабочего превышает допустимую (35 Вт/м^2), необходимо предусмотреть на рабочем месте средства защиты. По условиям технологии здесь возможно применение цепной завесы или воздушное душирование рабочего места.

Задача 41

Рассчитать необходимую толщину плоской однослойной стенки печи, чтобы температура наружной поверхности не превышала допустимой – $45 \text{ }^\circ\text{C}$. Материал стенки – шамот, температура внутри печи $1\,000 \text{ }^\circ\text{C}$, плотность теплового потока, проходящего через стенку $q = 3\,000 \text{ Вт/м}^2$.

Решение

1. Так как известен тепловой поток через 1 м^2 стенки печи, то расчет толщины стенок δ для обеспечения нормируемой температуры наружной поверхности произведем по формуле

$$\delta = \lambda \cdot (T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})/q, \text{ м},$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м · К) (табл. 4.109), зависит от средней температуры; $T_{\text{вн}}$ – температура внутренней поверхности печи, К (принимают на 5 °С ниже температуры среды в печи); $T_{\text{нар}}$ – допустимая по санитарным нормам температура наружной поверхности печи, обращенной в сторону рабочих мест, К;

2. Температура внутренней поверхности печи

$$T_{\text{вн}} = (1\,000 - 5) + 273 = 1\,268 \text{ К};$$

3. Допустимая по санитарным нормам температура наружной поверхности печи, обращенной в сторону рабочих мест,

$$T_{\text{нар}} = (45 + 273) = 318 \text{ К};$$

4. Коэффициент теплопроводности материала стенки – шамота

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{шамот}} &= 0,67 + 0,0006 \cdot 0,5 \cdot (T_{\text{вн}} + T_{\text{нар}}) = \\ &= 0,67 + 0,0006 \cdot 0,5 \cdot (1268 + 318) \approx 1,146. \end{aligned}$$

Тогда

$$\delta = 1,146 \cdot (1268 - 318) / 3000 \approx 0,36 \text{ м}.$$

Примем толщину стенки в 1,5 кирпича 370 мм.

Таблица 4.109

**Значения коэффициентов теплопроводности
некоторых материалов**

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
Шамот	$0,67 + 0,0006T$
Динас	$0,82 + 0,0007T$
Магнезит	$6,12 - 0,0026T$ $T = 0,5 \cdot (T_{\text{вн}} + T_{\text{нар}})$

Задача 42

Рассчитать необходимую толщину однослойной плоской стенки закалочной печи, чтобы температура наружной поверхности не превышала допустимой по санитарным нормам (45 °С). Температура воздуха на рабочих местах 25 °С. Температура нагрева металла в печи 1 000 °С. Материал футеровки – шамот.

Решение

1. Поскольку заданы температуры и при решении задачи нет необходимости определять величину теплового потока, толщину однослойной стенки можно определить по выражению

$$\delta = [\alpha_n \cdot (T_{\text{нар}} - T_{\text{рз}})] / [\lambda (T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})].$$

2. Температура в градусах Кельвина

$$T_{\text{нар}} = 318; T_{\text{вн}} = 1268; T_{\text{рз}} = 298;$$

коэффициент теплопроводности $\lambda = 1,146$ Вт/м·К (см. предыдущую задачу).

3. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности печи

$$\alpha_n = \alpha_{\text{и}} + \alpha_{\text{к}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где $\alpha_{\text{и}}$ – коэффициент теплоотдачи излучением; $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией.

4. Коэффициент теплоотдачи излучением

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{и}} &= C_{\text{пр}} \cdot [(T_{\text{нар}}/100)^4 - (T_{\text{рз}}/100)^4] / (T_{\text{нар}} - T_{\text{рз}}) = \\ &= 4,2 \cdot [(318/100)^4 - (298/100)^4] / (318 - 298) \approx 4,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \end{aligned}$$

где $C_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент излучения, в расчетах можно принимать $C_{\text{пр}} = 4,2$ Вт/(м² · К).

5. Коэффициент теплоотдачи конвекцией

$$\alpha_{\text{к}} = \alpha \cdot (T_{\text{нар}} - T_{\text{рз}})^{1/4} = 2,2 \cdot (318 - 298)^{1/4} \approx 4,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где α – опытный коэффициент: для вертикальных поверхностей $\alpha = 2,2$; горизонтальных, обращенных вверх, $\alpha = 2,8$; для горизонтальных, обращенных вниз $\alpha = 1,4$.

6. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности печи

$$\alpha_n = 4,9 + 4,65 = 9,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

7. Толщина однослойной стенки

$$\delta = [9,55 \cdot (318 - 298)] / [1,146 \cdot (1268 - 318)] \approx 0,18 \text{ м}.$$

Примем толщину стенки в один кирпич 250 мм.

Средства индивидуальной защиты от инфракрасного излучения

Защитная роль СИЗ в условиях воздействия ИК-излучения фактически сводится к уменьшению внешней тепловой нагрузки, действующей на организм человека. К СИЗ от ИК-излучения относят:

- средства защиты глаз и лица – очки со светофильтрами и щитки;
- средства защиты рук – нарукавники, перчатки, рукавицы с алюминиевым покрытием;
- средства защиты ног – бахилы с алюминиевым покрытием;
- спецодежду – вид и исполнение ее зависят от специфики выполняемых работ.

Спецодежду изготавливают из материалов с низкой теплопроводностью и максимально отражающих тепловые лучи, например с металлизированным покрытием. Значение имеет цвет материала и его структура (например наличие сквозных пор). Задержка потока лучистой энергии, в т. ч. ее ультрафиолетовой части, значительно выше у окрашенных материалов, чем у материалов белого цвета.

Спецодежда не должна плотно прилегать к телу, а образовывать воздушный слой вокруг него, который способствует испарению влаги непосредственно с кожи. Образующийся слой водяного пара между кожей и одеждой уменьшает воздействие солнечной радиации. Пододежное пространство должно вентилироваться. Это обеспечивается применением материалов необходимой воздухопроницаемости и правильного выбора конструкции спецодежды (например применение в ней специальных вентиляционных устройств).

Материалы для спецодежды должны быть влагопроводными, хорошо впитывать влагу и легко отдавать ее в окружающую среду. Увлажненная поверхность одежды облегчает процесс терморегуляции человека за счет увеличения испаряющей поверхности. Сохранение высокой воздухопроницаемости особенно важно для увлажненного материала. Воздухонепроницаемые материалы, снижая потери тепла испарением, значительно увеличивают тепловую нагрузку на организм человека, что выражается в повышении влагопотерь, температуры тела и кожи.

Контроль инфракрасного излучения на рабочих местах

Для измерения тепловой облученности при оценке условий труда на рабочих местах используют радиометрфотометры, актинометры Носкова, измерители теплового излучения и др.

