



Е.В. ГЛЕБОВА

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА



Е.В. Глебова

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

*Издание второе,
переработанное и дополненное*

Допущено
Министерством образования и науки
Российской Федерации
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки
и специальностям высшего
профессионального образования
в области техники и технологии



Москва
«Высшая школа»
2007

УДК 614.8
ББК 68.9.161.8
Г 53

Рецензенты: кафедра Безопасности жизнедеятельности Московского государственного института стали и сплавов (зав. кафедрой академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф. *Б.С. Мастрюков*); кафедра Медицины труда ППО МПФ Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова (зав. кафедрой академик РАМН, д-р мед. наук, проф. *Н.Ф. Измеров*)

Глебова Е.В.

Г 53 Производственная санитария и гигиена труда: Учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2007. – 382 с.: ил.

ISBN 978-5-06-004897-1

Рассмотрены программные вопросы производственной санитарии и гигиены труда для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» направления подготовки дипломированных специалистов «Безопасность жизнедеятельности».

Для студентов различных специальностей при изучении курса «Безопасность жизнедеятельности», для инженерно-технических работников служб охраны труда и слушателей курсов повышения квалификации.

УДК 614.8
ББК 68.9

ISBN 978-5-06-004897-1 ©ОАО «Издательство «Высшая школа», 2007

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
1. САНИТАРНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РФ	14
1.1. Законодательные акты по производственной санитарии	14
1.2. Подзаконные акты	20
1.3. Нормативные правовые акты в области производственной санитарии и гигиены труда	21
1.4. Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства	22
1.5. Гигиена труда женщин	25
1.6. Гигиена труда молодежи	26
2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	29
2.1. Физиологическое действие метеорологических условий на организм человека	29
2.2. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека	32
2.2.1. Охлаждение	32
2.2.2. Перегрев	37
2.2.3. Влажность воздуха	39
2.2.4. Подвижность воздуха	39
2.2.5. Тепловое излучение	40
2.3. Терморегуляция организма человека	41
2.4. Гигиеническое нормирование производственного микроклимата	44
2.5. Методы и средства нормализации производственного микроклимата	50
2.6. Приборы для измерения параметров микроклимата	53
3. ЗАЩИТА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ	56
3.1. Классификация вредных веществ	56
3.2. Пути поступления и действие вредных веществ на организм человека	59
3.3. Факторы, определяющие токсическое действие вредных веществ	64
3.4. Классы опасности вредных веществ	69
3.5. Гигиеническое нормирование вредных веществ	73
3.6. Защита от вредных веществ на производстве	79
3.7. Приборы и методы контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны	80

4. ЗАЩИТА ОТ ПЫЛИ	82
4.1. Понятие и классификация пыли	83
4.2. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли	85
4.3. Действие пыли на организм человека	87
4.4. Мероприятия по борьбе с пылью	91
4.5. Защита временем при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	94
4.6. Приборы и методы определения запыленности	96
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ	98
5.1. Классификация вентиляционных систем	98
5.2. Санитарно-гигиенические и технические требования к вентиляционным системам	101
5.3. Естественная вентиляция	102
5.4. Механическая вентиляция	106
5.5. Определение необходимого воздухообмена при общеобменной вентиляции	108
5.6. Местная вентиляция	111
6. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	115
6.1. Основные светотехнические величины	115
6.2. Системы и виды производственного освещения	118
6.3. Источники искусственного освещения	121
6.4. Светильники	124
6.5. Виды искусственного освещения	127
6.6. Влияние параметров световой среды на здоровье и работоспособность человека	129
6.7. Гигиеническое нормирование освещения	133
6.7.1. Нормирование искусственного освещения	133
6.7.2. Нормирование естественного и совмещенного освещения	140
6.8. Методы контроля параметров освещения	141
6.9. Расчет естественного и искусственного освещения	143
6.9.1. Расчет искусственной освещенности	143
6.9.2. Расчет коэффициента пульсации	146
6.9.3. Расчет показателя ослепленности	147
6.9.4. Показатель дискомфорта	147
6.9.5. Расчет естественного освещения	148
7. ЗАЩИТА ОТ ШУМА, ИНФРАЗВУКА И УЛЬТРАЗВУКА	150
7.1. Защита от шума	150
7.1.1. Физические характеристики шума	151
7.1.2. Действие шума на организм человека	155
7.1.3. Классификация шумов	156
7.1.4. Нормирование шума	159
7.1.5. Приборы и методы контроля шума на производстве	162
7.1.6. Методы борьбы с шумом	165
7.2. Защита от инфразвука	174
7.2.1. Характеристика инфразвука, источники инфразвука на производстве	174

7.2.2.	Классификация инфразвука	175
7.2.3.	Нормирование инфразвука	176
7.2.4.	Действие инфразвука на человека	177
7.2.5.	Приборы и методы контроля инфразвука	179
7.2.6.	Методы борьбы с инфразвуком	180
7.3.	Защита от ультразвука	181
7.3.1.	Основные сведения об ультразвуке, источники ультразвука	181
7.3.2.	Действие ультразвука на человека	183
7.3.3.	Классификация ультразвука	184
7.3.4.	Нормирование ультразвука	184
7.3.5.	Приборы и методы контроля характеристик ультразвука	186
7.3.6.	Методы борьбы с ультразвуком	187
8.	ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ	189
8.1.	Физические характеристики вибрации	189
8.2.	Классификация вибраций	192
8.3.	Нормирование вибрации	197
8.4.	Действие вибрации на организм человека	201
8.5.	Методы контроля и средства измерения вибрации	204
8.6.	Системы защиты от вибрации	206
9.	ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	213
9.1.	Характеристика электромагнитных полей и излучений	213
9.2.	Источники электромагнитных полей	219
9.3.	Воздействие электромагнитного излучения на организм человека	224
9.4.	Нормирование ЭМП	227
9.4.1.	Нормирование геомагнитного поля	227
9.4.2.	Нормирование электростатических полей	228
9.4.3.	Нормирование постоянных магнитных полей	229
9.4.4.	Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП ПЧ)	229
9.4.5.	Нормирование ЭМП радиочастот (РЧ)	230
9.4.6.	Нормирование ЭМП, создаваемых ВДТ, ПЭВМ и системами сотовой связи	232
9.5.	Методы и средства контроля ЭМП	233
9.6.	Системы защиты от воздействия ЭМП	235
10.	ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ	244
10.1.	Факторы, влияющие на поражение человека ионизирующим излучением	244
10.1.1.	Виды ионизирующего излучения	244
10.1.2.	Дозы облучения	248
10.1.3.	Путь воздействия ионизирующего излучения на человека	252
10.1.4.	Поведение радионуклидов в организме человека	253
10.2.	Источники ионизирующих излучений	255
10.3.	Воздействие ионизирующего излучения на человека	259
10.3.1.	Механизм действия ионизирующего излучения	259
10.3.2.	Эффекты облучения	262
10.4.	Нормирование ионизирующего излучения	264

10.5. Методы обеспечения радиационной безопасности	267
10.5.1. Средства защиты от ионизирующего излучения	269
10.6. Контроль профессионального облучения	275
10.7. Организация работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений	280
10.8. Ликвидация радиоактивных отходов	284
11. ЗАЩИТА ОТ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ	287
11.1. Характеристика и источники лазерного излучения	287
11.2. Классификация лазерной опасности	288
11.3. Нормирование лазерного излучения	291
11.4. Воздействие на организм человека	295
11.5. Методы и средства контроля лазерного излучения	298
11.6. Средства и методы защиты от лазерных излучений	302
12. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ	307
12.1. Классификация профессиональных заболеваний	309
12.2. Расследование и учет профессиональных заболеваний	310
13. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ	330
13.1. Костюмы изолирующие	336
13.2. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)	337
13.3. Одежда специальная защитная	345
13.4. Средства защиты ног	350
13.5. Средства защиты рук	352
13.6. Средства защиты головы	353
13.7. Средства защиты глаз и лица	354
13.8. Средства защиты органа слуха	357
13.9. Средства дерматологические защитные	358
14. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА	360
14.1. Классификация условий труда	361
14.2. Оценка тяжести и напряженности труда	363
14.3. Количественная оценка условий труда	371
14.4. Статистика условий труда в РФ	373
14.5. Динамика работоспособности в процессе труда	375
ЛИТЕРАТУРА	380

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие соответствует программе курса «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» и может быть использовано студентами других специальностей при изучении курса «Безопасность жизнедеятельности».

При написании учебного пособия автор опирался, с одной стороны, на работы крупных ученых и специалистов в области безопасности жизнедеятельности — С.В.Белова, О.Н.Русака, В.Л.Лапина, а с другой стороны, на работы ведущих российских гигиенистов — Н.Ф.Измерова, Г.А.Суворова, С.В.Алексеева и др. Кроме того автор использовал свой 25-летний опыт педагогической работы на кафедре Промышленной безопасности и охраны окружающей среды РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина и чтения лекций по курсам «Охрана труда», «Безопасность жизнедеятельности», «Производственная санитария и гигиена труда».

В учебном пособии рассматриваются предмет и задачи курса «Производственная санитария и гигиена труда» (введение), санитарное законодательство РФ (гл. 1), метеорологические условия на производстве (гл. 2), защита от вредных веществ и пыли (гл. 3, 4), производственная вентиляция (гл. 5), производственное освещение (гл. 6), виброакустические факторы (гл. 7, 8), защита от электромагнитных (гл. 9), ионизирующих (гл. 10) и лазерных излучений (гл. 11). Рассматриваются статистика и учет профессиональных заболеваний (гл. 12), средства индивидуальной защиты от вредных производственных факторов (гл. 13.), а также гигиеническая оценка условий труда на производстве и статистика условий труда в РФ (гл. 14).

При изложении материала соблюдается определенная последовательность: особенность действия вредного производственного фактора на человека, его гигиеническое нормирование с учетом требований

последних нормативных документов в области производственной санитарии и гигиены труда, средства коллективной и индивидуальной защиты.

Автор выражает искреннюю благодарность заведующему кафедрой «Промышленная безопасность и охрана окружающей среды» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина профессору *Б.Е. Прусенко* и доценту *Н.Н. Сажиной* за помощь и ценные советы при подготовке учебного пособия, а также будет благодарен всем, кто сочтет целесообразным высказать замечания и пожелания по его содержанию.

Автор

Промышленной деятельностью можно заниматься только в том случае, если предприняты все необходимые меры для обеспечения безопасности и санитарно-гигиенических условий для рабочих

Эрнест Сольвей, 1863 г.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение условий труда работающих является важной государственной социально-экономической задачей.

Однако в Российской Федерации в 2005 г. сохранилась тенденция роста численности работников во вредных условиях труда. По данным Росстата удельный вес работников во вредных условиях труда увеличился с 18,8 % в 2001 г. до 22,2 % в 2005 г. от общей численности занятых во всех видах экономической деятельности. В стране больше чем каждый пятый работник трудится в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, а в таких видах экономической деятельности как промышленность, в том числе в черной и цветной металлургии, тяжелом машиностроении, на текстильных предприятиях, добыче полезных ископаемых доля такой категории работающих составляет одну треть и более.

Вредные условия труда снижают эффективность использования трудовых ресурсов, существенно уменьшая производительность труда, приводят к профессиональным заболеваниям работающих и, в конечном итоге, влияют на состояние здоровья настоящего и будущих поколений.

В Конвенции Международной организации труда* № 155 «О безопасности и гигиене труда и производственной среде» (Женева, 3.06.81) записано, что каждый член МОТ разрабатывает, осуществляет и периодически пересматривает согласованную национальную политику в области безопасности труда, гигиены труда и производственной среды. «Цель такой политики — предупредить несчастные случаи и повреждение здоровья, возникающие в результате работы, в ходе ее или связан-

*Международная организация труда (МОТ или ILO — International Labour Organization) — специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, основано в 1919 г. в Женеве. В настоящее время членами МОТ являются 175 стран, в том числе и Россия (с 1954 г.).

ные с ней, сводя к минимуму, насколько это обоснованно и практически осуществимо, причины опасностей, свойственных производственной среде».

Ведущая роль в сохранении здоровья работающих, создании благоприятных условий труда принадлежит производственной санитарии (от лат. *sanitas* — здоровье).

Производственная санитария — это система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ 12.0.002-80 «ССБТ. Термины и определения»).

Вредным производственным фактором называется фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивность, длительность) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Для различных отраслей промышленности характерны свои специфические вредные производственные факторы. В то же время есть целый ряд вредных производственных факторов, общих для большинства производств.

Вредными производственными факторами могут быть:

• *физические факторы:*

- температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;
- неионизирующие электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля, электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц), электромагнитные поля радиочастотного диапазона, электромагнитные поля оптического диапазона (в т.ч. лазерное и ультрафиолетовое);
- ионизирующие излучения;
- производственный шум, ультразвук, инфразвук;
- вибрация (локальная, общая);
- аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия;
- освещение — естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, прямая и отраженная слепящая блескость, пульсация освещенности);
- электрически заряженные частицы воздуха — аэроионы;

- *химические факторы* — вредные вещества;
- *биологические факторы* — микроорганизмы — продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в препаратах, патогенные микроорганизмы;
- *факторы трудового процесса* — тяжесть и напряженность труда.

В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные производственные факторы могут стать опасными и привести к травме. Например, длительное воздействие шума на работающих, превышающее предельно допустимый уровень, приводит к развитию профессионального заболевания — неврит слухового нерва; аварийный нефтяной или газовый фонтан создают уровень шума — 130 . . . 140 дБ, который приводит к травме — разрыву барабанных перепонок у человека.

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (от греч. *hygienios* — здоровье. *Hygienia* — богиня здоровья у древних греков).

Таким образом, санитария и гигиена происходят от одного и того же слова, означающего здоровье.

Здоровье, в соответствии с Уставом Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)*, — это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков.

Тем не менее, между производственной санитарией и гигиеной труда имеются определенные различия.

Гигиена труда — это область профилактической медицины, изучающая влияние факторов производственной среды на функциональное состояние организма человека и условия сохранения здоровья на производстве.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной базой производственной санитарии.

Производственная санитария — это инженерно-техническая дисциплина, задачей которой является практическое осуществление защиты

*Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ или WHO — The World Health Organization) специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, основано 7 апреля 1948 г., когда 26 государств — членов ООН, в том числе СССР, ратифицировали устав ВОЗ. Целью ВОЗ (ст. 1 устава) является «достижение всеми народами возможно наивысшего уровня здоровья». В настоящее время членами ВОЗ являются более 190 государств.

работающих от вредных производственных факторов и обеспечение условий сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Истоки формирования гигиены труда уходят в древние времена. Еще до нашей эры ученые и врачи наблюдали болезни, которые возникали у рабочих разных профессий. В древнегреческой и римской литературе (VI—IV век до н.э.) в трудах Аристотеля и Лукреция приводятся случаи тяжелой болезни рабочих серебряных рудников. Овидий и Плутарх описали картину тяжелого труда, приводившего к ранней смерти металлургов и кожевенников.

Величайший из врачей древности Гиппократ (460—377 гг.) обратил внимание на высокую смертность рудокопов. Он впервые указал на вредность свинцовой пыли, составил перечень «свинцовых» профессий того времени и описал клинику «свинцовых колик».