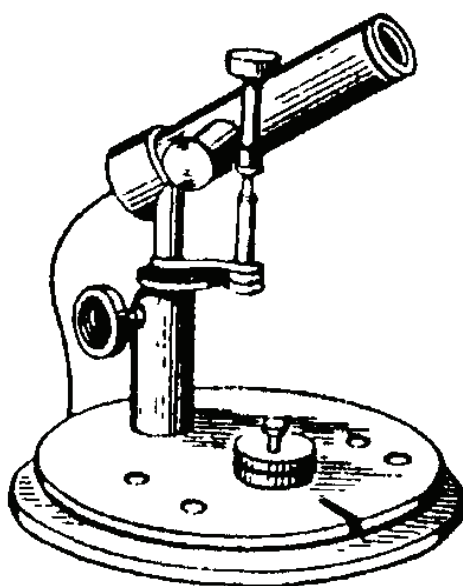


Рис. 4.110. Актинометр

Чувствительным элементом актинометра (рис. 4.110) является алюминиевая пластинка, на которой в шахматном порядке расположены зачерненные и блестящие секции. Эта пластина через термопару подсоединена к гальванометру, проградуированному в единицах интенсивности падающих на приемник ИК-лучей, Вт/м². Принцип действия прибора основан на том, что зачерненные и блестящие полосы алюминиевой пластины обладают различной лучепоглощающей способностью. Зачерненные полосы, поглощая во много раз больше ИК-лучей, чем блестящие, нагреваются при облучении сильнее, что способствует образованию термоэлектрического тока.

По результатам контроля составляют протокол, в котором дают оценку результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите источники УФ-излучения.
2. Каковы последствия воздействия УФ-излучения на человека?
3. Назовите СИЗ от УФ-излучения.
4. Перечислите приборы для контроля УФ-излучения и принцип их работы.

5. Назовите источники лазерного излучения.
6. Каковы последствия воздействия лазерного излучения на человека?
7. Приведите классификацию средств коллективной защиты от лазерного излучения.
8. Охарактеризуйте классификацию СИЗ от лазерного излучения.
9. Какие приборы используются при контроле лазерного излучения? Каков принцип их работы?
10. Как оказать первую помощь при поражении лазерным излучением?
11. Назовите источники ионизирующих излучений.
12. Каково действие ионизирующих излучений на человека?
13. Охарактеризуйте принципы нормирования ионизирующих излучений.
14. Что такое радиационная безопасность?
15. Что включает в себя радиационный контроль?
16. Какие приборы используются при контроле ионизирующих излучений? Каков принцип их работы?
17. Как оказать первую помощь при поражении ионизирующими излучениями?
18. Перечислите источники электромагнитных полей и излучений.
19. Назовите основные характеристики ЭМП.
20. Как классифицируют электромагнитные излучения.
21. Как нормируются ЭМП промышленной частоты?
22. Как оценивают эффективность экранирования?
23. Какие приборы используются при контроле ЭМП и излучений? Каков принцип их работы?
24. Назовите СИЗ от ЭМП и излучений.

4.9. Тяжесть и напряженность трудового процесса

Несмотря на то что индустриализация повсюду сопровождается механизацией погрузочно-разгрузочных и складских работ, во многих отраслях промышленности все еще распространено перемещение грузов вручную. Расстояния, на которые перемещаются грузы обычно невелики, однако сами грузы из-за особенностей товарной упаковки или трудностей, связанных с его разборкой, бывают тем не менее очень тяжелыми.

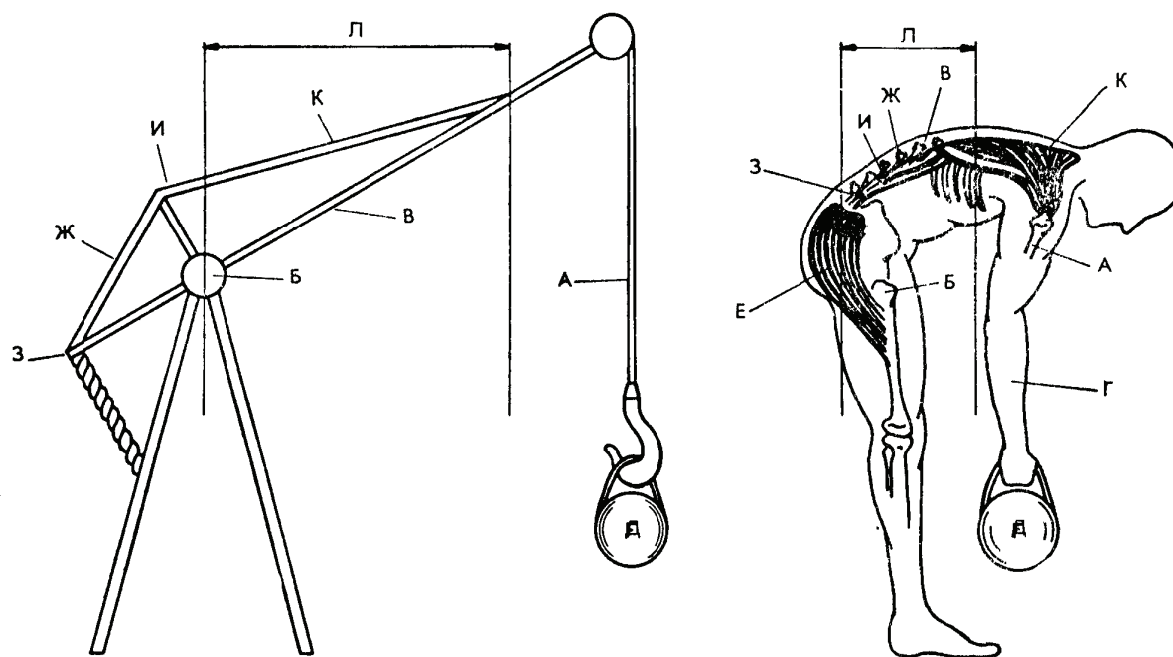


Рис. 4.111. Подъем груза человеком: А – плечевая кость; Б – тазобедренный сустав; В – позвоночный столб; Г – рука; Д – груз; Е – ягодичные мышцы; Ж – мышцы спины; З – пятый поясничный позвонок; И – остистый отросток позвонка; К – трапециевидная мышца; Л – расстояние от центра масс комбинированной системы «тело – груз» до пояснично-крестцового сочленения

Подъем и перемещение тяжестей вручную сопровождается напряжением мышц. В процессе подъема тяжестей тело человека можно сравнить с грузоподъемным краном (рис. 4.111).

Перемещение тяжести сопровождается выраженным статическим напряжением во многих группах мышц и опорно-двигательном аппарате. Статические мышечные усилия характеризуются преобладанием напряжения над расслаблением. При этом работа мышц осуществляется в анаэробных, т. е. в бескислородных условиях. Клетки и ткани мышц получают энергию в результате диссимиляции, расщепления сложных органических веществ до углекислого газа и воды. Примером может служить гликолиз – расщепление глюкозы, которое протекает в два основных этапа – бескислородный и кислородный. На бескислородном этапе молекула глюкозы расщепляется до молочной кислоты, причем выделяется небольшое количество энергии и образуется всего две молекулы АТФ.

АТФ – это основное энергетическое вещество клетки, единица измерения энергии в клетке, все процессы превращения энергии сопровождаются синтезом или распадом АТФ. При статических мышечных

усилиях, когда мышцы сжаты, кровеносные сосуды сдавлены, в клетки не поступает кислород, гликолиз останавливается на бескислородном этапе, энергия не образуется, в клетках накапливается молочная кислота $C_3H_6O_3$, появляется чувство утомления, боль в мышцах. При чередовании напряжения мышц и расслабления гликолиз идет в два этапа, молочная кислота расщепляется до углекислого газа и воды, и при этом клетки получают почти в 20 раз больше энергии – 38 молекул АТФ. Таким образом, при правильном чередовании статических и динамических мышечных усилий можно длительно сохранять работоспособность.

Статическое напряжение во многих группах мышц и опорно-двигательном аппарате приводит к возрастанию нагрузки на систему кровообращения и дыхания, на сердце, увеличению частоты сердечных сокращений (ЧСС). Под влиянием резких нагрузок, особенно таких, которые сопровождаются напряжением в мышцах верхних конечностей, происходит обездвиживание дыхательных мышц, грудной клетки, сокращение просвета голосовой щели, сдавливание органов грудной клетки и брюшной полости вследствие повышения давления в них.

Показатель условий труда, отражающий преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма работника (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его трудовую деятельность, называется *тяжестью трудового процесса*. Количественными показателями тяжести трудового процесса являются физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения, рабочая поза и наклоны в пространстве.

По характеру работы мышц физическую нагрузку подразделяют на динамическую, статическую и смешанную (статику-динамическую).

Нагрузка динамическая характеризуется периодическими сокращениями и расслаблениями скелетных мышц в целях перемещения тела или отдельных его частей, а также выполнения определенных рабочих действий.

Нагрузка статическая – это вид мышечных напряжений, характеризующийся непрерывным сокращением (без изменения длины скелетных мышц) в целях удержания положения тела или отдельных его частей, а также выполнения определенных рабочих действий (удержание груза, приложение усилий).

В зависимости от мышечной массы, необходимой для выполнения той или иной работы, физическую нагрузку человека принято подразделять на три вида: локальную, региональную и общую (глобальную).

Локальная работа (нагрузка) – работа, в которой участвует менее 1/3 мышечной мускулатуры; нагрузка ложится преимущественно на мышцы пальцев, кистей и предплечий.

Региональная мышечная работа – работа, в которой участвует от 1/3 до 2/3 массы скелетной мускулатуры с преимущественной нагрузкой на мышцы рук и плечевого пояса.

Общая (глобальная) работа – работа, выполняемая более 2/3 массы скелетной мускулатуры при участии обширных групп мышц туловища и конечностей.

Физическую динамическую нагрузку A выражают в единицах внешней механической работы – кгм. Для подсчета физической динамической нагрузки определяют массу груза P , перемещаемого вручную в каждой операции и путь его перемещения. Физическую динамическую нагрузку рассчитывают по формуле

$$A = [P \cdot H + (P \cdot H_1/2) + (P \cdot L/9)] \cdot 6,$$

где H – высота подъема груза, м; H_1 – высота опускания груза, м; L – расстояние перемещения груза по горизонтали, м.

Если работа связана только с перемещением груза вверх, то величина физической динамической нагрузки

$$A = P \cdot H \cdot 6,$$

если же работа связана только с опусканием груза, то величина физической динамической нагрузки

$$A = P \cdot H_1 \cdot 3.$$

По величине физической нагрузки определяют тяжесть труда. *Труд физический тяжелый* – это труд, при котором физическая нагрузка на работника в течение смены при перемещении груза по горизонтали вручную превышает для женщин 0,62 МДж (62 000 кгм) и для мужчин 1,04 МДж (104 000 кгм) или соответствует одному из следующих условий работы:

суммарная масса перемещаемого вручную груза за смену с рабочей поверхности (стола, станины, ленты конвейера и т. п.) на расстояние более 9 м превышает 7 т для женщин и 12 т для мужчин. При аналогичном перемещении груза с пола суммарная масса не должна превышать 3 т для женщин и 5 т для мужчин;

суммарная масса груза, сбрасываемого вниз или перемещаемого с помощью ручных инструментов (лопат, вил и т. п.) на горизонтальной поверхности (земля–земля, пол–пол и др.) на расстояние до 2 м, превышает 10 т для женщин и 15 т для мужчин;

суммарная масса груза, поднимаемого с помощью ручных инструментов, превышает для женщин 5,5 т при подъеме на высоту более 1 м и 8 т для мужчин при подъеме на высоту более 1,2 м;

максимальная разовая масса груза, перемещаемого с рабочей поверхности при выполнении за смену более 240 операций, с пола при выполнении за смену более 120 операций, превышает для женщин 10 кг, а для мужчин – 30 кг при перемещении груза вручную с рабочей поверхности и выполнении за смену более 200 операций и с пола – при выполнении за смену более 100 операций;

масса груза превышает для женщин 3 кг, а для мужчин 5 кг при его удержании или поддержании одной рукой (статическая нагрузка) в течение более 2,5 ч за смену;

масса груза превышает для женщин 7 кг, а для мужчин 11 кг при его удержании или поддержании двумя руками в течение 2,5 ч за смену.

Для определения массы груза (принимаемого или переносимого) его взвешивают или определяют по документам. Для определения суммарной массы груза, перемещаемого в течение каждого часа смены, вес всех грузов суммируется.

Стереотипные рабочие движения – это многократно повторяющиеся одинаковые перемещения тела или части тела из одного положения в другое. Стереотипные рабочие движения в зависимости от нагрузки делятся на локальные и региональные. Работы, для которых характерны локальные движения, как правило выполняются в быстром темпе. Поскольку при этих работах темп, т. е. количество движений в единицу времени, практически не меняется, то, подсчитав число движений за 10–15 мин, можно узнать количество движений за 1 мин и за все время работы. Региональные рабочие движения (с участием мышц рук и плечевого пояса) выполняются в более медленном темпе и их легко подсчитать за 10–15 мин или за 2–3 повторяемые операции и после этого рассчитать за смену (зная время работы или количество проведенных операций).

Статическую нагрузку, связанную с удержанием груза или приложением усилий без перемещения тела или его отдельных частей, рассчитывают путем перемножения двух параметров: величины усилия и времени его приложения. На практике это и удержание груза на весу или усилия, прикладываемые для перемещения груза. Величину усилий

определяют или путем взвешивания груза или путем динамометрических измерений. Время приложения усилий определяют на основании хронометражных измерений.

Рабочую позу подразделяют на свободную, неудобную, фиксированную и вынужденную. *Свободная поза* («сидя–стоя»), когда работник может по своему усмотрению изменять позу из положения «сидя» в положение «стоя» и наоборот, по своему желанию сделать перерыв в работе. *Неудобная поза* – это такая поза, когда при работе сидя или стоя положение отдельных частей тела такое, при котором работник прилагает усилия для их удержания (работа в наклонном положении, работа с поднятыми руками, повернутым корпусом тела и др.).

Фиксированная поза – это такая поза, когда работник не может изменить положение сидя или стоя по своему желанию длительное время.

Вынужденная поза – это поза на коленях, на корточках, вися на предохранительном поясе и др. Время нахождения в таких позах определяют с помощью хронометражных исследований.

При оценке тяжести трудового процесса учитывают только наклоны более 30°. Число наклонов за смену определяют путем их подсчета.

Для подсчета перемещений в пространстве, переходов, обусловленных технологическим процессом в течение смены, используют шагомер. Определив количество шагов, их умножают на длину шага.

Общую оценку тяжести трудового процесса проводят на основе всех приведенных семи показателей.

По показателям тяжести трудового процесса условия труда подразделяют на три класса согласно Р 2.2.755–99 (рис. 4.112):

- 1-й класс – оптимальный (легкая физическая нагрузка);
- 2-й класс – допустимый (средняя физическая нагрузка);
- 3-й класс – вредный (тяжелый труд) трех степеней (3.1, 3.2, 3.3).