В XVI в. уроженец Швейцарии врач и химик Парацельс и немецкий врач, геолог и металлург Агрикола отмечали непродолжительность жизни горняков и описали заболевание под названием «чахотка горняков, каменотесов, литейщиков». В труде Парацельса «О чахотке и других заболеваниях горнорабочих» показана клиника заболевания, которое сопровождалось лихорадкой, одышкой, кашлем. Раннюю смерть самого ученого — в 48 лет историки связывают с его работой на горно-металлургических предприятиях в Тироле.

Однако эти наблюдения выдающихся ученых древности и средневековья лишь подготавливали почву для появления новой науки — науки о заболеваниях, связанных с профессиональной деятельностью. Основоположником ее является итальянский врач, профессор практической медицины ректор Падуанского университета Бернадино Рамаццини. В 1700 г. им была издана книга «О болезнях ремесленников. Рассуждения», над которой автор работал около 50 лет. Это был первый систематизированный труд, в котором описаны болезни шахтеров, позолотчиков, химиков, штукатуров, кузнецов и других ремесленников (свыше 50 профессий).

Для своего времени труд Рамаццини явился своеобразной энциклопедией в новой области науки. Он переиздавался более 25 раз на многих языках.

Указы об учреждении специальных штатов «лекаря с аптекой для сохранения здорового рабочего люда» в России издавал Петр I.

В трактате М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел», изданном в 1763 г., были освещены вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний: «несравненно легче настоящее здоровье соблюсти, нежели потерянное восстановить».

Большое влияние на развитие гигиены труда оказал первый профессор гигиены Московского университета Ф.Ф. Эрисман. В 1877 г. Эрисман опубликовал книгу «Профессиональная гигиена или гигиена физического и умственного труда», которая заложила научные основы гигиены труда. В предисловии к ней автор дал высокую оценку этой отрасли знаний: «Гигиена профессий, бесспорно, составляет одну из наиболее выдающихся областей гигиены».

В послереволюционной России вопросы гигиены труда получают свое дальнейшее развитие. В первые дни установления советской власти был опубликован Декрет о 8-часовом рабочем дне. В 1918 г. был издан, а в 1922 г. дополнен рядом статей Кодекс законов о труде, основные положения которого посвящены охране здоровья рабочих вредных профессий, труда женщин и подростков, ограничению ночного труда, обеспечению рабочих средствами индивидуальной защиты и др.

В 1923 г. в Москве по инициативе заведующего Московским отделом здравоохранения В.А. Обуха был организован первый в нашей стране институт по изучению профессиональных болезней. Ныне это научно-исследовательский институт гигиены труда и профзаболеваний имени В.А. Обуха Академии медицинских наук РФ.

В Российской Федерации научно-исследовательская работа по гигиене труда выполняется в научно-исследовательских институтах гигиены труда и профессиональных заболеваний, институтах медицины труда Академии медицинских наук, на соответствующих кафедрах медицинских институтов, в институтах и центрах охраны труда.

Современный период развития гигиены труда и производственной санитарии характеризуется созданием стройной системы санитарного законодательства, гигиенического нормирования предельно допустимых концентраций и предельно допустимых уровней воздействия вредных производственных факторов, разработкой более совершенных средств коллективной и индивидуальной защиты работающих.

Рассмотрению этих вопросов и посвящено настоящее учебное пособие.

1. САНИТАРНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РФ

Санитарное законодательство представляет собой совокупность законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния факторов среды обитания.

Применительно к производственным условиям санитарное законодательство является частью законодательства об охране труда и направлено на сохранение здоровья и защиту работающих от вредных производственных факторов.

Правовую основу производственной санитарии составляют законодательные акты, подзаконные акты и нормативно-правовые акты. Некоторые из них приведены на рис. 1.1.

1.1. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

Наибольшей юридической силой обладают законы: Конституция Российской Федерации, Трудовой кодекс Российской Федерации, Федеральные законы «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «О социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» и др.

Принятая референдумом 12 декабря 1993 г. Конституция Российской Федерации является Основным законом нашей страны и обладает высшей юридической силой. Юридически более значимыми являются только признанные нормы международного права. Конституция РФ содержит ряд статей, имеющих непосредственное отношение к производственной санитарии и гигиене труда.

«... В Российской Федерации охраняются труд и здоровье людей...» (Статья 7).

«Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены...» (Статья 37, п. 3).

«Каждый имеет право на отдых. Работающему по трудовому договору гарантируются установленные федеральным законом продолжительность рабочего времени, выходные и праздничные дни, оплачиваемый ежегодный отпуск» (Статья 37, п. 5).

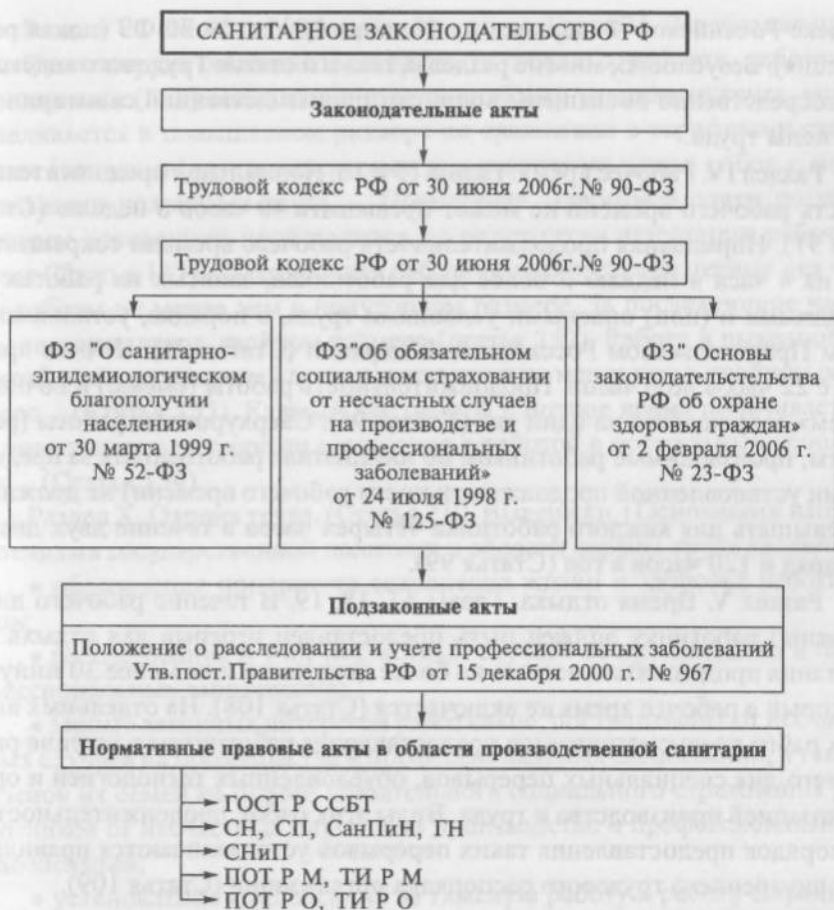


Рис. 1.1. Правовые основы производственной санитарии

«Каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь...» (Статья 41, п. 1).

«Соккрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом» (Статья 41, п. 3).

«Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду...» (Статья 42).

Основополагающим законодательным актом, регулирующим трудовые отношения всех работающих в нашей стране, является Трудовой

кодекс Российской Федерации от 30 июня 2006 г. № 90-ФЗ (новая редакция). Безусловно, многие разделы, главы и статьи Трудового кодекса непосредственно посвящены вопросам производственной санитарии и гигиены труда.

Раздел IV. Рабочее время. Главы 15 и 16. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю (Статья 91). Нормальная продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в неделю и более для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в порядке, установленном Правительством Российской Федерации (Статья 92). Ночное время с 22 часов до 6 часов. Продолжительность работы (смены) в ночное время сокращается на один час (Статья 96). Сверхурочные работы (работы, производимые работником по инициативе работодателя за пределами установленной продолжительности рабочего времени) не должны превышать для каждого работника четырех часов в течение двух дней подряд и 120 часов в год (Статья 99).

Раздел V. Время отдыха. Главы 17, 18, 19. В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается (Статья 108). На отдельных видах работ предусматривается предоставление работникам в течение рабочего дня специальных перерывов, обусловленных технологией и организацией производства и труда. Виды этих работ, продолжительность и порядок предоставления таких перерывов устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка организации (Статья 109).

Продолжительность еженедельного непрерывного отдыха не может быть менее 42 часов (Статья 110).

Ежегодный основной оплачиваемый отпуск предоставляется работникам продолжительностью 28 календарных дней. Ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью более 28 календарных дней (удлиненный основной отпуск) предоставляется работникам в соответствии с настоящим Кодексом и иными Федеральными законами (Статья 115). Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда., связанных с неустраняемым неблагоприятным воздействием на здоровье человека вредных физических, химических, биологических и иных факторов. (Статья 117).

Раздел VI. Оплата и нормирование труда. Глава 21. Заработная плата. Оплата труда работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, устанавливается в повышенном размере по сравнению с тарифными ставками (окладами), установленными для различных видов работ с нормальными условиями труда. . . . Повышение заработной платы по указанным основаниям производится по результатам аттестации рабочих мест (Статья 147). Сверхурочная работа оплачивается за первые два часа работы не менее чем в полуторном размере, за последующие часы — не менее чем в двойном размере (статья 152). Работа в выходной и нерабочий праздничный день оплачивается не менее чем в двойном размере. . . (Статья 153). Каждый час работы в ночное время оплачивается в повышенном размере по сравнению с работой в нормальных условиях. . . (Статья 154).

Раздел X. Охрана труда. (Статья 210. Выдержки.) Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда, неустранимыми при современном техническом уровне производства и организации труда;
- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет работодателей.

Раздел XII. Особенности регулирования труда отдельных категорий работников. Особенности регулирования труда женщин и работников в возрасте до восемнадцати лет будут рассмотрены отдельно.

В настоящее время основополагающим в области санитарного законодательства является Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ. Закон

направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду, в том числе и производственную среду.

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения — состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности (Статья 1).

Статья 25 Закона содержит санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

- Условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредное воздействие на человека. Требования к обеспечению безопасных для человека условий труда устанавливаются санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

- Индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны осуществлять санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия по обеспечению безопасных для человека условий труда и выполнению требований санитарных правил и иных нормативных актов Российской Федерации к производственным процессам и технологическому оборудованию, организации рабочих мест, коллективным и индивидуальным средствам защиты работников, режиму труда, отдыха и бытовому обслуживанию работников в целях предупреждения травм, профессиональных заболеваний, инфекционных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда.

Под санитарными правилами или государственными санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами, согласно закону, понимают нормативные правовые акты, устанавливающие санитарно-эпидемиологические требования (в том числе критерии безопасности и (или) безвредности факторов среды обитания для человека, гигиенические и иные нормативы), несоблюдение которых создает угрозу жизни или здоровью человека, а также угрозу возникновения и распространения заболеваний.

Статьей 55 устанавливается дисциплинарная, административная и уголовная ответственность за нарушения санитарного законодательства.

Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Профессиональные заболевания, к сожалению, характерны для ряда отраслей экономики (См. гл. 12).

Основными задачами обязательного социального страхования являются:

- Обеспечение социальной защиты застрахованных и экономической заинтересованности субъектов страхования в снижении профессионального риска.
- Страховое возмещение вреда пострадавшим.
- Обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Закон регулирует взаимоотношения пострадавших на производстве (застрахованных), работодателей (страхователей) и посредника между ними — страховщика (Фонда социального страхования РФ) по вопросам возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей. Средства на осуществление обязательного социального страхования формируются за счет обязательных страховых взносов страхователей исходя из страхового тарифа. Страховые тарифы, дифференцированные по отраслям экономики, ежегодно устанавливаются федеральным законом в зависимости от класса профессионального риска. Класс профессионального риска — уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по страхованию, сложившийся в отраслях экономики. В соответствии с Федеральным законом «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2007 год» от 19 декабря 2006 года № 235-ФЗ установлено 32 класса профессионального риска. Величина страховых тарифов изменяется от 0,2 % (1 класс) до 8,5 % (32 класс) от фонда оплаты труда в отрасли.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения и работающих с источниками ионизирующих излучений в целях охраны здоровья.

Важным звеном санитарного законодательства являются «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан», утверждены ВС РФ от 22 июля 1993 года № 5487-1 (ред 29.12.2006 № 258-ФЗ).

Охрана здоровья граждан — это совокупность мер политического, экономического, правового, социального, культурного, научного, медицинского, санитарно-гигиенического и противоэпидемического характера, направленных на сохранение и укрепление физического и психического здоровья каждого человека, поддержание его долголетней активной жизни, предоставление ему медицинской помощи в случае утраты здоровья (Статья 1).

В целях охраны здоровья граждан, предупреждения инфекционных и профессиональных заболеваний работники отдельных профессий, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, проходят обязательные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры.

Работодатели несут ответственность за выделение средств на проведение обязательных и периодических медицинских осмотров работников... (Статья 21).

Рассматривая санитарное законодательство, нельзя оставить без внимания Федеральный закон «О предупреждении распространения в Российской Федерации заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ-инфекции)» от 30 марта 1995 г. № 38-ФЗ.

Заболевание, вызываемое вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ-инфекция), приобретает массовое распространение во всем мире, остается пока неизлечимым, вызывает тяжелые социально-экономические и демографические последствия для Российской Федерации. ВИЧ-инфекция создает угрозу личной, общественной, государственной безопасности, а также угрозу существованию человечества. Закон защищает права и законные интересы населения, ВИЧ-инфицированных и работников, подвергающихся риску заражения при исполнении своих служебных обязанностей. Закон предусматривает необходимость применения своевременных эффективных мер комплексной профилактики ВИЧ-инфекции.

1.2. ПОДЗАКОННЫЕ АКТЫ

К подзаконным актам относятся указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, решения судов и арбитражных судов, поста-

новления министерств и ведомств, палат Федерального Собрания РФ, нормативные акты, издающиеся исполнительными органами власти в пределах своей компетенции.

Важнейшими подзаконными актами в области производственной санитарии и гигиены труда являются:

- Постановление Правительства РФ от 30.06.04 № 322 «Об утверждении Положения о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека».

- Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2005 года № 569 «О Положении об осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации»;

- Постановление Правительства РФ от 15 декабря 2000 года № 967 «Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний»;

- Постановление Министерства труда РФ от 14 марта 1997 года № 12 «О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда»;

- Постановление Правительства РФ от 29 ноября 2002 года № 849 «О порядке утверждения норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, а также лечебно-профилактического питания».

1.3. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ ТРУДА

Ниже приведен перечень видов нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования к производственной санитарии и гигиене труда.

- Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (ГОСТ Р ССБТ);

- Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: санитарные правила (СП), гигиенические нормативы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПиН), санитарные нормы (СН);

- Строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству (СП);

- Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М), межотраслевые инструкции по охране труда (ТИ Р М);

- Отраслевые правила по охране труда (ПОТ РО), типовые инструкции по охране труда (ТИ РО).

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) — одна из систем государственной системы стандартизации. Шифр (номер) этой системы — 12. Система разделена на 10 подсистем от 0 до 9. Наибольшее значение для производственной санитарии имеют стандарты подсистемы 1 и подсистемы 4.

Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и вредных производственных факторов и предельно допустимые значения их параметров; методы и средства защиты работающих от их воздействия, методы контроля уровня этих факторов.

Стандарты подсистемы 4 устанавливают требования к средствам защиты работающих, необходимые конструктивные, эксплуатационные, защитные и гигиенические свойства средств защиты в зависимости от действующих опасных и вредных производственных факторов, а также методы контроля и оценки средств защиты.