Определяют класс вредности для каждого показателя, а окончательную общую оценку устанавливают по наибольшему классу из показателей; при наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общую оценку устанавливают на одну ступень выше.

Задача 43

Рабочий (мужчина) поворачивается, берет с конвейера деталь (масса 2,5 кг), перемещает ее на свой рабочий стол (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на конвейер и берет следующую. Всего за смену рабочий обрабатывает около 1 200 деталей.



Рис. 4.112. Классификация условий труда по тяжести и напряженности трудового процесса

Рассчитать внешнюю механическую работу и определить класс условий труда по этому показателю.

Решение

Для расчета внешней механической работы вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на два, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на стол и обратно), а затем на количество деталей за смену. Итого получаем: $2,5 \text{ кг} \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 2 \cdot 1200 = 4800 \text{ кгм}$.

Работа региональная, расстояние перемещения груза до 1 м, следовательно согласно Р 2.2.755–99, по показателю физической динамической нагрузки работа относится к допустимому классу – 2 (физическая нагрузка средней тяжести).

Задача 44

Рабочий (мужчина), переносит ящик с деталями (в ящике 8 деталей по 2,5 кг каждая, вес самого ящика 1 кг) со стеллажа на стол (6 м), затем берет детали по одной (масса 2,5 кг), перемещает ее на станок (расстояние 0,8 м), выполняет необходимые операции, перемещает деталь обратно на стол и берет следующую. Когда все детали в ящике обработаны, работник относит ящик на стеллаж и приносит следующий ящик. Всего за смену он обрабатывает 600 деталей.

Рассчитать внешнюю механическую работу и определить класс условий труда по этому показателю.

Решение

Для расчета внешней механической работы при перемещении деталей на расстояние 0,8 м вес деталей умножаем на расстояние перемещения и еще на два, так как каждую деталь рабочий перемещает дважды (на стол и обратно), а затем на количество деталей за смену:

$$0,8 \text{ м} \cdot 2 \cdot 600 = 960 \text{ м}.$$

Итого получаем: $2,5 \text{ кг} \cdot 960 \text{ м} = 2\,400 \text{ кгм}$.

Для расчета внешней механической работы при перемещении ящиков с деталями (21 кг) на расстояние 6 м вес ящика умножаем на два (так как каждый ящик переносили два раза), на количество ящиков (75) и на расстояние 6 м.

Итого: $2 \cdot 6 \text{ м} \cdot 75 = 900 \text{ м}$.

Далее 21 кг умножаем на 900 м и получаем 18 900 кг · м.

За смену суммарная внешняя механическая работа составила 21 300 кгм. Общее расстояние перемещения – 1 860 м (900 м + 960 м). Для определения среднего расстояния перемещения $1\,800 \text{ м} / 1\,350 \text{ раз}$ и получаем 1,37 м. Следовательно, полученную внешнюю механическую работу следует сопоставлять с показателем перемещения от 1 до 5 м.

Вывод: согласно Р 2.2.755–99 по внешней механической работе – допустимый класс 2 (физическая нагрузка средней тяжести).

Задача 45

Масса поднимаемого груза – 21 кг, рабочий груз поднимал 150 раз за смену, т. е. это часто поднимаемый груз (более 16 раз за смену), всего 75 ящиков, каждый из которых поднимался два раза.

Определить класс условий труда по массе поднимаемого груза.

Решение

Согласно Р 2.2.755–99 по массе поднимаемого груза работу следует отнести к вредному классу второй степени – 3.2.

В соответствии с Р 2.2.755–99 труд по степени напряженности трудового процесса подразделяют на следующие классы:

1-й класс – оптимальный (напряженность труда легкой степени);

2-й класс – допустимый (напряженность труда легкой степени);

3-й класс – напряженный труд трех степеней (3.1, 3.2, 3.3).

Критериями отнесения труда к тому или иному классу являются следующие нагрузки:

интеллектуальная – степень интеллектуальной нагрузки, зависящая от содержания и характера выполняемой работы, степени ее сложности, длительности сосредоточенного внимания, количества сигналов за час работы, числа объектов одновременного наблюдения;

сенсорная – нагрузка на зрение, определяемая в основном размерами минимальных объектов различения, длительностью работы за экранами мониторов;

эмоциональная – нагрузка, зависящая от степени ответственности и значимости ошибки, степени риска для собственной жизни и безопасности других людей;

монотонность – нагрузка, определяемая продолжительностью выполнения простых или повторяющихся операций;

режим работы – характеризуется продолжительностью рабочего дня и сменностью работы.

Каждый из этих видов нагрузки определяют несколькими показателями, а общее их количество равно 22. По этим показателям производят оценку напряженности трудового процесса, учитывая содержание работы, т. е. степень сложности выполнения задания: от решения простых задач до творческой деятельности с решением сложных заданий при отсутствии алгоритма, степень ответственности и др.

Например, в задачу лаборанта химического анализа нефтепродукта входят следующие операции: отбор проб, приготовление реактивов, обработка проб (с помощью химрастворов, сжигания) и количественная оценка содержания анализируемых веществ в пробе нефтепродукта. Каждая операция имеет четкие инструкции, ясно сформулированные цели и predetermined конечный результат с известной последовательностью действий, т. е. по указанным выше признакам он решает простые задачи (класс 2). Работа инженера-химика, например, носит совершенно иной характер. Вначале он должен определить качественный

состав пробы, используя иногда сложные методы качественного анализа (планирование задачи, выбор последовательности действий и анализ результатов подзадачи), затем разработать модель выполнения работ для лаборантов, используя информацию, полученную при решении предыдущей подзадачи. Затем на основе всей полученной информации инженер проводит окончательную оценку результатов, т. е. задача может быть решена только с помощью алгоритма как логической совокупности правил (класс 3.1).

Чем больше число поступающих и передаваемых сигналов или сообщений, тем выше информационная нагрузка, приводящая к возрастанию напряженности. Наибольшее число связей и сигналов с наземными службами и с экипажами воздушных судов отмечается у авиадиспетчеров – более 300 за 1 ч работы (класс 3.2).

Снижение тяжести труда рекомендуется осуществлять в зависимости от конкретной организации труда:

- путем механизации и автоматизации трудоемких операций;
- изменения интенсивности работы;
- правильной организации рабочего места;
- смены видов деятельности;
- чередования производственных операций;
- повышения уровня профессиональной подготовки;
- введения рационального режима труда и отдыха.

Механизированный способ погрузочно-разгрузочных работ является обязательным для грузов весом более 50 кг, а также при подъеме грузов на высоту более 1,5 м.

Производить погрузку, разгрузку грузов вручную можно, если масса (вес) груза не превышает норм, установленных действующим законодательством, например, 50 кг для мужчин старше 18 лет, для женщин (табл. 4.110).

Таблица 4.110

Нормы предельно-допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную*

Характер работы	Предельно допустимая масса груза
Подъем и перемещение тяжестей при чередовании с другой работой (до двух раз в час)	10 кг
Подъем и перемещение тяжестей постоянно в течение рабочей смены	7 кг

Окончание табл. 4.110

Характер работы	Предельно допустимая масса груза
Величина динамической работы, совершаемой в течение каждого часа рабочей смены, не должна превышать:	
с рабочей поверхности	1750 кгм
с пола	875 кгм

Примечания. 1. В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается масса тары и упаковки.

2. При перемещении грузов на тележках или контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать 10 кг.

Задача 46

Рассчитать усилие, необходимое для горизонтального перемещения груза $M_{гр} = 1\ 000$ кг на тележке массой $M_T = 150$ кг (диаметр колеса тележки $D = 20$ см) с подшипниками качения и резиновым ободом.

Решение

1. Расчетное тяговое усилие

$$F = (M_T + M_{гр}) \cdot g \cdot K_d, \text{ Н},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; K_d – коэффициент сопротивления движению,

$$K_d = \frac{2}{D} \cdot (f_{тр} + f_{кач}),$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения колес о настил, $f_{тр} = 0,12\text{--}0,15$ (в расчетах принимаем $f_{тр} = 0,15$); $f_{кач}$ – коэффициент трения качения в опорах, $f_{кач} = 0,04\text{--}0,06$ (в расчетах принимаем $f_{кач} = 0,06$), тогда

$$F = (150 + 1000) \cdot 9,81 \cdot \frac{2}{20} \cdot (0,15 + 0,06) = 237 \text{ Н}.$$

Для сдвига тележки с грузом с места расчетное тяговое усилие увеличиваем на 50 %, т. е. на $237 \cdot 0,5 \approx 119$ Н.

2. Необходимое усилие для горизонтального перемещения тележки с грузом

$$F_{необх} = 237 + 119 + 356 \text{ Н};$$

3. Согласно нормам при перемещении грузов на тележках допустимое усилие не должно превышать 392 Н для мужчины и 98 Н – для женщины.

Вывод: по условиям безопасности для перемещения груза на тележке требуется один рабочий.

При физической работе для предупреждения утомления важное значение имеют правильная организация рабочих движений, чередование статических и динамических мышечных усилий, а также режима труда и отдыха.

Длительность отдыха определяют по формуле

$$T_{o/оп} = [(P_{фп} - \Phi_{по}) / (ПДВ_{см} - \Phi_{по}) - 1] \cdot 100,$$

где $T_{o/оп}$ – время отдыха в % к оперативному времени (длительности всех операций в смене, исключая отдых); $P_{фп}$ – рабочий физиологический показатель (абсолютное значение ЧСС, энерготрат или минутного объема дыхания в среднем при работе); $\Phi_{по}$ – физиологический показатель при отдыхе (для частоты сердечных сокращений принимается 70 в 1 мин, для энерготрат 1 ккал/мин, для минутного объема дыхания 6 л); $ПДВ_{см}$ – предельно допустимая величина среднесменного физиологического показателя (табл. 4.111).

Таблица 4.111

Физиологические нормативы физического напряжения при труде

Критерии напряжения организма	Предельно-допустимые величины				Оптимум
	при работе продолжительностью, ч				
	1; 2	3; 4	5; 6	7–8	7–8
Частота сердечных сокращений в 1 мин – при работе:					
а) общей	130	120	110	100	85–95
б) региональной	120	110	100	90	75–85
в) локальной	100	95	90	85	75–82
при операциях с преобладанием статической нагрузки	105	100	95	90	80–87
Энерготраты, ккал/мин при работе:					
а) общей	9,0	7,5	6,0	4,2	1,8–3,5
б) региональной	6,0	4,2	3,5	2,8	1,7–2,5
в) локальной	2,8	2,5	2,1	1,7	1,2–1,5

Окончание табл. 4.111

Критерии напряжения организма	Предельно-допустимые величины				Оптимум
	при работе продолжительностью, ч				
	1; 2	3; 4	5; 6	7–8	7–8
Минутный объем дыхания, л, при работе:					
а) общей	40	30	24	18	10–15
б) региональной	28	21	18	14	9–13
в) локальной	15	12	10	9	7–8
Кожно-легочные влагопотери, г/ч	800	600	420	250	70–210
Процент снижения статической выносливости при усилии в 0,75 максимальной силы мышц	5	10	15	20	5–10

Примечания: 1. Продолжительность работы 1, 3, 5 ч принимают для женщин, 2, 4, 6 ч – для мужчин, 7–8 ч – для тех и других.

2. Под общей подразумевается работа с участием обширных мышечных групп (ног и туловища и др.), под региональной – работа мышц, плечевого пояса и верхних конечностей, под локальной – работа мышц предплечья и кисти.

3. Величины частоты сердечных сокращений при общей работе принимают ниже на 5 в 1 мин для лиц старше 30 лет и на 10 в 1 мин – для лиц старше 40 лет. При региональной и локальной работах соответствующие для указанных возрастных групп поправки составляют 3 и 7 в 1 мин.

4. При общей работе в комбинации с тепловой нагрузкой величины частоты сердечных сокращений принимают ниже приведенных на 5 в 1 мин.

5. Энерготраты, минутный объем дыхания и влагопотери даны для людей весом 80 кг. Для приведения полученных данных к этой величине их надо разделить на средний вес в опытной группе и умножить на 70.

При применении бригадных форм организации труда предусматривают разделение и кооперирование труда: периодическое чередование разных видов работы, замену более интенсивной работы менее интенсивной, более высокого темпа – менее высоким. При чередовании видов работы происходит изменение рабочей позы и переключение нагрузки с одних мышечных групп на другие. В бригадах, состоящих из мужчин и женщин, физическая нагрузка для женщин должна быть на 40 % меньше, чем для мужчин.

При проектировании конвейерно-поточного процесса предусматривают следующие параметры трудового процесса, не вызывающие выраженного состояния монотонии:

число элементов в многократно повторяющейся операции не должно быть менее 6;

время выполнения операции не должно быть менее 25 с;

время наблюдения за ходом производственного процесса без активных действий не должно превышать 80 % продолжительности рабочей смены.

Уменьшение монотонности труда осуществляют следующим образом:

путем укрупнения производственных операций в более сложные и разнообразные по содержанию, внедрения методов узловой сборки с автономным ритмом;

изменения темпа движения конвейера в соответствии с динамикой работоспособности;

периодического, 2–3 раза в час, кратковременного (на 2–3 мин) ускорения темпа работы (на 5–10 %);

автоматизации и механизации наиболее простых операций;

чередования работы в относительно свободном и заданном темпах, производственных операций, подобранных с учетом конкретных условий деятельности (смену операций производят от 2–4 раз за рабочую смену);

применения рациональных режимов труда и отдыха: внедрения регламентированных перерывов по 5–10 мин через каждые 60–120 мин работы;

увеличения освещения при зрительно-напряженных однообразных работах на 20 % в течение 1–2 мин ежечасно, начиная со второго часа работы.

При проектировании технологических процессов учитывают показатели напряженности трудового процесса, не вызывающие развития нервно-эмоционального перенапряжения:

количество подаваемой информации (плотность сигналов) не должно превышать 175 в ч;

число производственных объектов одновременного наблюдения должно быть не более 10;

длительность сосредоточенного наблюдения не должна превышать 50 % от времени смены;

время активных действий должно составлять не менее 10 % продолжительности рабочей смены.