Например, ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». После шифра системы (12) и подсистемы (1) указан порядковый номер стандарта (005). Последние две цифры (88) означают год утверждения или пересмотра стандарта.

Следует отметить, что в последние годы выпущен ряд документов Минздрава РФ (СанПиН, СН и т.д.), которые, с одной стороны, в какой-то степени дублируют стандарты, а с другой стороны, содержат определенные дополнения и уточнения.

Государственные нормативные требования в области производственной санитарии и гигиены труда утверждаются сроком на 5 лет и могут быть продлены не более чем на два срока.

1.4. НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ САНИТАРНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

За соблюдением санитарного законодательства осуществляются следующие виды надзора и контроля: государственный; ведомственный; общественный.

Государственный надзор и контроль осуществляют специально уполномоченные на то службы и агентства, а именно:

- *Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)*. Положение о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благо-

получия человека утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2004 № 322.

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека является уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и находится в ведении Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации. Положение об осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2005 г. № 569.

Основными задачами государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации являются профилактика инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний населения, предупреждение вредного воздействия на человека факторов среды обитания, а также гигиеническое воспитание и обучение граждан.

Организацию государственного санитарно-эпидемиологического надзора в РФ осуществляют: руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека — главный государственный санитарный врач Российской Федерации, а также главные государственные санитарные врачи по субъектам Российской Федерации, по городам, районам и на транспорте.

Издаваемые главным государственным санитарным врачом Российской Федерации правовые акты по вопросам, относящимся к его компетенции, являются обязательными для исполнения всеми структурными подразделениями и федеральными государственными учреждениями, входящими в единую федеральную централизованную систему государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Должностные лица, осуществляющие государственный санитарно-эпидемиологический надзор, обладают полномочиями, установленными статьями 50, 51 и 52 Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и несут ответственность за надлежащее исполнение своих служебных обязанностей, а также за сокрытие фактов и обстоятельств, создающих угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию населения.

- *Федеральная служба по труду и занятости (Роструд)*. Положение о Федеральной службе по труду и занятости утверждено постановлением Правительства Российской Федерации 30.06.2004 № 324.

Федеральная служба по труду и занятости является уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по надзору и контролю за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда и находится в ведении Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

- *Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование)*, утверждено постановлением Правительства РФ от 17.06.2004 № 294. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации и осуществляет в порядке, установленном Федеральным законом о техническом регулировании, деятельность в области технического регулирования, в том числе контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов в переходный период.

- *Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)*, утверждена постановлением Правительства РФ от 30.07.2004 № 401. Руководство Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляет Правительство РФ.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору является: органом государственного регулирования безопасности при использовании *атомной* энергии; специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности; органом государственного горного надзора; специально уполномоченным государственным органом в области экологической экспертизы в установленной сфере деятельности; органом государственного энергетического надзора; специально уполномоченным органом в области охраны атмосферного воздуха.

- Правовые и технические инспекции труда центральных комитетов и советов профсоюзов со своей стороны осуществляют контроль за соблюдением санитарного законодательства.

- Государственный надзор за точным и единообразным исполнением законов о труде осуществляют Генеральный прокурор РФ и подчиненные ему органы прокуратуры.

Министерства и ведомства осуществляют ведомственный контроль на подчиненных им предприятиях. К ведомственному контролю относится контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия.

Общественный контроль осуществляют профсоюзы или уполномоченные общественные санитарные инспекторы на предприятиях, в учреждениях, организациях.

1.5. ГИГИЕНА ТРУДА ЖЕНЩИН

Действующее Законодательство РФ предусматривает создание гигиенически безопасных условий труда женщин с учетом физиологических особенностей их организма, сохранение здоровья работающих женщин, как необходимого условия сохранения здоровья последующих поколений.

Особенности регулирования труда женщин отражены в Трудовом кодексе РФ (Глава 41) и СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин».

Запрещается применение труда женщин на тяжелых работах и работах с вредными или опасными условиями труда. Перечень таких работ утвержден Постановлением Правительства РФ от 25 февраля 2000 г. № 162. Это, например, подземные работы, металлообработка, горные работы, бурение скважин, черная и цветная металлургия и т.д. Женщины не могут работать водителями грузовых автомобилей, водолазами, газоспасателями, лесорубами, машинистами тепловоза или электровоза и т.д.

Допустимые уровни подъема и перемещения тяжестей для женщин при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час) составляют до 10 кг, а постоянно в течение смены — 7 кг. В период беременности эти нагрузки снижаются до 2,5 и 1,25 кг соответственно.

Женщины со дня установления беременности и в период кормления грудью не допускаются к выполнению всех видов работ, связанных с использованием видеодисплейных терминалов и персональных электронно-вычислительных машин.

Беременным женщинам в соответствии с медицинским заключением и по их заявлению снижаются нормы выработки, либо эти женщины переводятся на другую работу, исключающую воздействие вредных производственных факторов, с сохранением прежнего заработка.

Женщинам предоставляются отпуска по беременности и родам продолжительностью 70 (в случае рождения двух детей и более — 84) календарных дней до родов и 70 (в случае осложненных родов — 86, при рождении двух детей и более — 110) календарных дней после родов с

выплатой пособия по государственному социальному страхованию. Отпуск по беременности и родам исчисляется суммарно и предоставляется женщине полностью независимо от числа дней, фактически использованных ею до родов.

По заявлению женщины ей предоставляется отпуск по уходу за ребенком до достижения им возраста трех лет. Отпуск по уходу за ребенком могут взять отец, бабушка, дедушка. На период отпуска по уходу за ребенком за работником сохраняется место работы и должность.

Запрещается направление в служебные командировки, привлечение к сверхурочной работе, работе в ночное время, выходные и праздничные дни беременных женщин.

Направление в служебные командировки, привлечение к сверхурочной работе, работе в ночное время, выходные и праздничные дни женщин, имеющих детей в возрасте до трех лет, допускается только с их письменного согласия.

Расторжение трудового договора по инициативе работодателя с беременными женщинами, женщинами, имеющими детей в возрасте до трех лет, одинокими матерями, воспитывающими ребенка в возрасте до четырнадцати лет, не допускается, за исключением случаев ликвидации организации.

1.6. ГИГИЕНА ТРУДА МОЛОДЕЖИ

Подростки и молодежь (лица моложе 18 лет) в трудовых правах приравниваются к совершеннолетним, а в области гигиены труда пользуются рядом льгот, учитывающих физиологические особенности развития молодого организма.

Заключение трудового договора допускается с лицами, достигшими возраста 16 лет.

В случаях получения основного общего образования либо оставления общеобразовательного учреждения трудовой договор могут заключать лица, достигшие возраста 15 лет.

С согласия одного из родителей трудовой договор может быть заключен с учащимся, достигшим возраста 14 лет, для выполнения в свободное от учебы время легкого труда, не причиняющего вреда здоровью и не нарушающего процесса обучения (Трудовой кодекс РФ, Статья 63).

Нормальная продолжительность рабочего времени составляет:

- 24 часа в неделю для работников в возрасте до 16 лет;

• 36 часов в неделю для работников в возрасте от 16 до 18 лет (Трудовой кодекс РФ, Статья 92).

Запрещается применение труда лиц в возрасте до восемнадцати лет на работах с вредными или опасными условиями труда, на подземных работах, а также на работах, выполнение которых может причинить вред их здоровью и нравственному развитию (игорный бизнес, работа в ночных кабаре и клубах, производство, перевозка и торговля спиртными напитками, табачными изделиями, наркотическими и токсическими препаратами) (Трудовой кодекс РФ, Глава 42).

Постановление Правительства РФ от 25 февраля 2000 г. № 163 утвердило перечень тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет.

Лица в возрасте до 18 лет принимаются на работу только после предварительного медицинского осмотра и в дальнейшем, до достижения возраста 18 лет, ежегодно подлежат обязательному медицинскому осмотру.

Ежегодный основной оплачиваемый отпуск работникам в возрасте до 18 лет предоставляется продолжительностью 31 календарный день в удобное для них время.

Запрещается направление в служебные командировки, привлечение к сверхурочной работе, работе в ночное время, в выходные и праздничные дни работников в возрасте до 18 лет (за исключением работников творческих профессий и профессиональных спортсменов).

Для подростков предусмотрены также льготные условия оплаты труда, приема на работу и увольнения и др.

Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 7 апреля 1999 г. № 7 утвердило Нормы предельно допустимых нагрузок для лиц моложе восемнадцати лет при подъеме и перемещении тяжестей вручную.

Запрещается переноска и перемещение работниками в возрасте до 18 лет тяжестей, превышающих установленные для них предельные нормы (см. табл. 1.1.).

Таблица 1.1

Нормы предельно допустимых нагрузок для лиц моложе восемнадцати лет при подъеме и перемещении тяжестей вручную

Характер работы, показатели тяжести труда	Предельно допустимая масса груза, кг							
	Юноши				Девушки			
	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
Подъем и перемещение вручную груза постоянно в течение рабочей смены	3	3	4	4	2	2	3	3
Подъем и перемещение груза вручную в течение не более 1/3 рабочей смены:								
— постоянно (более 2-х раз в час)	6	7	11	13	3	4	5	6
— при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час)	12	15	20	24	4	5	7	8
Суммарная масса груза, перемещаемого в течение смены:								
— подъем с рабочей поверхности	400	500	1000	1500	180	200	400	500
— подъем с пола	200	250	500	700	90	100	200	250

Примечания: 1. Подъем и перемещение тяжестей в пределах указанных норм допускаются, если это непосредственно связано с выполняемой постоянной профессиональной работой. 2. В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается масса тары и упаковки.

2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Необходимым условием эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий (микроклимата) в помещениях.

Микроклимат представляет собой комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. На формирование производственного микроклимата влияют технологический процесс, климат местности, сезон года, условия отопления и вентиляции.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха, °С;
- температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д.) °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового облучения, Вт/м².

Если работа выполняется на открытом воздухе, то метеорологические условия определяются климатическим поясом и сезоном года. Однако и в этом случае в рабочей зоне создается определенный микроклимат.

2.1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Все жизненные процессы в организме человека сопровождаются непрерывным выделением теплоты в окружающую среду, количество которой меняется от 85 Вт (в состоянии покоя) до 500 Вт (при тяжелой работе).

Для нормального протекания физиологических процессов необходимо, чтобы выделяемая организмом человека теплота (теплопродук-

ция) полностью отводилась в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву или к переохлаждению и, как следствие, к потере трудоспособности, несчастным случаям (потеря сознания и возможность летального исхода) и профессиональным заболеваниями.

Уравнение теплового баланса «человек – окружающая среда» впервые было предложено профессором И.И. Флавицким в 1884 г.

$$Q_{\text{чел}} = Q_{\text{конв}} + Q_{\text{тепл}} + Q_{\text{изл}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{дых}},$$

где $Q_{\text{чел}}$ — тепло, выделяемое человеком (теплопродукция); $Q_{\text{конв}}$ — теплоотдача конвекцией; $Q_{\text{тепл}}$ — теплоотдача за счет теплопроводности через одежду; $Q_{\text{изл}}$ — теплоотдача излучением на окружающие поверхности; $Q_{\text{исп}}$ — теплоотдача испарением влаги (пота) с поверхности кожи; $Q_{\text{дых}}$ — теплоотдача вследствие нагревания вдыхаемого воздуха.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется конвекцией, за счет отдачи тепла с поверхности тела человека менее нагретым притекающим к нему слоям воздуха, теплопроводностью через одежду, излучением на окружающие поверхности и в процессе испарения влаги (пота) с поверхности кожи и при дыхании, а также за счет нагрева вдыхаемого воздуха.

Преобладание того или иного процесса теплоотдачи зависит от температуры среды, скорости движения воздуха, относительной влажности, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки организма. При температуре около 20 °С, когда человек не испытывает никаких неприятных ощущений, связанных с микроклиматом, теплоотдача конвекцией составляет 15%, излучением — 50...65%, испарением — 20...25%. При изменении температуры, влажности, скорости движения воздуха, характера выполняемой работы эти соотношения существенно меняются. При температуре воздуха 30 °С отдача теплоты испарением становится равной суммарной отдаче теплоты излучением и конвекцией. При температуре воздуха более 36 °С отдача теплоты происходит уже полностью за счет испарения.

Если температура окружающего воздуха соответствует температуре кожи, отдача тепла конвекцией прекращается, в случае ее превышения происходит не отдача, а восприятие конвекционного тепла.

Одежда уменьшает теплоотдачу. Теплоизолирующие свойства одежды зависят от толщины используемых материалов и их качества.

Отдача тепла излучением в производственных условиях является одним из основных путей теплообмена человека с окружающей средой. Тепло отдается организмом тогда, когда температура стен, пола, потолка, а также поверхностей оборудования ниже температуры поверхности тела человека ($32 \dots 33^\circ\text{C}$). В тех случаях, когда температура окружающих поверхностей выше температуры тела, происходит не потеря, а восприятие тепла.

При повышении температуры воздуха и окружающих поверхностей, когда отдача тепла конвекцией и излучением уменьшена, основным путем отдачи тепла организмом является испарение.

При испарении 1 г воды организм теряет около 2,5 кДж теплоты. Испарение происходит, главным образом, с поверхности кожи и в значительно меньшей степени через дыхательные пути (10...20%). При нормальных условиях с потом организм теряет в сутки до 1 л жидкости. При тяжелой физической работе при температуре воздуха более 30°C количество теряемой организмом жидкости может достичь 10...12 л. При интенсивном потоотделении, если пот не успевает испариться, наблюдается выделение его в виде капель. При этом влага на коже препятствует отдаче теплоты. Такое потоотделение ведет только к потере воды и солей, но не выполняет основную функцию — усиление отдачи теплоты.

Соблюдение теплового баланса не является единственным условием теплового комфорта человека. Должны быть соблюдены и другие условия, касающиеся ограничения доли теплоотдачи за счет испарения влаги с поверхности кожи (не более 30%), уровня средневзвешенной температуры кожи и температуры кожи на отдельных участках поверхности тела.

Микроклимат по степени его влияния на тепловой баланс человека подразделяется на нейтральный, нагревающий, охлаждающий.

Нейтральный микроклимат — такое сочетание параметров микроклимата, которое при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивает тепловой баланс организма, при котором разность между величиной теплопродукции и суммарной теплоотдачей находится в пределах ± 2 Вт, а доля теплоотдачи испарением влаги не превышает 30%.

Охлаждающий микроклимат — сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в

окружающую среду над величиной теплопродукции организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в теле человека ($> 2 \text{ Вт}$).

Нагревающий микроклимат — сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме ($> 2 \text{ Вт}$) или в увеличении доли потерь тепла испарением влаги ($> 30\%$).

2.2. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА САМОЧУВСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА

Параметры микроклимата могут изменяться в очень широких пределах. В естественных условиях на поверхности Земли (уровень моря) температура окружающей среды изменяется от -88 до $+60$ °С; подвижность воздуха — от 0 до 100 м/с; относительная влажность от -10 до 100% и атмосферное давление — от 680 до 810 мм рт. ст.

В то же время необходимым условием жизнедеятельности человека является сохранение постоянства температуры тела.

При благоприятных сочетаниях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием высокой производительности труда и предупреждения заболеваний.