Снижение напряженности трудового процесса осуществляют, в зависимости от конкретной организации труда, путем совершенствования форм, частоты подаваемой информации, рациональной организации рабочего места, введения рационального режима труда и отдыха, повышения уровня профессиональной подготовки и квалификации.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое тяжесть трудового процесса и как производят ее оценку?
2. Что такое напряженность трудового процесса и как производят ее оценку?
3. Как снизить тяжесть трудового процесса?
4. Как снизить напряженность трудового процесса?
5. Что такое утомление?
6. Приведите классификацию условий труда по тяжести трудового процесса.
7. Приведите классификацию условий труда по напряженности трудового процесса.
8. Как определяют физическую нагрузку?
9. Какие факторы учитывают при расчете времени на отдых при тяжелом физическом труде?
10. Что такое монотонность труда?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материал, приведенный в первой части учебного пособия, позволит уяснить сущность проблемы обеспечения безопасности и охраны труда человека в производственной сфере. При этом следует учитывать многообразие опасных и вредных производственных факторов, сложность современных производств и технологий, где используются подъемно-транспортные машины и механизмы, и то, что достичь абсолютной безопасности не представляется возможным. Поэтому целью специалистов является обеспечение максимально возможного уровня безопасности посредством организационных, технических решений по предупреждению несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Труд является основой достижения человеком возможных благ для обеспечения определенного жизненного уровня и его благосостояния. Труд, как известно, состоит из таких основных элементов, как предметы, средства, продукты и условия труда.

Условия труда – это внешние факторы, производственная обстановка и конструктивно-эксплуатационные характеристики подъемно-транспортных машин и механизмов, которые оказывают воздействие на человека, производительность и качество его труда.

Внешние факторы определяют и санитарно-гигиенические условия труда. К ним относятся: освещенность (естественная, искусственная, общее, местное и другое освещение рабочего места), относительная влажность воздуха, температура воздуха, ограждающих строительных конструкций, скорость движения воздуха, загазованность, запыленность, шум, вибрация, инфракрасные, электромагнитные, ионизирующие излучения и т. д.

Создание оптимальных или допустимых условий труда и контроль за их соблюдением позволяют максимально долго сохранять высокую работоспособность человека, способствует росту производительности труда, что сказывается на экономической эффективности всего производства.

Психофизиологические условия труда зависят от тяжести труда и от нервно-психического напряжения, которое в свою очередь обусловлено сложностью работы, ответственностью за ее результаты, от применяемых подъемно-транспортных машин и механизмов, информированности, степени контроля и организации производственного процесса.

К эстетическим условиям труда относят цветовое оформление, архитектурно-планировочные решения при организации рабочего места, промышленную чистоту, а также санитарно-бытовое обслуживание и др.

ПЕРЕЧЕНЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ И ДРУГИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ЕН 1070–2003. Безопасность оборудования. Термины и определения.
ЕН 1005–2–2003. Безопасность машин. Физические возможности человека. Ч. 2. Максимальные усилия при управлении объектами, связанными с машинами.

ЕН 30869–2003. Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Пневматика.

ЕН 31169–2003. Шум машин. Измерения уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках. Ориентировочный метод на месте установки.

ЕН 31171–2003. Шум машин. Выбор метода измерения уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках.

ЕН 31177–2003. Безопасность машин. Требования безопасности к пневматическим и гидравлическим агрегатам и узлам. Гидравлика.

ЕН 31202–2003. Машины напольные безрельсового электрифицированного транспорта. Рабочее место водителя.

ЕН 31217–2003. Безопасность машин. Снижение риска для здоровья от вредных веществ, выделяющихся при эксплуатации машины. Ч. 1. Основные положения для изготовителей машин.

ГОСТ 3.1120–83. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации.

ГОСТ 8.357–79. Средства измерения параметров лазерного излучения. Диапазоны энергетические, спектральные, временные.

ГОСТ 21889–76. СЧМ. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.

ГОСТ 22269–76. СЧМ. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

ГОСТ 21752–76. СЧМ. Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования.

ГОСТ 21753–76. СЧМ. Рычаги управления. Общие эргономические требования.

ГОСТ 21829–76. СЧМ. Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования.

ГОСТ 26568–85. Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация.

ГОСТ 12.0.001–82. ССБТ. Основные положения.

ГОСТ 12.0.002–80. ССБТ. Термины и определения.

ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ Р 51333–99. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Термины, технологические решения и технические условия.

ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.

ГОСТ Р 12.0.006–2002. ССБТ. Управление охраной труда в организации.

ГОСТ 12.1.001–83. ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.002–84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты.

ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004–85. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот.

ГОСТ 12.1.010–76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.014–84. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками.

ГОСТ 12.1.016–79. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ.

ГОСТ 12.1.019–79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.029–80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

ГОСТ 12.1.030–81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

ГОСТ 12.1.040–83. ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения.

ГОСТ 12.1.031–83. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения.

ГОСТ 12.1.042–84. ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах.

ГОСТ 12.1.043–84. ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях.

ГОСТ 12.1.045–84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни напряженности на рабочих местах и требования к проведению контроля.

ГОСТ 12.1.046–85. ССБТ. Нормы освещения строительных площадок.

ГОСТ 12.2.007.0–75. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 12.2.011–2003. ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.3–75. ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности.

ГОСТ Р 50571.3–94. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

ГОСТ Р 50571.10–96. Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники.

ГОСТ Р 50571.2–94. Электроустановки зданий. Ч. 3. Основные характеристики.

ГОСТ Р 50571.1–93. Электроустановки зданий. Основные положения.

ГОСТ Р 50571.8–94. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Общие требования по применению средств защиты для обеспечения безопасности. Требования по применению мер защиты от поражения электрическим током.

ГОСТ Р 50571.22–2000. Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Разд. 707. Заземление оборудования обработки информации.

ГОСТ Р 50571.18–2000. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Разд. 442. Защита электроустановок до 1 кВ от напряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ.

ГОСТ Р 50571.21–2000. Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Разд. 548. Заземляющие устройства

и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.

ГОСТ Р 50571.9–94. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Применение мер защиты от сверхтоков.

ГОСТ 12.2.032–78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.033–78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.049–80. ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.061–82. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 12.2.143–2002. Системы эвакуационные фотолюминесцентные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля.

ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.3.047–98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГОСТ 12.4.001–80. ССБТ. Очки защитные. Термины и определения.

ГОСТ 12.4.003–80. ССБТ. Очки защитные. Типы.

ГОСТ 12.4.009–83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

ГОСТ 12.4.011–87. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

ГОСТ 12.4.012–83. ССБТ. Вибрация. Средства измерения.

ГОСТ 12.4.013–85. ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия.

ГОСТ 12.4.023–84. ССБТ. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля.

ГОСТ 12.4.026–2001. ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

ГОСТ 12.4.115–82. ССБТ. Средства индивидуальной защиты работающих. Общие требования к маркировке.

ГОСТ 12.4.120–83. ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующего излучения.

ГОСТ 16950–83. Техника радиационно-защитная. Термины и определения.

ГОСТ 12.4.123–83. ССБТ. Средства коллективной защиты от ИК излучения. Общие технические требования.

ГОСТ 12.4.125–83. ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.

ГОСТ 12.4.153–85. ССБТ. Очки защитные. Номенклатура показателей качества.

ГОСТ 9411–81Е. Стекло цветное оптическое. Технические условия.

ГОСТ 16948–79. Источники света искусственные. Методы определения плотности потока энергии УФ излучения.

ГОСТ 19605–74. Организация труда. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 20445–75. Здания и сооружения промышленных предприятий. Метод измерения шума на рабочих местах.

ГОСТ 24453–80. Измерения параметров и характеристик лазерного излучения. Термины, определения и буквенные обозначения величин.

ГОСТ 24469–80. Средства измерения параметров лазерного излучения. Общие технические требования.

ГОСТ 24940–81. Здания и сооружения. Метод измерения освещенности.

ГОСТ 25811–83. Средства измерений средней мощности лазерного излучения. Типы. Основные параметры. Методы измерений.

Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса Р 2.2.755–99.

ГН 2.2.5.2439–09 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Межотраслевая типовая инструкция по охране труда при работе с ручным электроинструментом ТИ Р М-073–2002, утвержденная Минэнерго РФ и Минтруда РФ 25 июля, 2 августа 2002 г.

Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия).

Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов ПОТ Р-М-007–98.

Межотраслевые правила при эксплуатации промышленного транспорта (напольный безрельсовый колесный транспорт) ПОТ Р М-008–99.

Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени

допустимого пребывания на холоде (утв. Департаментом госсанэпиднадзора Минздрава РФ 25 октября 2001 г. № 11-0/279-09).

Методические рекомендации «Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 июля 1980 г. № 2189-80).

МДС 12-19.2004 «Механизация строительства. Эксплуатация башенных кранов в стесненных условиях».

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): СанПиН 2.6.1.2523-09.

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612-10.

ПБ 09-170-97 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

Правила безопасности при транспортировании радиоактивных веществ (ПБТРВ-73).

Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: НЦ ЭНАС, 2003.

Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382-00).

Правила устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов (ПБ 10-77-94).

Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников-вышек (ПБ 10-611-03).

Правила устройства и безопасной эксплуатации платформ подъемных для инвалидов (ПБ 10-403-01).

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2003.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утвержденные приказом Минэнерго РФ от 19 июня 2003 г. № 229.

Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

РД-11-06-2007 «Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».

РД 50-418–83 «Методические указания. ССЭТЭ. Эргономическая оценка стационарного производственного оборудования. Порядок проведения и методы оценки».

РД 78.145–93 «Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ».

РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах».

РД 03-409–01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей».

Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации надземных крановых путей (РД 50:48:0075:03.05).

Руководство Р 2.2/2.6.1.1195-03 «Гигиенические критерии оценки условий труда и классификации рабочих мест при работах с источниками ионизирующего излучения».

Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров № 5804–91.

СанПиН 2.1.6.1032–01 «Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха населенных мест».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.2361–08 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

СанПиН 2.2.4/2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

СанПиН 2.6.1.1015–01 «Ионизирующие излучения. Радиационная безопасность. Гигиенические требования к эксплуатации радиоизотопных приборов».

СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых, общественных зданий».

СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СНиП 21-01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

СНиП 23-03–2003 «Защита от шума».

СНиП 2.04.09–84 «Пожарная автоматика зданий и сооружений».

СНиП 30-03–2001 «Производственные здания».

СНиП 30-04–2001 «Складские здания».

СНиП 41-01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

СНиП 2.05.07–91 «Промышленный транспорт».

СО 153.34.21.122–2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

СП 52.13320.2011 «Естественное и искусственное освещение».

СП 12-136-2002 «Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ».

СП 2.2.1.1312–03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».

СП 2.2.2.1327–03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».

СП 12-135–2003 «Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда».

СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности».

СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности».

СП 6.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности».

СП 4.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах. Требования пожарной безопасности».

Типовая инструкция для инженерно-технических работников по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных машин РД 10-40–93, с изменением № 1 [РДИ 10-388(40)–00].

Типовая инструкция по охране труда для государственных инспекторов, осуществляющих надзор за эксплуатацией грузоподъемных машин.

Типовое положение об ответственном за осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением РД 10-290–99.

Типовая инструкция для инженерно-технических работников, ответственных за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии РД 10-30–93, с изменением № 1 [РДИ 10-395 (30)–00].

Типовая инструкция для лиц, ответственных за безопасное производство работ подъемниками РД 10-332–99.

Типовая инструкция для крановщиков (машинистов) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов (автомобильных, пневмоколесных на специальном шасси автомобильного типа, гусеничных, тракторных) РД-10-74–94, с изменением № 1 [РДИ 10-26(74)–01].

Типовая инструкция по безопасному ведению работ для машинистов подъемников (вышек) РД 10-199–98.

Типовая инструкция для наладчиков приборов безопасности грузоподъемных кранов РД 10-208–98.

Типовая инструкция по безопасному ведению работ для рабочих люльки, находящихся на подъемнике (вышке) РД 10-198–98.

Типовая инструкция для стропальщиков по безопасному производству работ грузоподъемными машинами РД 10-107–96.

Типовая инструкция по охране труда для рабочих, выполняющих погрузочно-разгрузочные и складские работы ТИ Р М-001–2000.

Типовая инструкция по охране труда для водителей автопогрузчиков ТИ Р М-009–2000.

Типовая инструкция по охране труда для водителей электропогрузчиков ТИ Р М-010–2000.

Типовая инструкция по охране труда для рабочих, выполняющих погрузочно-разгрузочные и складские работы с легковоспламеняющимися, взрывоопасными и опасными в обращении грузами ТИ Р М-014–2000.

Типовая инструкция по охране труда для заведующего складом ТИ Р М-002–2000.

Типовая инструкция по охране труда для комплектовщика автоматизированного склада ТИ Р М-003–2000.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

К главе 1

1. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. – СПб.: Изд-во «Лань», 2000.
2. Безопасность и охрана труда / Н. Е. Гарнatina, Н. Г. Занько, Н. Ю. Золотарева [и др.]; под общ. ред. О. Н. Русака. СПб.: Изд-во МА-НЭБ, 2001.
3. Безопасность жизнедеятельности / под. общ. ред. С. В. Белова. М. : Высш. шк., 1999.
4. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности: конспект лекций: в 2 т / С. В. Белов, А. А. Морозова, В. П. Сивков; под. ред. С. В. Белова. – М. : ВАСОТ, 1992.

К главе 2

5. Гражданский кодекс Российской Федерации. – М. : Изд-во БЕК, 1999.
6. Трудовой кодекс Российской Федерации. – Новосибирск : РИ-ПЭЛ плюс, 2002.
7. Уголовный кодекс Российской Федерации. – М. : Рольф Айрис, 1996.
8. Эрделевский, А. М. Компенсация морального вреда: анализ законодательства и судебной практики. – М. : Изд-во БЕК, 2000.

К главе 3

9. Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих. – М. : МЦФЭР, 2006.
10. Сборник должностных инструкций. – М. : МЦФЭР, 2006.

К главе 4

11. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: справочник / С. В. Белов, А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин [и др.]; под ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989.
12. Белов, С. В. Безопасность производственных процессов / С. В. Белов. – М. : Высш. шк., 1999.
13. Юдин, Е. Я. Охрана труда в машиностроении / Е. Я. Юдин. – М. : Машиностроение, 1985.

14. Никитин, А. И. Охрана труда в лесном хозяйстве, легкой и деревообрабатывающей промышленности / А. И. Никитин. – М. : Изд-во «Лесная промышленность», 1969.

15. Отделкин, Н. С. Борьба с пылью при перегрузке навалочных грузов грейферными кранами и перегружателями / Н. С. Отделкин, А. С. Слюсарев // Безопасность труда в промышленности. – 2006, № 3.