2.2.1. Охлаждение

В ходе эволюционного развития человек не выработал устойчивого приспособления к холоду. Его биологические возможности в сохранении температурного баланса в условиях охлаждающего микроклимата весьма ограничены. Местное и общее охлаждение организма является причиной многих заболеваний: сердечно-сосудистой патологии, обострения язвенной болезни, радикулитов, невритов, простудных заболеваний. Любая степень охлаждения характеризуется снижением частоты сердечных сокращений и развитием процессов торможения в коре головного мозга, что приводит к уменьшению работоспособности, изменению двигательной реакции, нарушению координации и точности выполнения рабочих операций (рис. 2.1). Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма — гипотермии. Увеличение обменных процессов при



Рис. 2.1. Негативные последствия переохлаждения: некоторые примеры

понижении температуры на 1°C составляет около 10%, а при интенсивном охлаждении может возрасти в 3 раза по сравнению с уровнем основного обмена. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. В тяжелых случаях действие низких температур может привести к обморожениям и даже смерти.

Обморожение бывает поверхностное и глубокое. Сфера распространения поверхностного обморожения ограничивается кожей и основными подкожными тканями, расположенными в непосредственной близости от поражения. В большинстве случаев зона поражения ограничена носом, ушными мочками, пальцами рук и ног. Первый симптом — это неприятное острое покалывание. Пораженный участок кожи белеет или становится желто-белым. Это место на конечности теряет чувствительность и вдавливается вглубь, поскольку основные ткани жизнеспособ-

ны и гибки. Когда травма от обморожения более серьезна, кожа становится белой с мраморным оттенком и затвердевает.

Под работой в условиях охлаждающего микроклимата подразумевается широкий спектр производственной и профессиональной деятельности, осуществляемой в различных климатических условиях (см. табл. 2.1). Так, например, в большинстве стран обработка свежих пищевых продуктов на предприятиях пищевой промышленности осуществляется обычно при температуре 2...8 °С, а заморозка — ниже -25 °С.

Таблица 2.1

Экстремальные условия среды обитания человека и производственной среды (низкие температуры воздуха)

-90 °С	Полярная станция «Восток» у Южного полюса в Антарктиде
-55 °С	Производство замороженных и сублимированных продуктов
-40 °С	«Нормальная» температура для полярных баз
-28 °С	Температура хранения продуктов глубокой заморозки
От +2 до +12 °С	Хранение, переработка и транспортировка свежих продуктов питания
От -50 до -20 °С	Среднемесячная январская температура в Северной Канаде и Сибири
От -20 до -10 °С	Среднемесячная температура в Южной Канаде, Северной Скандинавии, Центральной России
От -10 до 0 °С	Среднемесячная температура января в северных штатах США, Южной Скандинавии, Центральной Европе, некоторых регионах Среднего и Дальнего Востока, Центральной и Северной Японии

Переохлаждение всего тела или его частей приводит к дискомфорту, нарушению сенсорной и нервно-мышечной функции и, в конечном счете, обмороживанию. В результате дискомфорта от переохлаждения обостряется поведенческая реакция организма, сокращающая или полностью устраняющая последствия такого переохлаждения. Предотвращение охлаждения с помощью теплозащитной одежды, обуви, перчаток и головных уборов уменьшает подвижность и ловкость рабочего. Существует такое понятие, как «стоимость защиты». Оно означает, что передвижения с места на место и телодвижения не могут производить-

ся бесконечно, поскольку они в конечном счете приводят к истощению сил.

При определенных условиях температура кончиков пальцев может быть на десять и более градусов ниже, чем на тыльной стороне руки. На рис. 2.2 приведены критические значения температур для различных последствий нарушения физической деятельности.

Гипотермия означает понижение температуры тела ниже нормальной. С тепловой точки зрения тело человека состоит из двух зон: «оболочки» и «ядра». «Оболочку» составляют ткани поверхностного слоя

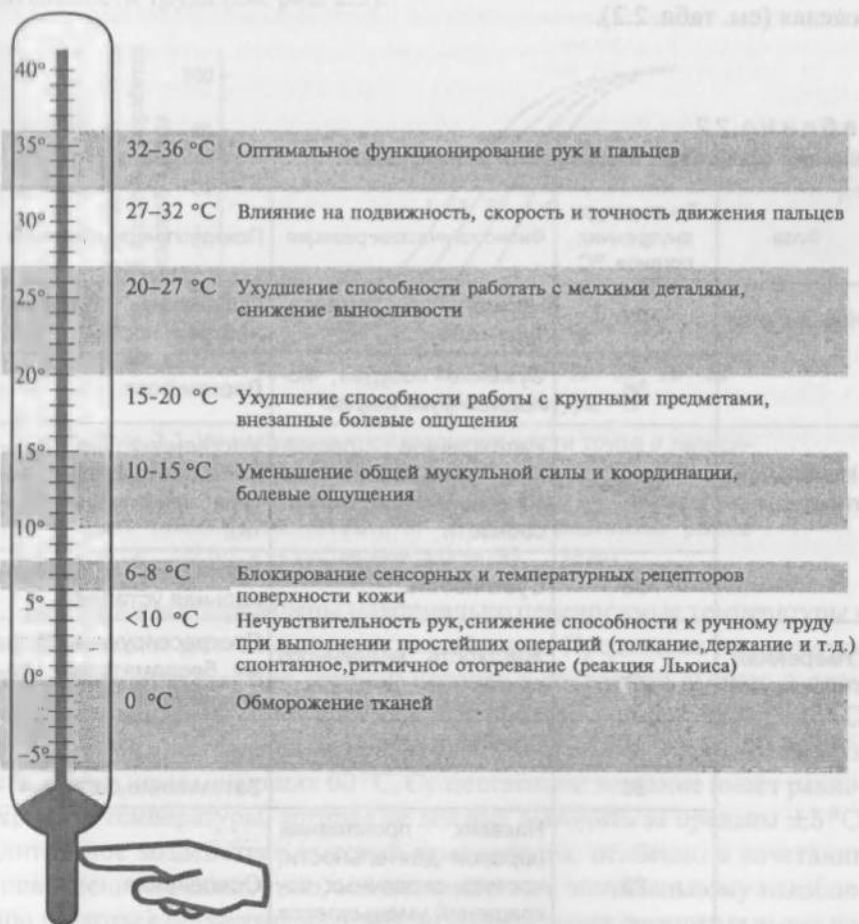


Рис. 2.2. Влияние низких температур на подвижность рук и пальцев

тела толщиной в 2,5 см. Температура «Оболочки» в значительной мере изменяется согласно внешней среде. «Ядро» состоит из более глубоких тканей (например, мозга, сердца и легких, а также верхнего отдела брюшной полости), и тело стремится поддерживать внутреннюю температуру в пределах $37 \pm 2^\circ\text{C}$. Когда терморегуляция нарушается и внутренняя температура начинает снижаться, человек начинает испытывать переохлаждение. Но только в том случае, когда внутренняя температура тела упадет до 35°C , можно констатировать гипотермическое состояние. В интервале между 35 и 32°C гипотермия классифицируется как легкая; между 32 и 28°C — как умеренная и ниже 28°C — как тяжелая (см. табл. 2.2).

Таблица 2.2
Реакция организма человека на охлаждение

Фаза	Температура внутренних органов, $^\circ\text{C}$	Физиологическая реакция	Психологическая реакция
Нормальная	37	Нормальная температура тела	Ощущение тепловой нейтральности
	36	Сужение сосудов, холодные руки и ноги	Дискомфорт
Начальная гипотермия	35–34	Интенсивное дрожание, уменьшение физической работоспособности	Умственная деятельность затруднена, потеря ориентации, апатия
	33	Суетливость	Умственная и эмоциональная усталость
Умеренная гипотермия	32	Жесткость мышечного тонуса	Прогрессирующая форма беспамятства, галлюцинации
	31	Слабое дыхание	
	30		Затемнение сознания
	29	Никаких проявлений нервной деятельности, частота сердечных сокращений уменьшается и почти сходит на нет	Оцепенение

Неоднократные переохлаждения организма приводят к целому ряду новых физиологических последствий. В табл. 2.2 приведены некоторые типичные реакции, связанные с различными уровнями температуры организма.

2.2.2. Перегрев

Напряжение различных функциональных систем организма человека при воздействии температур воздуха более 30°C приводит к нарушению состояния здоровья, снижению работоспособности и производительности труда (см. рис. 2.3).

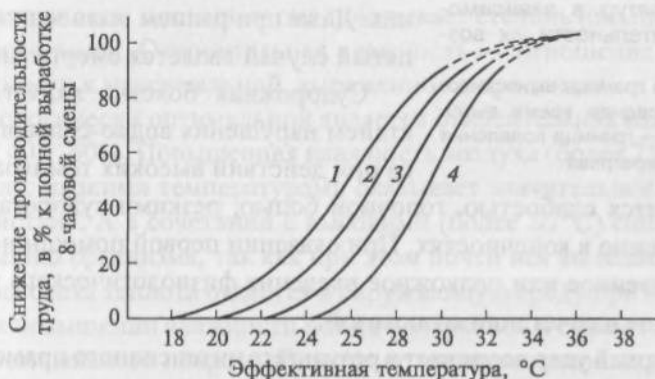


Рис. 2.3. Уменьшение производительности труда в зависимости от эффективной температуры:

1 — тяжелая физическая работа (310 Вт); 2 — работа средней тяжести (202...310 Вт); 3 — легкая физическая работа (119...202 Вт); 4 — умственная работа (95...119 Вт)

Для человека определены максимально переносимые температуры в зависимости от длительности их воздействия. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116°C . На рис. 2.4 представлены ориентировочные данные о переносимости температур, превышающих 60°C . Существенное значение имеет равномерность температуры, которая не должна выходить за пределы $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью, может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня — гипертермии. Появляются нарастающая слабость,

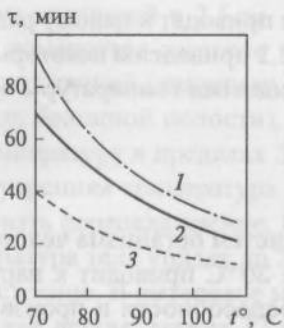


Рис. 2.4. Переносимость высоких температур в зависимости от длительности их воздействия:

1 — верхняя граница выносливости; 2 — среднее время выносливости; 3 — граница появления симптомов перегрева

Характеризуется слабостью, головной болью, резкими судорогами, преимущественно в конечностях. При оказании первой помощи необходимо внутривенное или подкожное введение физиологического раствора NaCl, лучше в сочетании с глюкозой.

Солнечный удар возникает в результате интенсивного прямого облучения головы при работе на открытом воздухе. При солнечном ударе на первый план выступает нарушение функции головного мозга (отек оболочек и ткани мозга), возникающее за счет местного перегревания не защищенной от солнца головы. Температура тела нормальная или слегка повышена. Симптомами солнечного удара являются головная боль, головокружение, беспокойство, шум в ушах, расстройство зрения, тошнота, рвота.

Особенно подвержены тепловым ударам люди, имеющие массу тела выше нормы. Существует линейная зависимость между превышением массы тела и относительной вероятностью смерти от теплового удара. Это еще одно, наряду со многими другими, подтверждение необходимости борьбы с излишним весом в любом возрасте.

При оказании первой помощи необходимо принять быстрые меры к охлаждению организма, чему способствуют покой, свежий воздух, прохладные душ, ванна и обильное питье.

головная боль, шум в ушах, искажение цветового восприятия (окраска всего в красный или зеленый цвет), тошнота, рвота, температура тела повышается до 38... 39°C. Кожа сначала краснеет, потом бледнеет и покрывается «холодным» потом. Частота сердечных сокращений увеличивается. В тяжелых случаях гипертермия протекает в форме теплового удара, который сопровождается потерей сознания. Даже при раннем выявлении каждый пятый случай является смертельным.

Судорожная болезнь является следствием нарушения водно-солевого баланса при действии высоких температур.

2.2.3. Влажность воздуха

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров и измеряется в абсолютных и относительных единицах. Различают максимальную, абсолютную и относительную влажность. Абсолютная влажность — содержание водяных паров в воздухе, выраженное в миллиметрах ртутного столба или в граммах на 1 кубический метр воздуха, максимальная — максимально возможное содержание водяных паров в воздухе при данной температуре (состояние насыщения). Чем выше температура воздуха, тем больше требуется водяных паров для полного его насыщения.

Влажность воздуха в рабочей зоне выражают в величинах относительной влажности, поскольку она показывает степень насыщения воздуха парами влаги. Относительная влажность — отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Физиологически оптимальной является относительная влажность в пределах 40...60%. Повышенная влажность воздуха (более 75...80%) в сочетании с низкими температурами оказывает значительное охлаждающее действие. А в сочетании с высокими (более 30 °С) способствует перегреванию организма, так как при этом почти вся выделяемая организмом человека теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое «проливное» течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха (менее 25%) также неблагоприятна для человека, так как приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыханию и растрескиванию.

2.2.4. Подвижность воздуха

Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости примерно 0,1 м/с. Легкое движение воздуха при обычных температурах способствует хорошему самочувствию, сдувая обволакивающий человека насыщенный водяными парами и перегретый слой воздуха. В то же время большая скорость движения воздуха, особенно в условиях низких температур, вызывает увеличение теплопотерь конвекцией и испарением и ведет к сильному охлаждению организма. Особенно неблагоприятно действует сильное движение воздуха при работах на открытом воздухе в зимних условиях.

2.2.5. Тепловое излучение

Тепловое излучение (инфракрасное излучение) свойственно любым телам, температура которых выше абсолютного нуля.

Инфракрасное излучение подчиняется ряду важных в гигиеническом отношении закономерностей.

По закону Стефана–Больцмана мощность излучения (теплоотдача) прямо пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры тела:

$$E = K T^4,$$

где: E — теплоотдача, Вт/м², K — постоянная Стефана–Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К, T — абсолютная температура, К.

В соответствии с этим законом даже небольшое увеличение температуры тела приводит к значительному росту отдачи тепла излучением.

С увеличением температуры тела изменяется длина волны: максимум энергии излучения смещается в сторону более коротких волн, подчиняясь закону смещения Вина:

$$l_{\text{макс}} = 0,29 \cdot 10^3 / T_{\text{и}},$$

где $l_{\text{макс}}$ — длина волны в микрометрах, соответствующая максимуму излучения, $0,29 \cdot 10^3$ — постоянная величина, $T_{\text{и}}$ — температура излучающей поверхности.

В горячих цехах промышленных предприятий (металлургических, стекольных и др.) большинство технологических процессов протекает при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые поверхности излучают в пространство потоки лучистой энергии. Тепловое воздействие облучения на организм человека зависит от длины волны и интенсивности потока излучения, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, вида одежды человека. У большинства производственных источников максимум энергии приходится на инфракрасные лучи с длиной волны 0,78 . . . 1,4 мкм. Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое воздействие. Они плохо задерживаются кожей, глубоко проникают в биологические ткани, вызывая повышение их температуры. Например, длительное облучение такими лучами глаз приводит к помутнению хрусталика (профессиональной катаракте). Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови,

понижается венозное давление, замедляется кровоток и как следствие наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной системы.