16. Кабаков А. М. Снижение вибраций рабочего места машиниста крана / А. М. Кабаков, А. И. Пабат, А. Н. Орлов // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 5.

17. Вибрации в технике: справочник: в 6 т. – М. : Машиностроение, 1981.

18. Глебова, Е. В. Производственная санитария и гигиена труда / Е. В. Глебова. – М. : Высш. шк., 2005.

19. Калинина, В. М. Техническое оснащение и охрана труда в общественном питании / В. М. Калинина. – М. : Мастерство, 2000.

20. Бобровников, Н. А. Охрана воздушной среды от пыли на предприятиях строительной индустрии / Н. А. Бобровников. – М. : Стройиздат, 1981.

21. Любченко, Л. Н. Значение новых диагностических технологий для оценки прогноза профзаболеваний / Л. Н. Любченко // Медицина труда и профзаболеваний. – 2001. – № 12.

22. Денисов, Э. И. Совершенствование подходов к оценке риска и социальной защите работников на основе документов МОТ по медицине труда / Э. И. Денисов // Медицина труда и профзаболеваний. – 2003. – № 6.

23. Денисов, Э. И. Физические основы и методика расчета дозы шума / Э. И. Денисов // Гигиена труда и профзаболеваний. – 1979. – № 11.

24. Хван, Т. А. Основы безопасности жизнедеятельности / Т. А. Хван, П. А. Хван. – Ростов-н/Д: ФЕНИКС, 2000.

25. Чистов, Ю. М. Техника радиационной защиты / Ю. М. Чистов. – М. : Машиностроение, 1989.

26. Касаткин, Ф. П. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса / Ф. П. Касаткин, С. И. Коновалов, Э. Ф. Касаткина. – М. : Академический Проект, 2005.

27. Бабалов, А. Ф. Промышленная теплозащита в металлургии / А. Ф. Бабалов. – М. : Металлургия, 1971.

28. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев [и др.] – М. : Высш. шк., 2001.

29. Зубрев, Н. И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н. И. Зубрев. – М. : УМК МПС России, 1999.

30. Кнорринг, Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг. – М. : Машиностроение, 1976.

31. Левочкин, Н. И. Инженерные расчеты по охране труда / Н. И. Левочкин. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1987.

32. Пушкин, В. И. Справочник по охране труда для мастера-строителя: в 3 ч. / В. И. Пушкин. – М. : Профиздат, 2001.

33. Девисилов, В. А. Охрана труда: учеб. / В. А. Девисилов. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004.

34. Харланов, С. А. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха / С. А. Харланов, В. А. Степанов. – М. : Высш. шк., 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Теоретические основы безопасности производственной деятельности человека	5
1.1. Потенциальные опасности производственной среды и трудового процесса	5
1.2. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности	21
Ориентирующие принципы	22
Технические принципы	26
Управленческие принципы	31
Организационные принципы	31
Методы обеспечения безопасности	32
Средства обеспечения безопасности	33
Контрольные вопросы и задания	47
Глава 2. Основы законодательства о труде и об охране труда	48
2.1. Законодательные, нормативные и правовые акты о труде и об охране труда	48
2.2. Техническое регулирование и стандартизация	54
2.3. Аттестация рабочих мест по условиям труда	57
2.4. Система сертификации работ по охране труда	62
2.5. Государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и об охране труда	64
2.6. Ответственность за нарушение законодательства о труде и об охране труда	66
2.7. Возмещение и компенсация вреда при нарушении законодательства о труде и об охране труда	69
Контрольные вопросы и задания	77
Глава 3. Организационные основы безопасности производственной деятельности человека	78
3.1. Система управления охраной труда	78
3.2. Планирование и финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда	87
3.3. Пропаганда охраны труда	89
3.4. Профессиональный отбор и проверка знаний в области охраны труда	91
3.5. Инструкции по охране труда	96

3.6. Санитарно-бытовое обеспечение работников.....	101
3.7. Социальные гарантии, льготы и компенсации работникам	105
3.8. Расследование, регистрация и учет несчастных случаев на производстве	108
3.9. Расследование, регистрация и учет профессиональных заболеваний (отравлений)	114
3.10. Анализ профессионального риска.....	118
3.11. Экономическая эффективность от внедрения мероприятий по охране труда.....	123
Контрольные вопросы и задания.....	127
Глава 4. Производственная санитария.....	129
4.1. Классификация вредных веществ и их действие на человека.....	129
Расчет выбросов вредных веществ при техническом обслуживании и текущем ремонте строительно-дорожных машин	138
Расчет выбросов вредных веществ при аккумуляторных работах	146
Расчет выбросов вредных веществ при обкатке и испытании двигателей после ремонта.....	148
Расчет выбросов вредных веществ при перегрузочных работах	151
Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны	156
Требования к технологическим процессам, оборудованию, материалам, характеризующимся применением и выделением вредных веществ	156
Средства индивидуальной защиты от вредных веществ.....	170
Санитарно-химический контроль состояния воздушной среды	175
Первая помощь при отравлениях вредными веществами	180
Контрольные вопросы и задания	184
4.2. Микроклиматические условия.....	185
Терморегуляция организма человека	185
Тепловое состояние человека.....	188
Гигиенические требования к микроклиматическим условиям	188
Контроль микроклиматических условий	198
Контроль теплового состояния человека	201
Первая помощь при солнечном, тепловом ударе и переохлаждении	203
Контрольные вопросы и задания	204

4.3. Вентиляция	204
Назначение вентиляции и ее классификация	205
Контрольные вопросы и задания	237
4.4. Системы отопления.....	238
Расчет отопления кабин управления	242
Контрольные вопросы и задания	244
4.5. Кондиционирование воздуха	244
Контрольные вопросы и задания	251
4.6. Световая среда.....	251
Системы естественного освещения (виды, характеристики, гигиенические требования)	253
Расчет естественного освещения	259
Системы искусственного освещения (виды, характеристики, гигиенические требования)	264
Источники света и осветительные приборы	272
Расчет искусственного освещения.....	283
Контроль световой среды	299
Контрольные вопросы и задания	306
4.7. Защита от механических колебаний	306
Производственный шум и его классификация	306
Производственная вибрация и ее классификация.....	348
Производственный инфразвук и его классификация.....	381
Производственный ультразвук и его классификация.....	387
Контрольные вопросы и задания	392
4.8. Защита от излучений.....	392
Ультрафиолетовое излучение и его действие на человека	392
Лазерное излучение и его источники	395
Ионизирующие излучения и их источники	408
Электромагнитные поля и излучения.....	428
Инфракрасное излучение	450
Контрольные вопросы и задания	470
4.9. Тяжесть и напряженность трудового процесса	471
Контрольные вопросы и задания	485
Заключение	486
Перечень государственных стандартов и других нормативных документов.....	487
Библиографический список	496

Учебное издание

**Васильев Сергей Иванович
Горбунова Любовь Николаевна**

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В двух частях

Часть первая

Учебное пособие

Редактор *И. Н. Байкина*
Корректор *Л. Х. Бочкарева*
Компьютерная верстка *О. А. Кравченко*

Подписано в печать 15.02.2013. Печать плоская. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 29,2. Тираж 100 экз. Заказ № 4349

Издательский центр
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел./факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано Полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел./факс (391) 206-26-67, 206-26-49
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>