Кроме непосредственного воздействия на человека лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха в помещении повышается. Для характеристики теплового излучения принята величина, названная интенсивностью теплового облучения. Интенсивность теплового облучения — это мощность лучистого потока, приходящаяся на единицу облучаемой поверхности ($\text{Вт}/\text{м}^2$). Тепловое облучение интенсивностью до $350 \text{ Вт}/\text{м}^2$ не вызывает неприятного ощущения, при $1050 \text{ Вт}/\text{м}^2$ уже через 3...5 минут на поверхности кожи появляется неприятное жжение (температура кожи повышается на 8...10°C), а при $3500 \text{ Вт}/\text{м}^2$ через несколько секунд возможны ожоги. При облучении $700 \dots 1400 \text{ Вт}/\text{м}^2$ частота пульса увеличивается на 5...7 ударов в минуту. Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется, в первую очередь, температурой кожи, болевые ощущения появляются при температуре кожи 40...45°C (в зависимости от участка).

Интенсивность теплового облучения на отдельных рабочих местах может быть значительной. Например, в момент заливки стали в форму она составляет $12\,000 \text{ Вт}/\text{м}^2$, а при выпуске стали из печи в ковш достигает $7000 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Для сравнения, интенсивность солнечной радиации в безоблачный летний день составляет $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

2.3. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Способность человеческого организма поддерживать постоянной температуру тела (в подмышечной впадине — 36,5...36,9°C с колебаниями в течение суток в пределах 0,5...0,7°C) при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы называется терморегуляцией. В течение всей своей жизни человек существует в пределах очень ограниченного диапазона внутренних температур тела. Однако в короткие промежутки времени человек может переносить температуру тела ниже 35°C или выше 41°C.

Максимально допустимые пределы для жизнедеятельности клеток составляют от 0°C (образование кристаллов льда) до 45°C (тепловая коагуляция внутриклеточных белков).

Терморегуляция обеспечивается изменением двух составляющих теплообмен процессов — теплопродукции и теплоотдачи. Из двух способов поддержания теплового равновесия основное значение имеет регуляция теплоотдачи, так как этот путь регуляции более изменчив и управляем в организме.

Реакции, которые использует организм человека, чтобы поддержать тепловой баланс, вызываются в ответ на «отклоняющие нагрузки», то есть температура тела постоянно колеблется вокруг некоторых заранее установленных значений (рис. 2.5). Внутренняя температура ниже пороговых значений терморегуляции организма приводит к увеличению тепловых потоков (поживание, дрожь, сужение сосудов на коже тела). Внутренняя температура выше пороговых значений терморегуляции приводит к подключению систем, ответственных за тепловые потери (потовыделение и др.). В каждом отдельном случае результирующая теплопередача уменьшает отклонение нагрузки и помогает восстанавливать температуру тела до обычного устойчивого состояния.

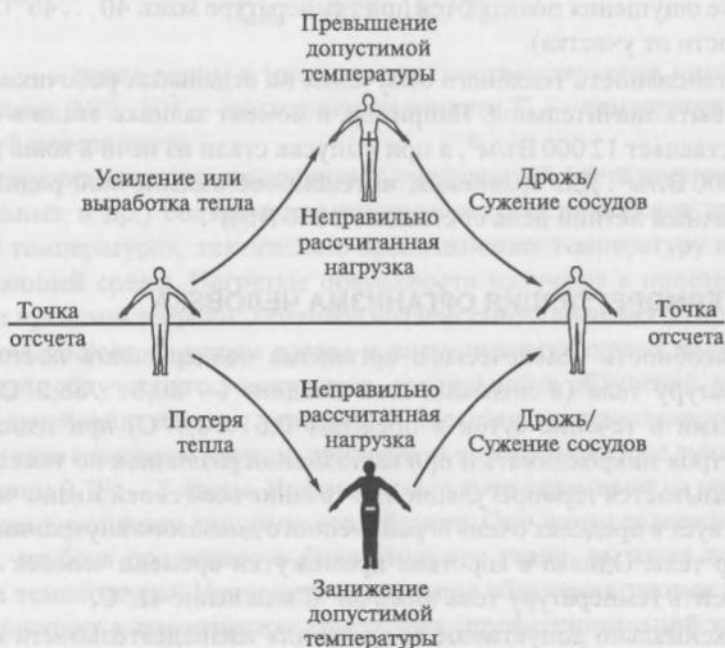


Рис. 2.5. Модель терморегуляции в человеческом организме

Система терморегуляции наиболее поздно возникла в эволюционном развитии человека. Поэтому при действии высоких и низких температур имеет место интеграция системы терморегуляции с другими функциональными системами: сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной, эндокринной и др. Степень их участия и порядок включения определяются величиной термической нагрузки на человека.

Процессы терморегуляции осуществляются, в основном, тремя способами: биохимическим путем, путем изменения интенсивности кровообращения и интенсивности потовыделения.

Терморегуляция биохимическим путем заключается в изменении интенсивности происходящих в организме окислительных процессов. Например, мышечная дрожь, возникающая при сильном охлаждении организма, повышает выделение теплоты до 125 . . . 200 Дж/с.

Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать подачу крови (теплоносителя) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов. При высоких температурах окружающей среды кровеносные сосуды кожи расширяются, и к ней от внутренних органов притекает большее количество крови и, следовательно, больше теплоты отдается окружающей среде. При низких температурах происходит обратное явление: сужение кровеносных сосудов кожи, уменьшение притока крови к кожному покрову и, следовательно, меньше теплоты отдается в окружающую среду. Кровоснабжение при высокой температуре может быть в 20 . . . 30 раз больше, чем при низкой. В пальцах кровоснабжение может изменяться в 600 раз. Именно поэтому при низких температурах у человека быстрее всего замерзают пальцы рук и ног.

Терморегуляция путем изменения интенсивности потовыделения заключается в изменении процесса теплоотдачи за счет испарения. Так при температуре окружающей среды $+18^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 69%, количество теплоты, отдаваемой человеком в окружающую среду при испарении влаги, составляет около 18% общей теплоотдачи. При увеличении температуры окружающей среды до $+27^{\circ}\text{C}$ и $+36,6^{\circ}\text{C}$ эта доля увеличивается до 30 и 100% соответственно.

Терморегуляция организма человека осуществляется, как правило, одновременно всеми способами.

Функциональное состояние человека, обусловленное его теплообменом с окружающей средой, характеризуется содержанием и рас-

пределением тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции, принято обозначать как тепловое состояние.

Оптимальное тепловое состояние человека характеризуется отсутствием общих и/или локальных дискомфортных теплоощущений и минимальным напряжением механизмов терморегуляции.

Допустимое тепловое состояние человека характеризуется незначительными общими и/или локальными дискомфортными теплоощущениями, сохранением термостабильности организма в течение всей рабочей смены при умеренном напряжении механизмов терморегуляции.

Микроклиматические условия должны обеспечивать тепловое состояние работающих на оптимальном или допустимом уровне.

2.4. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

При изучении гигиенического нормирования различных производственных факторов, в том числе и параметров микроклимата, необходимо ответить на 3 вопроса:

Где? — В каких нормативных документах приведено нормирование;

Что? — Какие именно параметры нормируются;

Как? — Каковы принципы нормирования.

Ответим последовательно на поставленные вопросы.

Нормы производственного микроклимата установлены ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

В соответствии с этими документами нормируются оптимальные и допустимые параметры микроклимата: температура воздуха, °С, температура поверхностей, °С, относительная влажность воздуха, %, скорость движения воздуха, м/с, обеспечивающие оптимальные и допустимые микроклиматические условия в производственных помещениях.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового состояния организма человека (см. табл. 2.3). Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Таблица 2.3

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб (140–174)	21–23	20–24	60–40	0,1
	IIa (175–232)	19–21	18–22	60–40	0,2
	IIб (233–290)	17–19	16–20	60–40	0,2
	III (более 290)	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб (140–174)	22–24	21–25	60–40	0,1
	IIa (175–232)	20–22	19–23	60–40	0,2
	IIб (233–290)	19–21	18–22	60–40	0,2
	III (более 290)	18–20	17–21	60–40	0,3

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового состояния человека на период 8-часовой рабочей смены (см. табл. 2.4). Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Кроме оптимальных и допустимых параметров микроклимата в ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 приведены различные дополнения и уточнения.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, изделий и материалов должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.5.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, открытое пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м^2 . При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Для оценки сочетанного действия параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения) в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс).

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению:

$$\text{ТНС} = 0,7t_{\text{вл}} + 0,3t_{\text{ш}},$$

где $t_{\text{вл}}$ — температура смоченного термометра аспирационного психрометра; $t_{\text{ш}}$ — температура внутри зачерненного шара, имеющего диаметр

Таблица 2.4

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб (140–174)	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIa (175–232)	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,3
	IIб (233–290)	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0–15,9	18,1–21,0	12,0–22,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб (140–174)	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–29,0	15–75	0,1	0,3
	IIa (175–232)	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб (233–290)	16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0–17,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

Таблица 2.5

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25... 50	70
Не более 25	100

90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95; $t_{ш}$ отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхностей и скорости движения воздуха.

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения — 1200 Вт/м².

Значения ТНС-индекса не должны выходить за пределы величин, представленных в табл. 2.6

Таблица 2.6

Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энергозатрат	Величины интегрального показателя, °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

Принципы нормирования параметров микроклимата. Параметры микроклимата как оптимальные, так и допустимые зависят от периода года и категории работ по уровню энергозатрат (см. табл. 2.3 и 2.4).

Период года учитывает теплоизоляционные характеристики одежды и акклиматизацию организма в разное время года. Различают теплый и

холодный периоды года. Холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха, равной $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже, теплый — выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы (категория I—Ia и Ib), средней тяжести физические работы (категория II—IIa и IIб), тяжелые физические работы (категория III).

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и др.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140...174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера и др.).

К категории IIa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 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 (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и др.).

К категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233...290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и др.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных, литейных цехах с ручными процессами и др.).

Из приведенных в табл. 2.3 и 2.4 данных видно, что для одного и того же периода года при переходе от I к III категории температуры воздуха и поверхностей снижаются, а скорость движения воздуха увеличивается.

Это связано с необходимостью поглощения большего количества тепла, выделяемого организмом человека при тяжелой физической работе.

Для одной и той же категории работ, в теплый период года температуры воздуха и поверхностей несколько выше, чем в холодный, что объясняется уменьшением термического сопротивления одежды (от 0,8...1,0 кло применительно к холодному и 0,5...0,6 кло — теплому периоду года; 1 кло = $0,155^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$).

2.5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НОРМАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

Поскольку микроклиматические условия играют исключительно важную роль в тепловом самочувствии человека, используется комплекс методов и средств для нормализации микроклимата.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха наиболее широко применяются для создания благоприятных метеорологических условий на производстве (см. главу 4). Для создания нормального микроклимата на рабочих местах с интенсивностью теплового облучения $0,35 \text{ кВт}/\text{м}^2$ и более, а также $0,175 \dots 0,35 \text{ кВт}/\text{м}^2$ при площади излучающих поверхностей в пределах рабочего места более $0,2 \text{ м}^2$ применяют воздушное душирование. Воздушное душирование представляет собой поток воздуха, направляемый непосредственно на рабочее место. Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работающего и потока воздуха, а также от скорости обтекания воздухом тела человека. Ось воздушного потока при этом направляют на грудь человека горизонтально или сверху под углом 45° .

Внедрение технологических процессов и оборудования, снижающих выделение тепла. Например, замена горячего способа обработки металла холодным, применение индукционного нагрева металлов токами высокой частоты вместо пламенного нагрева, замена кольцевых печей для сушки форм и стержней в литейном производстве туннельными, повышение герметичности оборудования и т.д.

Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление позволяют во многих случаях вывести человека из неблагоприятных метеорологических условий. Например, дистанционное управление процессом транспорта природного газа из операторной позволяет существенно снизить время пребывания человека в машинном зале компрессорной станции, где температура воздуха превышает допустимую.

Тепловая изоляция оборудования (печей, сосудов и трубопроводов с горячими газами и жидкостями) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и инфракрасное излучение от нагретых поверхностей, предотвращая ожоги при прикосновении к этим поверхностям. Теплозащитные средства должны обеспечивать облученность на рабочих местах не более 350 Вт/м^2 . Температура нагретых поверхностей оборудования не должна превышать 35°C при температуре внутри источника до 100°C и 45°C при температуре внутри источника выше 100°C . Иногда применяют внутреннюю теплоизоляцию для снижения рабочих температур наружных поверхностей оборудования. Кроме того тепловая изоляция уменьшает тепловые потери оборудования, снижая расход топлива — электроэнергии или пара.

В настоящее время известно много различных видов теплоизоляционных материалов. К неорганическим материалам относятся: асбест, асбоцемент, вермикулит, минеральные вата и войлок, стекловата и стеклоткань, ячеистый бетон, керамзит и др. Органическими изоляционными материалами являются пробковые, торфоизоляционные и древесноволокнистые плиты, древесные опилки, пенопласт и др. При выборе материала для изоляции необходимо учитывать механические свойства материалов, а также их способность выдерживать высокую температуру. При температуре теплоизлучающей поверхности $500 \dots 600^\circ\text{C}$ применяют асбест, минеральную вату; при температуре $800 \dots 900^\circ\text{C}$ — асбозурит, диатомитовый кирпич; при температуре более 1000°C — вермикулит, специальные керамические плитки и т.д.

Объемно-планировочные и конструктивные решения принимаются на стадии проектирования производственных зданий. Горячие цеха размещают, как правило, в одноэтажных одно- и двухпролетных зданиях. Внутренние дворы располагают так, чтобы обеспечивалось их хорошее проветривание. Основные источники теплоты располагают у наружных стен здания в один ряд на таком расстоянии друг от друга, чтобы тепловые потоки от них не перекрывались на рабочих местах. Наилучшим решением является размещение теплоизлучающего оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках.

Для защиты от поступления в производственные помещения холодного воздуха входы оборудуют шлюзами, дверные проемы — воздушными завесами.

Используют двойное остекление окон, утепление ограждений, полов (установка настилов) и т.д.

Теплозащитные экраны применяют для экранирования источников теплового излучения и для экранирования рабочих мест. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способностью. В зависимости от того, какая способность экрана более выражена, экраны подразделяют на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Это деление по принципу действия достаточно условно, так как любой экран обладает способностью отражать, поглощать и отводить тепло. По степени прозрачности экраны делят на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные. К первому классу относят металлические водоохлаждаемые и футерованные асбестовые, альфолиевые (из алюминиевой фольги), алюминиевые экраны. Ко второму — экраны из металлической сетки с размером ячейки 3...3,5 мм, цепные завесы, армированное стальной сеткой стекло. С целью повышения эффективности все эти экраны могут орошаться водяной пленкой. Для прозрачных экранов (3 класс) используют силикатное, кварцевое или органическое стекло, пленочные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы. Водяные завесы поглощают поток тепла до 80% без существенного ухудшения видимости. Высокой эффективностью обладают аквариальные экраны, представляющие собой коробку из двух стекол, заполненную проточной чистой водой с толщиной слоя 15...20 мм. Вододисперсная завеса представляет собой плоскую воздушную струю со взвешенными в ней капельками воды.

Рациональный режим труда и отдыха разрабатывается применительно к конкретным условиям работы и предусматривает сокращение продолжительности рабочей смены, введение дополнительных перерывов, например, защита временем в условиях нагревающего микроклимата, создание условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями. Если организовать отдельные помещения трудно, то в горячих цехах создают зоны отдыха — «оазисы», где с помощью вентиляции обеспечивается нормальная температура и скорость движения воздуха. Для работающих на открытом воздухе в холодных климатических условиях организуют специальные помещения для обогрева.

Использование средств индивидуальной защиты: спецодежды, спецобуви, средств защиты рук и головы. Для защиты от воздействия высокой и низкой температур, облучения в зависимости от условий труда применяется термозащитная одежда различных видов. При не-

большой интенсивности теплового облучения используются хлопчатобумажные ткани с огнестойкой пропиткой, в более жестких условиях (при большом теплооблучении) применяют сукно, асбестовые или металлизированные ткани. Для кратковременной работы в условиях очень высоких температур (300...500 °С) разработаны специальные теплозащитные комбинезоны и скафандры с принудительной подачей воздуха через шланг от источника питания.

Спецодежда для защиты от низких температур, ветра и атмосферных осадков изготавливается из хлопчатобумажных и смешанных тканей с водоотталкивающими и другими пропитками, из шерсти, меха и синтетических утеплителей. Покрой одежды должен предотвращать выдувание тепла ветром из пододежного пространства и вместе с тем должна быть обеспечена воздухопроницаемость для удаления избыточной влаги. Комплект спецодежды должен обязательно дополняться эффективными средствами для защиты от холода ног, рук и головы. Особенно большое значение имеет качество спецодежды для работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера. Кроме традиционных комплектов утепленной спецодежды разработаны специальные электроробогревающие комплекты.

2.6. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Для контроля параметров микроклимата на рабочих местах рекомендуется использовать следующие приборы.

Температуру и влажность воздуха определяют *аспирационными психрометрами*. Психрометры состоят из двух одинаковых ртутных термометров — сухого и влажного. Резервуар влажного термометра обернут гигроскопической тканью, конец которой опущен в стаканчик с дистиллированной водой. Поскольку на испарение влаги расходуется тепло, этот термометр показывает более низкую температуру, чем сухой. Чем ниже влажность, тем меньше показания температуры влажного термометра, поскольку с уменьшением влаги в воздухе возрастает испарение воды с увлажненной ткани и поверхность ртутного резервуара охлаждается в большей степени. Сухой термометр показывает температуру воздуха. По разности показаний термометров с помощью специальных психрометрических таблиц определяют относительную влажность воздуха. Аспирационный психрометр снабжен вентилятором, который протягивает через прибор исследуемый воздух с равномерной скоростью, что повышает точность показаний прибора. (Аспирация — движение

воздуха.) В табл. 2.7 приведены некоторые типы приборов с указанием пределов измерения по температуре и относительной влажности.

Таблица 2.7

Психрометры аспирационные

Тип прибора	Пределы измерений температуры, °С	Пределы измерений относительной влажности, %
МВ-4М	-30 ... + 50	10...100
М-34	-30 ... + 50	10...100
ПБУ-1М	0 ... + 45	40...80

Для измерения больших скоростей движения воздуха в производственной практике применяют крыльчатые и чашечные анемометры. Эти анемометры чаще всего применяют для оценки работы вентиляционных систем. Принцип действия прибора механический: под давлением движущегося воздуха ось прибора с закрепленными на ней крылышками или чашечками начинает вращаться и тем быстрее, чем больше скорость движения воздуха.

Для оценки малых скоростей воздуха на рабочих местах применяют термоанемометры и кататермометры. Термоанемометр — батарейный прибор на полупроводниках. Принцип действия основан на изменении сопротивления в датчике прибора, которое происходит при изменении температуры и скорости движения воздуха. Принцип работы кататермометра, представляющего собой спиртовой термометр с резервуаром до 20 мл, основан на измерении скорости падения температуры при охлаждении от 38 до 35 °С, что позволяет судить о подвижности окружающего воздуха.

В табл. 2.8 приведены основные типы приборов для измерения скорости движения воздуха.

Интенсивность теплового излучения измеряют актинометрами, действие которых основано на поглощении лучистой энергии и превращении ее в тепловую, количество которой регистрируется.

Некоторые типы актинометров приведены в табл. 2.9.

Температура поверхностей измеряется контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры). Например, микротермометр МТ-57М служит для измерения температуры поверхностей в интервале 10 ... 40 °С.

Таблица 2.8

Приборы для измерения скорости движения воздуха

Тип прибора	Пределы измерений скорости, м/с
Анемометр крыльчатый АСО-3	0,3...0,5
Анемометр крыльчатый АП-1 м	0,5...40
Анемометр чашечный МС-13	1,0...30
Кататермометр шаровой	0,05...2,0
Термоанемометр ТАМ-1	0,1...2,0

Таблица 2.9

Актинометры

Тип прибора	Пределы измерения интенсивности теплового облучения, Вт/м ²
Средство измерений интенсивности теплового облучения ИМО-5	10...7000
Неселективный радиометр "Аргус 3"	1...2000
Инспекторский	350...14000

Тепловая нагрузка среды — ТНС-индекс измеряется с помощью шарового термометра, тип 90. Диапазон измеряемых значений 0...50 °С и 30...100 °С. Кроме того для интегральной оценки тепловой нагрузки среды можно использовать монитор тепловой нагрузки, модель 1219, фирмы «Брюль и Кьер» (Дания). Диапазон измеряемых значений 20...120 °С.

Методы измерения параметров микроклимата, как и других санитарно-гигиенических факторов производственной среды, подробно рассматриваются в курсе «Аттестация рабочих мест по условиям труда».

3. ЗАЩИТА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

В настоящее время известно около 7 млн химических веществ, из которых 60 тыс. находят применение в производственной деятельности человека, от 500 до 1000 новых химических веществ ежегодно появляются на международном рынке.

Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация. Общие требования безопасности»).

Вредное действие могут оказывать практически все химические вещества. Еще знаменитый врач древности Парацельс отмечал, что яд от лекарства отличает только доза. Например, поваренная соль, которую большинство людей ежедневно употребляет в пищу, служила средством самоубийства в Древнем Китае. Человеку достаточно съесть 500 г соли, чтобы наступила смерть от сильнейшего обезвоживания организма.

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» подразделяются на следующие группы:

- общетоксические;
- раздражающие;
- sensibilizing;
- канцерогенные;
- мутагенные;
- влияющие на репродуктивную функцию.

Большинство промышленных вредных веществ обладает общетоксическим действием. К их числу относятся ароматические углеводороды и их производные (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, анилин) ртуть и фосфорорганические соединения, тетраэтилсвинец, метиловый спирт, оксид углерода и т.д.

Раздражающим действием обладают различные химические вещества. Одни вызывают воспаление верхних дыхательных путей (сероводород, хлор, аммиак), другие — глубоких дыхательных путей, т.е. легочной ткани (оксид азота, ароматические углеводороды). Сильные кислоты и щелочи, многие ангидриды кислот оказывают местное действие на кожу, вызывая ее омертвление. Нефть и продукты ее переработки (бензин, керосин и др.), попадая на кожу обезжиривают и сушат ее, вызывая различные кожные заболевания (экземы, дерматиты).

Сенсибилизирующие вещества вызывают повышенную чувствительность (аллергические реакции) организма человека. При каждом повторном даже кратковременном контакте эффект действия на человека увеличивается, приводя к астматическим явлениям, кожным реакциям, изменениям состава крови. К веществам, вызывающим сенсибилизацию, относятся формальдегид, ароматические нитро-, нитрозо-, аминсоединения, карбонилы никеля, железа, кобальта, некоторые антибиотики, например, эритромицин и др.

Канцерогенные вещества, попадая в организм человека, вызывают образование, как правило, злокачественных или доброкачественных опухолей. Канцерогенная опасность зависит от уровней и длительности воздействия конкретных веществ.

В гигиенических нормативах ГН 1.1.029-95 приведен перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. Перечень подразделяется на 2 раздела.

1. Вещества, продукты, производственные процессы и факторы с доказанной для человека канцерогенностью.

2. Вещества, продукты, лекарственные препараты и производственные процессы, вероятно канцерогенные для человека.

В раздел 1 входят асбесты, бензол, бенз(а)пирен, бериллий и его соединения, каменноугольные и нефтяные смолы, минеральные масла неочищенные и неполностью очищенные, сажи бытовые, этилена оксид

и др. Производство кокса, переработка каменноугольной, нефтяной и сланцевой смол, газификация угля, производство резины и резинотехнических изделий и др. К бытовым и природным факторам с доказанной канцерогенностью относятся солнечная радиация и табачный дым, поскольку в нем содержится бенз(а)пирен.

В раздел 2 «Перечня» включены вещества и факторы, канцерогенность которых согласно данным МАИР (международного агентства по изучению рака) доказана на животных, а доказательства канцерогенности для человека недостаточны. Это, например, отработавшие газы дизельных двигателей, формальдегид и др.

Мутагенные вещества вызывают изменение генетического кода клеток, наследственной информации. Это может вызвать снижение иммунитета организма, раннее старение, развитие заболеваний. Действие мутагенных веществ может сказаться на потомстве, не всегда первого, а возможно второго и третьего поколений. Мутагенной активностью обладают формальдегид, этилена оксид, радиоактивные и наркотические вещества.

К веществам, влияющим на репродуктивную (детородную) функцию, относят бензол и его производные, сероуглерод, соединения ртути, радиоактивные вещества и др.

Среди веществ, влияющих на репродуктивную функцию, выделяется особая группа веществ, обладающих тератогенным действием. Тератогенные вещества вызывают дефекты развития ребенка в организме матери. К таким веществам относятся, например, талидомид, никотин, наркотики и некоторые вирусы, например вирус гепатита и т.д.

Существуют и другие классификации вредных веществ, например, по их преимущественному избирательному патологическому действию на определенные органы или системы организма человека:

- нервные (нейротропные), вызывающие расстройства функций центральной нервной системы, судороги, паралич (пары металлической ртути, марганец, соединения мышьяка, сероуглерод, углеводороды предельного, непредельного и циклического ряда, сероводород, тетраэтилсвинец, наркотические вещества и др.);

- печеночные (гепатотропные), вызывающие структурные изменения в ткани печени (хлорированные углеводороды – метилхлорид, метиленхлорид, хлороформ, четыреххлористый углерод, дихлорэтан и др.);

- кровяные, нарушающие процессы кроветворения (бензол, свинец и его неорганические соединения и др.) или взаимодействующие с гемоглобином крови (оксид углерода с образованием карбоксигемоглобина, а некоторые органические нитраты и нитриты с образованием метгемоглобина. Образовавшиеся соединения лишают гемоглобин его роли — переносчика кислорода из легких в ткани, вследствие чего развивается глубокая кислородная недостаточность, способная привести к летальному исходу);

- ферментные, нарушающие структуру ферментов, дезактивирующие их (синильная кислота и ее соли, мышьяк и его соединения, соли ртути, фосфорорганические соединения и др.);

- сердечные, обладающие кардиотоксическим действием (соли бария, кобальта, кадмия и др.);

- почечные, вызывающие патологические процессы в почках (ртуть, свинец, кадмий, литий, висмут и их соединения, соединения мышьяка, органические растворители и др.);

- раздражающие, преимущественно поражающие органы дыхания (хлор, аммиак, диоксид серы, оксиды азота, фосген и др.).

3.2. ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Вредные вещества могут поступать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу и слизистые оболочки глаз. Через дыхательные пути вредные вещества проникают в организм в виде газов, паров, аэрозолей. Большая часть производственных отравлений (95–98%) возникает в результате вдыхания вредных веществ. Этому способствует большая поверхность пузырьков легочной ткани — альвеол (по подсчетам она составляет 100–120 м²), толщина же альвеолярных мембран колеблется в пределах 0,001–0,004 мм, поэтому вредные вещества быстро поступают в кровь, которая транспортирует вредное вещество по всему организму.

Попадание вредных веществ через желудочно-кишечный тракт в производственных условиях наблюдается сравнительно редко. В полость рта вредные вещества чаще всего попадают при несоблюдении правил личной гигиены: с загрязненных рук при приеме пищи или курении. Возможно заглатывание вредных веществ из воздуха, если они задерживаются на слизистых оболочках носоглотки и полости рта.

Через неповрежденную кожу проникают вещества, хорошо растворимые в жирах и липоидах, в частности органические растворители (ацетон, бензол и др.), метанол, фенол, тетраэтилсвинец.

На рис. 3.1 показаны различные уровни, на которых могут быть обнаружены нарушения нормальных физиологических процессов в организме человека. Стрелками показаны последствия для человека,



Токсический эффект



Уровень систем/органов (ЦНС, легкие, репродуктивная система и т.д.)



Клеточный/биохимический уровень



Молекулярный уровень (ДНК, РНК, белок)

Рис. 3.1. Действие вредных веществ на человека

которые могут быть определены сверху вниз (от воздействия и фармакокинетики до токсического воздействия на систему/орган) или снизу вверх (от изменения молекул и клеточные/биохимические эффекты до токсического воздействия на системы/органы).

Фармакокинетика описывает временную зависимость между абсорбцией, распределением, метаболизмом и элиминацией.

Абсорбция — это поглощение организмом вещества из окружающей среды. Данный термин обычно обозначает не только прохождение через барьерную ткань, но и последующий перенос циркулирующей кровью.

Распределение вещества внутри организма является динамичным процессом, зависящим от скорости поступления и выведения, а также кровоснабжения различных тканей и их сродства с веществом.

Метаболизм — биохимические изменения веществ в организме. Обозначает происходящие в организме химические реакции распада или синтеза, где ферменты играют роль катализатора.

Элиминация — выведение химического вещества из организма.

Рассмотрим эти процессы подробнее. Распределение вредных веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. Сразу же после поступления в кровь вещество разносится по всем тканям и органам и соответственно задерживается в них. В этой первой фазе распределения основное значение для вещества играет кровоснабжение ткани или органа — чем оно больше, тем больше содержание вещества. Таким образом, первоначально происходит динамическое распределение вещества в соответствии с интенсивностью кровоснабжения. Затем основную роль начинает играть сорбционная способность тканей. Постепенно происходит перераспределение веществ с преимущественным их накоплением в тканях, сорбционная емкость которых оказывается для данных веществ наибольшей. Например, для ряда металлов (серебро, марганец, хром, кобальт, ванадий, кадмий, цинк) характерно достаточно быстрое выведение из крови с наибольшим накоплением в печени и почках. Растворимые и хорошо диссоциирующие соединения свинца, бериллия, бария, урана образуют прочные связи с кальцием и фосфором и накапливаются преимущественно в костной ткани.

В крови и тканях происходят процессы физико-химического взаимодействия вредных веществ с клеточными мембранами, белковыми структурами и другими компонентами клеток и межтканевой сре-

ды. Биологическая направленность этих процессов — обезвреживание вредных веществ различными путями.

Первый и главный путь обезвреживания — изменение химической структуры вредных веществ. Процессы метаболизма вредных веществ под действием ферментов многообразны и включают их окисление, восстановление, гидролиз и др. Это приводит, как правило, к образованию менее токсичных веществ, например, обладающих меньшей способностью проникать в клетку или большей растворимостью и, следовательно, лучше удаляемых из организма. Однако из этого общего правила есть исключения: так, например, метанол окисляется до более вреднодействующих формальдегида и муравьиной кислоты, что увеличивает тяжесть отравления.

Вторым путем обезвреживания вредных веществ является их депонирование. Депонирование (откладывание в тех или иных органах) является временным путем уменьшения количества циркулирующего в крови вредного вещества. Например, тяжелые металлы (свинец, ртуть) часто откладываются в костях, печени, почках, образуя так называемые депо. Этот процесс не является полноценным методом обезвреживания, поскольку вредные вещества могут из депо вновь поступать в кровь, особенно при нервном напряжении, заболеваниях, приеме алкоголя.

Третий путь обезвреживания — выведение вредных веществ из организма. Токсичные вещества и их метаболиты выделяются через органы дыхания, пищеварения, через почки и кожу (с потом). При этом вредные вещества могут выделяться несколькими путями одновременно. Например, органические соединения ароматического ряда обычно частично выводятся в неизменном виде с выдыхаемым воздухом, а частично — в измененном виде через почки и желудочно-кишечный тракт, тяжелые металлы — через желудочно-кишечный тракт и почки.

Схема превращений вредных веществ в организме в самом общем виде представлена на рис. 3.2.

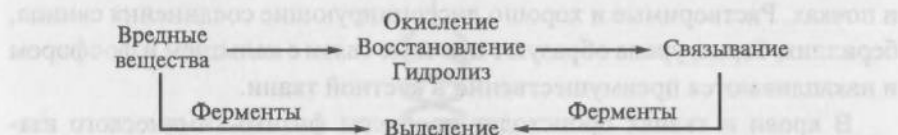


Рис. 3.2. Превращение вредных веществ в организме человека

Под действием вредных веществ в организме человека происходят различные нарушения. Эти нарушения проявляются в виде острых, подострых и хронических отравлений.

Острые профессиональные отравления чаще всего бывают групповыми и возникают в случае аварий, поломок оборудования, грубых нарушений требований производственной безопасности и санитарии. Эти отравления характеризуются:

- кратковременностью действия вредного вещества — не более чем в течение одной смены;
- поступлением вредного вещества в организм в относительно больших количествах — при высоких концентрациях в воздухе, ошибочном приеме внутрь, сильном загрязнении кожных покровов;
- яркими клиническими проявлениями непосредственно в момент действия вредного вещества или через относительно небольшой — обычно несколько часов — скрытый (латентный) период.

В развитии острого профессионального отравления, как правило, имеются две фазы: первая — неспецифических проявлений (головная боль, слабость, тошнота и т.д.) и вторая — специфических (например, отек легких при отравлении оксидами азота или паралич дыхания при отравлении сероводородом).

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении вредных веществ в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются в результате накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им нарушений (функциональная кумуляция). Поражаемые органы и системы в организме при хроническом и остром отравлениях одним и тем же веществом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом в основном страдает нервная система и наблюдается наркотическое действие, при хроническом — система кроветворения.

Наряду с острыми и хроническими отравлениями выделяют подострые формы, которые по условиям возникновения и проявлениям аналогичны острым отравлениям, но развиваются медленнее и имеют более затяжное течение.

Вредные вещества могут быть причиной не только острых, подострых и хронических отравлений, но и действовать аналогично ВИЧ, снижая иммунобиологическую сопротивляемость организма.

При повторяющемся воздействии небольших концентраций вредных веществ возможно развитие адаптации. Адаптация к действию химических веществ — приспособление организма, не выходящее за пределы его физиологических возможностей. Адаптацию к действию яда, например, успешно использовал граф Монте-Кристо в знаменитом романе Александра Дюма. Некоторые вещества — адаптогены (витамины, женьшень, элеутерококк и др.) способствуют активации биохимических процессов и повышают сопротивляемость организма многим вредным веществам.

Обезвреживание токсичных веществ, в том числе и их выведение, может быть ускорено с помощью антидотов (противоядий) и специального питания (молока).

3.3. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Токсичность — это мера несовместимости вредного вещества с жизнью. Эффект токсического действия вредных веществ зависит от многих факторов: химического строения и физико-химических свойств, количества попавшего в организм вещества, пола, возраста, индивидуальной чувствительности, состояния окружающей среды (метеорологические условия, шум, вибрация и т.д.).

Химическая структура и физико-химические свойства. На рис. 3.3 приведена схема взаимосвязи между химической структурой и биологической активностью, предложенная российским токсикологом Н.В. Лазаревым.

Согласно приведенной схеме большое влияние на степень токсичности оказывают физико-химические свойства вредных веществ: агрегатное состояние, летучесть, растворимость. Токсичность твердых и жид-

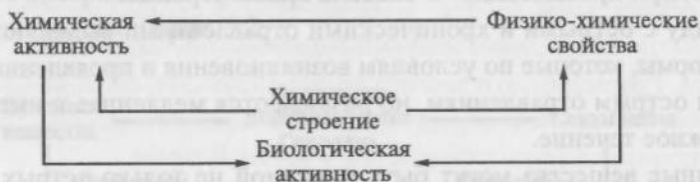


Рис. 3.3. Схема взаимосвязи между химическим строением и биологической активностью веществ

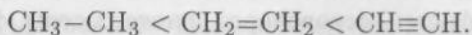
ких веществ проявляется, в основном, тогда, когда они переходят в газообразное или парообразное состояние. Известно, что металлическая ртуть в виде жидкости не токсична, но очень опасна в виде паров. Низкокипящие жидкости (бензол, бензин) значительно более опасны, чем высококипящие (масла, мазут и др.).

Чем больше летучесть (максимально возможное содержание паров вещества в мг, содержащееся в единице объема воздуха — л или м³ при данной температуре), тем большая концентрация вещества образуется в воздухе, увеличивая опасность отравления.

Растворимость различных соединений в воде близка к растворимости в крови. Поэтому увеличение растворимости влияет на скорость проникания вредных веществ и увеличивает токсическое действие. Кроме того установлено, что растворимость в значительной степени определяет характер действия. Чем больше растворимость вещества в липоидах (жироподобной ткани) по сравнению с растворимостью в воде, тем ярче выражено его нейротропное, наркотическое действие, так как нервная ткань богата липоидами.

Из приведенной выше схемы следует, что существует связь между химической структурой вещества и его токсическим действием. По правилу Ричардсона, которое применимо к алифатическим углеводородам и спиртам (кроме метилового), сила наркотического действия возрастает с увеличением числа атомов углерода в молекуле. В качестве примеров правила Ричардсона можно указать, что легкие бензины менее токсичны, чем тяжелые; бутиловый, амиловый и другие высшие спирты токсичнее, чем этиловый и пропиловый.

По правилу кратных связей химическая и биологическая активность веществ возрастает с увеличением числа ненасыщенных связей, т.е. с увеличением непредельности. Так, токсичность возрастает в ряду этан, этилен, ацетилен:



По правилу разветвленных цепей токсичность снижается с увеличением разветвленности цепи. Это наблюдается среди углеводородов, являющихся изомерами. Например, изооктан менее токсичен, чем октан.

В ряде случаев токсичность вещества изменяется (возрастает или снижается) с изменением его валентности. Например, известно, что трехвалентный мышьяк (As_2O_3) токсичнее пятивалентного (As_2O_5). Имеются, однако, и противоположные примеры: более токсичны высшие оксиды хрома и марганца, шестивалентные соединения хрома токсичнее трехвалентных.

Изменение характера действия, а часто и возрастание токсичности отмечаются при введении в молекулу атомов галогенов, метильных, amino- и нитрогрупп. Так, введение в молекулу органических соединений хлора или фтора придает им обычно раздражающие свойства и нередко увеличивает токсичность. Введение amino (NH_2)– и нитрозо (NO)– групп превращает соединения в метгемоглибинообразователи, усиливает их нейротропное действие.

Введение же в молекулу гидроксильной группы уменьшает токсичность — спирты менее токсичны, чем соответствующие углеводороды.

Концентрация и продолжительность действия. Токсический эффект в значительной степени определяется количеством поступившего в организм вещества. Для некоторых веществ имеет значение время воздействия. Определенную роль играет непрерывность и прерывистость воздействия.

В отношении многих веществ, поступающих в организм через дыхательные пути, установлено, что сила токсического действия (R) находится в прямой зависимости от концентрации (c) и времени воздействия (t):

$$R = ct.$$

Эта закономерность в большинстве случаев отражает зависимость эффекта от дозы, так как чем больше концентрация вещества в воздухе и продолжительнее действие, тем больше вещества поступает в организм.

Для некоторых веществ токсический эффект существенно зависит от фактора времени. К ним относятся вещества раздражающего действия, такие как фосген, сероводород, диоксид серы, ферментные, нарушающие обмен веществ, а также вещества, медленно насыщающие организм, например, ароматические углеводороды. Другую группу составляют вещества, токсический эффект действия которых почти не зависит от времени и определяется, главным образом, концентрацией (например, цианистый водород, многие летучие наркотики и др.).

На производстве, как правило, не бывает постоянных концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны в течение всего рабочего дня. Концентрации вредных веществ могут колебаться от нуля до превышающих предельно допустимые в зависимости от хода технологического процесса. В таких случаях имеет место интермиттирующее воздействие (от *intermittent* — перемежающийся, прерывистый). Как установлено в отношении многих вредных веществ (окислы азота, окись углерода, углеводороды), интермиттирующее действие дает более выраженный токсический эффект, чем непрерывное, что видимо связано с нарушением процессов адаптации.

Комбинированное действие вредных веществ. Человек в условиях современного производства часто подвергается комбинированному действию вредных веществ. Комбинированное действие — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких вредных веществ при одном и том же пути поступления. Различают несколько видов комбинированного действия.

Аддитивное действие (от англ. *addition* — сложение, дополнение) — суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется. Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия веществ используют выражение, предложенное А.Т. Аверьяновым:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n — концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ — предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м³.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводов.

Потенцированное действие (синергизм) — усиление эффекта, действие больше, чем аддитивное (от англ. *potent* — сильнодействующий). Компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Примером синергизма является действие сероводорода

в смеси с углеводородами (характерный состав сероводородсодержащего природного газа). ПДК сероводорода составляет 10 мг/м^3 , а для сероводорода в смеси с углеводородами C_1-C_5 уменьшена до 3 мг/м^3 . Диоксид углерода значительно усиливает токсические свойства ароматических углеводородов, поэтому в производствах, где используются эти вещества, нельзя газировать питьевую воду. Синергизм отмечен при совместном действии сернистого ангидрида и хлора, оксидов углерода и азота (продукты сгорания топлива). Алкоголь усиливает токсическое действие анилина, ртути и других веществ.

Антагонистическое действие — эффект комбинированного действия меньше ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект — меньше аддитивного. Примером может служить антидотное (обезвреживающее) взаимодействие между эзеринном и атропином.

Независимое действие — компоненты смеси действуют на разные системы, токсические эффекты не связаны друг с другом. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Наряду с комбинированным возможно комплексное действие вредных веществ, когда вредные вещества поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу). В связи с нарастающим загрязнением окружающей среды значение этого воздействия возрастает.

Влияние пола в формировании токсического эффекта не является однозначным. К одним веществам более чувствительны женщины, к другим — мужчины. Отмечается большая чувствительность женского организма к действию некоторых органических растворителей, например, бензола. Установлено, что во время беременности опасность отравления повышается и отмечаются более тяжелые его формы. Некоторые вредные вещества, например соединения бора, обладают избирательной токсичностью в отношении гонад (половых органов) мужского организма.

Влияние возраста на проявление токсического эффекта при действии вредных веществ не является одинаковым. Одни вредные вещества оказываются более токсичными для молодых, другие — для старых; токсический эффект третьих не зависит от возраста. Организм

подростков в 2-3 раза (до 10 раз в отношении некоторых веществ) более чувствителен к действию токсичных веществ, чем организм взрослых.

Индивидуальная чувствительность к действию вредных веществ выражена довольно значительно и зависит от особенностей течения биохимических процессов у разных людей. В обезвреживании веществ непосредственное участие принимает большая группа ферментов — так называемые ферменты детоксикации. Активность этих ферментных систем различна у разных лиц.

Индивидуальная чувствительность определяется и состоянием здоровья. Например, лица с заболеваниями крови более чувствительны к действию кроветворных токсичных веществ, с нарушениями со стороны нервной системы — к действию нейротропных веществ, с заболеваниями легких — к действию раздражающих веществ и пыли. Снижению сопротивляемости организма способствуют хронические инфекции, например гепатит.

На чувствительность организма к вредным веществам оказывает влияние и характер труда. При тяжелой физической работе усиливаются процессы дыхания и кровообращения, что ведет к ускоренному поступлению вредного вещества в организм.

Состояние окружающей среды. Токсический эффект является результатом взаимодействия вредного вещества, организма человека и факторов внешней среды. Установлено, что повышенный шум, вибрация, неблагоприятные микроклиматические условия (повышенная или пониженная температура, влажность воздуха), барометрическое давление увеличивают токсическое действие вредных веществ.

3.4. КЛАССЫ ОПАСНОСТИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности (ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»):

1 — вещества чрезвычайно опасные (3,4-бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, ртуть, озон, фосген и др.);

2 — вещества высокоопасные (бензол, сероводород, оксиды азота, марганец, медь, хлор и др.);

3 — вещества умеренно опасные (нефть, метанол, ацетон, сернистый ангидрид);

4 — вещества малоопасные (бензин, керосин, метан, этанол и др.).

Следует отметить, что и вещества малоопасные в больших концентрациях могут вызвать тяжелые отравления.

Класс опасности вредного вещества устанавливают в зависимости от величины 7 показателей токсикометрии, приведенных в табл. 3.1. Показатели токсикометрии — это количественные показатели токсичности и опасности вредного вещества. При оценке опасности для одного и того же вещества по ряду показателей можно получить разные классы, но определяющим должен быть показатель, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таблица 3.1

Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм

Наименование показателей	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, ПДК мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, DL_{50}^* , мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, DL_{50}^* , мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, CL_{50} , мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления, КВИО	Более 300	300–30	29–3	Менее 3
Зона острого действия, Z_{ac}	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	Более 54,0
Зона хронического действия, Z_{ch}	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны — концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений, ПДК, мг/м³.

Рабочая зона — пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Средняя смертельная доза при введении в желудок — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных (белых мышей) при однократном введении в желудок, DL_{50}^* , мг/кг.

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу — доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу, DL_{50}^k , мг/кг.

Средняя смертельная концентрация в воздухе — концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии, CL_{50} , мг/м³.

Величины средних смертельных концентраций и доз, установленные непосредственно в эксперименте, рассматриваются как показатели абсолютной токсичности вредных веществ. Степень токсичности вещества тем больше, чем меньше величины DL_{50} и CL_{50} . Степень токсичности определяется отношением $1/CL_{50}$ или $1/DL_{50}$.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) — отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

$$\text{КВИО} = C^{20} / CL_{50}.$$

КВИО объединяет два важнейших показателя опасности острого отравления: летучесть вещества и дозу, вызывающую наибольший биологический эффект, то есть гибель организма. Анализ оценки опасности различных вредных веществ по величине КВИО показывает, что в ряде случаев малотоксичное, но высоколетучее вещество в условиях производства может оказаться более опасным в развитии острого отравления,

чем высокотоксичное, но малолетучее соединение. Так, например, ацетальдегид, обладая умеренной токсичностью ($CL_{50} = 21800 \text{ мг/м}^3$), является высоколетучим ($C^{20} = 182 \cdot 10^4 \text{ мг/м}^3$) и по величине КВИО относится к высокоопасным веществам (КВИО = 82).

Зона острого (однократного) действия — отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций:

$$Z_{ac} = CL_{50}/Lim_{ac}.$$

Зона хронического действия — отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев:

$$Z_{ch} = Lim_{ac}/Lim_{ch},$$

где Lim_{ac} — порог острого действия (от англ. limit — граница, предел и acute — острый); Lim_{ch} — порог хронического действия (от англ. chronic — хронический, длительный).

Зона острого действия характеризует способность организма к обезвреживанию и выведению вредного вещества и компенсации поврежденных функций. Чем меньше ее количественная характеристика, тем больше возможность развития острого отравления. При токсикологической оценке вредных веществ нельзя исходить только из результатов острых экспериментов, так как часто вредные вещества, обладающие низкой токсичностью в остром опыте, при хроническом воздействии в малых концентрациях оказываются высокоопасными.

Классическими примерами таких веществ являются ртуть, свинец, марганец и другие тяжелые металлы; среди органических соединений — бензол, тринитротолуол и др. Величина зоны хронического действия используется для характеристики опасности вещества при хроническом воздействии. Опасность хронического отравления прямо пропорциональна величине зоны хронического действия. Чем зона

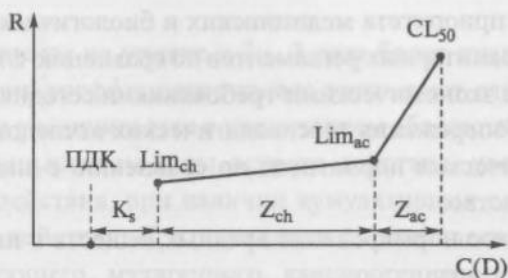


Рис. 3.4. Зависимость интенсивности вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии:

R — интенсивность вредного воздействия (летальное, острое, хроническое отравление); $C(D)$ — параметры токсикометрии; CL_{50} — средняя смертельная концентрация в воздухе; Lim_{ac} — порог острого действия; Lim_{ch} — порог хронического действия; ПДК — предельно допустимая концентрация; Z_{ac} , Z_{ch} — зоны острого и хронического действия (показаны на рис. условно); K_s — коэффициент запаса

хронического действия шире, тем больше опасность хронической интоксикации и наоборот.

На рис. 3.4. приведена зависимость интенсивности вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии.

3.5. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

При современном уровне развития производства требование полного отсутствия содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны является часто нереальным, требующим неоправданно больших материальных затрат. В связи с этим особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

При установлении ПДК вредных веществ руководствуются следующими основными принципами:

- Принцип пороговости действия всех типов вредных веществ (в том числе мутагенного и канцерогенного действия). Есть концентрации, при которых нет вредного воздействия на человека, при превышении порога происходит переход количества в качество и начинается вредное действие.

• Принцип приоритета медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов по сравнению с технической достижимостью и экономическими требованиями сегодняшнего дня.

• Принцип опережения токсикологических исследований и установления гигиенических нормативов по сравнению с внедрением вещества в производство.

Гигиеническое нормирование вредных веществ в настоящее время проводится в 3 этапа:

• обоснование ОБУВ (ориентировочного безопасного уровня воздействия);

• обоснование ПДК;

• корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

1 этап соответствует периоду лабораторной разработки новых соединений, 2 — периоду полузаводских испытаний, а 3 выполняется после внедрения вещества в производство в сроки, установленные в зависимости от токсикологической характеристики вещества и гигиенической характеристики производства.

Установлению ПДК может предшествовать обоснование ОБУВ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1314-03 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»). Значение ОБУВ определяется путем расчета по параметрам токсикометрии и физико-химическим свойствам или путем интерполяций и экстраполяций в гомологических (близких по строению) рядах соединений. ОБУВ должны пересматриваться через 3 года после их утверждения или заменяться утвержденной в установленном порядке ПДК с учетом накопленных данных о соотношении здоровья работающих с условиями труда.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны является обязательным санитарным нормативом и устанавливается на основании медико-биологических исследований. Обоснование величины ПДК основывается на показателях токсикометрии, установленных в экспериментах на животных. Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия Lim_{ch} , в который вводится коэффициент запаса K_s :

$$ПДК = Lim_{ch} / K_s.$$

ПДК устанавливают на уровне в 2...3 раза более низком, чем Lim_{ch} . При определении коэффициента запаса учитывают следующее. Коэффициент запаса увеличивается с увеличением абсолютной токсичности и КВНО, с уменьшением зоны острого действия, увеличением зоны хронического действия, при наличии кумулятивных свойств и кожно-резорбтивного действия. При выявлении специфического действия — сенсibilизирующего, мутагенного, канцерогенного — принимаются наибольшие значения коэффициента запаса (10 и более). Решение в каждом конкретном случае зависит от особенностей действия вредного вещества.

До недавнего времени ПДК химических веществ оценивали как максимальные разовые ПДК_{мр}. Превышение их даже в течение короткого времени запрещалось. В последние годы для веществ, обладающих кумулятивными свойствами (медь, ртуть, свинец и его неорганические соединения, пыль металлической сурьмы, оксид кадмия и др.) для гигиенического контроля введена вторая величина — среднесменная концентрация ПДК_{сс}. Это средняя концентрация, полученная при непрерывном или периодическом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или средневзвешенная концентрация в течение всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Постоянное рабочее место — место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% времени или более 2 ч непрерывно).

При отсутствии постоянных рабочих мест среднесменная концентрация определяется как средневзвешенная величина, вычисленная по концентрациям, определенным на основных стадиях технологического процесса с учетом времени пребывания работающих в этих условиях.

Среднесменная концентрация рассчитывается по формуле:

$$K_{cc} = (K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n),$$

где K_{cc} — среднесменная концентрация; K_1, K_2, \dots, K_n — среднеарифметическая величина концентраций химического вещества на отдельных стадиях технологического процесса; t_1, t_2, \dots, t_n — продолжительность пребывания рабочих на соответствующих рабочих местах.

Первые ПДК для 40 веществ были установлены в СССР в 1924 г. В настоящее время установлены ПДК 2400 веществ и ОБУВ 527 веществ (на 15.06.2003 г.). Свои ПДК устанавливают еще только 19 стран мира, в США установлены гигиенические нормативы для 646 веществ, в ФРГ для 529 веществ. ПДК, установленные в России, являются наиболее низкими. Например, в США установлена величина — пороговый предел — TLV (threshold limit value), единицы измерения — ppm (part per million). Это концентрация вещества в воздухе, ежедневное воздействие которой не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья у большинства работающих.

Список ПДК вредных веществ непрерывно расширяется, а величины ПДК пересматриваются по мере накопления новых данных в гигиенической науке и практике. Так, например, ПДК бензола в несколько этапов была снижена с 200 до 5 мг/м³, анилина — с 10 до 0,1 мг/м³, ПДК же метана, наоборот, была увеличена с 300 до 7000 мг/м³.

В качестве примера в табл. 3.2 приведены ПДК некоторых веществ в воздухе рабочей зоны.

Значения ПДК приведены по состоянию на 15.06.2003. Если в графе «Величина ПДК» приведено два норматива, то это означает, что в числителе максимальная разовая, а в знаменателе — среднесменная ПДК; прочерк в числителе означает, что норматив установлен в виде среднесменной ПДК. Если приведен один норматив, то это означает, что он установлен как максимальная разовая ПДК.

Условные обозначения: п — пары и (или) газы; а — аэрозоль; п + а — смесь паров и аэрозоля; + — требуется специальная защита кожи и глаз; О — вещество с остронаправленным механизмом действия, опасное для развития острых отравлений, требующее автоматического контроля за его содержанием в воздухе; А — вещества, способные вызвать аллергические заболевания, К — канцерогены, Ф — аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

Для веществ, обладающих кожно-резорбтивным действием (бензол, толуол, нитробензол и др.) устанавливается предельно допустимый уровень (ПДУ) загрязнения кожи (мг/см³) в соответствии с ГН 2.2.5.563-96 «Предельно-допустимые уровни загрязнения кожных покровов вредными веществами».

Таблица 3.2

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03)

№ по ГН	Наименование вещества	№ CAS ¹	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
4	Азота диоксид	10102-44-0	NO ₂	2	п	3	О
7	Азотная кислота +	7697-37-2	HNO ₃	2	а	3	
238	Бенз(а)пирен	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	-/0,00015	а	1	К
252	Бензин (растворитель, топливный)	8032-32-4		300/100	п	4	
264	Бензол +	71-43-2	C ₆ H ₆	15/5	п	2	К
477	Гексан	110-54-3	C ₆ H ₁₄	900/300	п	4	
684	Дигидросульфид	7783-06-4	H ₂ S	10	п	2	О
685	Дигидросульфид смесь с углеводородами C ₁ -C ₅			3	п	2	О
1195	Медь	7440-50-8	Cu	1/0,5	а	2	
1210	Метан	74-82-8	CH ₄	7000	п	4	
1211	Метанол +	67-56-1	CH ₄ O	15/5	п	3	
1449	Моющее синтетическое средство «Лоск»			3	а	3	А

¹ Регистрационный номер Chemical Abstracts Service (CAS)

№ по ГН	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1503	Нефть сырая +	8002-05-9		-/10	а	3	
1504	Никель тетракарбонил	13463-39-3	C ₄ NiO ₄	0,0005	п	1	О, К, А
1555	Озон	10028-15-6	O ₃	0,1	п	1	О
1723	Пропан-2-он (ацетон)	67-64-1	C ₃ H ₆ O	800/200	п	4	
1765	Ртуть	7439-97-6	Hg	0,01/0,005	п	1	
1790	Сера	7704-34-9	S	-/6	а	4	Ф
1793	Сера диоксид +	7446-09-5	SO ₂	10	п	3	
18016	Серная кислота +	764-93-9	H ₂ SO ₄	1	а	2	
1836	Табак			3	а	3	А
1910	Тетраэтилсвинец +	78-00-2	C ₈ H ₂₀ Pb	0,005	п	1	О
1918	Углеводороды алифатические предельные C ₂₋₁₀ (в пересчете на С)			900/300	п	4	
2057	Углерод оксид	630-08-0	CO	20	п	4	О
2143	Хлор +	7782-50-5	Cl ₂	1	п	2	О
2311	Этанол	64-17-5	C ₂ H ₆ O	2000/1000	п	4	

3.6. ЗАЩИТА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий, направленных на защиту работающих.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при работе с вредными веществами должны предусматривать:

- замену более токсичных веществ менее токсичными. Например, свинцовые белила заменены цинковыми; бензол как наиболее опасный растворитель в ряде производств заменен толуолом, метиловый спирт в производстве жирных кислот заменен на бутиловый и т.д.;

- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами. Например, современные технологические процессы в химической, нефтехимической, нефтяной, газовой и др. отраслях промышленности, как правило, полностью автоматизированы, управление технологическими процессами осуществляется дистанционно из операторных, расположенных на расстоянии от технологического оборудования, что защищает человека от воздействия вредных веществ;

- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса;

- очистку технологических выбросов с целью улавливания, рекуперации и нейтрализации вредных веществ, содержащихся в отходящих газах, промывочных и сточных водах;

- наличие рабочей и аварийной вентиляции, средств дегазации, активных и пассивных средств взрывозащиты и взрывоподавления;

- рациональную планировку промышленных площадок и зданий;

- контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Периодичность контроля для веществ 1 класса — не реже 1 раза в 10 дней, 2 класса — не реже 1 раза в месяц, 3 и 4 классов — не реже 1 раза в квартал;

- включение токсикологических характеристик вредных веществ в технологические регламенты, стандарты на сырье, продукты и материалы;

- применение средств индивидуальной защиты. Для защиты работающих от действия вредных веществ (особенно при проведении плановых ремонтных работ и в аварийных ситуациях) основное значение имеют средства индивидуальной защиты органов дыхания — фильтрующие и изолирующие противогазы, спецодежда, спецобувь, защитные перчатки и специальные дерматологические средства — пасты и мази;

- специальную подготовку и инструктаж персонала, в том числе по оказанию неотложной доврачебной помощи пострадавшим при отравлении;

- проведение предварительных (профессиональный отбор) и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами. Цель предварительного осмотра — не допустить к работе лиц с такими заболеваниями, которые могут обостриться при поступлении в организм даже небольших количеств токсичных веществ, а также тех, которые могут способствовать более быстрому развитию отравления (например, заболевания крови при работе с бензолом, заболевания нервной системы при работе с марганцем и т.д.). После поступления на работу, связанную с возможностью отравлений, работающие периодически, как правило, один раз в год, проходят диспансеризацию с целью выявления наиболее ранних признаков интоксикации и своевременного прекращения работы с вредными веществами;

- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами. На ряд производств, где вредные вещества действуют на специфические функции организма, не допускаются женщины и подростки, например, алкилирование бензола пропиленом (бензол влияет на репродуктивную функцию).

3.7. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Методы контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны подразделяются на непрерывные (автоматические), экспрессные (мгновенные) и лабораторные.

Для постоянного контроля состояния воздушной среды наибольшее применение нашли автоматические приборы — газосигнализаторы, настроенные на определенный уровень загазованности. В случае превышения этого уровня приборы через систему автоматики подают звуковой и световой сигнал тревоги на пульт управления.

Экспрессные методы измерения выполняются с помощью газоанализаторов различного типа (оптических, электрических, термохимических и т.д.). Например, газоанализатор АНКАТ, измеряющий оксиды азота, оксиды серы, сероводород, оксид углерода или индикаторные трубки ТИ. В основе действия индикаторных трубок лежит колориметрический метод анализа. При прокачивании загрязненного воздуха происходит изменение окраски индикаторного порошка, которым заполнены трубки. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества, измеряемой по шкале в мг/л.

Кроме российских приборов существует большое количество газоанализаторов известных зарубежных фирм, таких как «AuerGesellschaft» концерна MSA (США), «Dräger» (ФРГ), «Treleborg» (Швеция) и др., которые составляют серьезную конкуренцию отечественным приборам.

Лабораторные методы исследований (фотометрические, хроматографические, спектроскопические и др.) отличаются высокой точностью, но требуют специального оборудования и реактивов для отбора проб и не всегда достаточно оперативны.

Определение содержания вредных веществ осуществляется в соответствии с Приложением 9 «Общие методические требования к организации и проведению контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны» Р 2.2.2006-05 и различными (для различных веществ) Методическими указаниями Минздравсоцразвития РФ.

4. ЗАЩИТА ОТ ПЫЛИ

Производственная пыль является наиболее распространенным вредным фактором производственной среды. Многочисленные технологические процессы и операции в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождаются образованием и выделением пыли, воздействию которой могут подвергаться большие контингенты работающих.

В горнорудной промышленности значительное количество пыли возникает во время бурения и при взрывных работах, в угольной — при работе комбайнов и породопогрузочных машин, при сортировке угля и т.д. Вся промышленность строительных материалов связана с процессами дробления, помола, смешения и транспортировки пылевидного сырья и продукта (цемент, кирпич, шамот и др.). В нефтяной и газовой промышленности пыль образуется при бурении скважин, проведении электросварочных работ, при неполном сгорании топлива. В химической и нефтехимической промышленности многие производства (например, катализаторное) также связаны с пылеобразованием.

В сельском хозяйстве пыль образуется при рыхлении и удобрении почвы, использовании порошкообразных пестицидов, очистке зерна и семян, хлопка, льна и др.

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, уменьшает освещенность производственных помещений, может быть причиной профессиональных заболеваний органов дыхания, поражения глаз и кожи, острых и хронических отравлений работающих.

Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам.

Поэтому борьба с пылью является важной гигиенической и социально-экономической задачей.

4.1. ПОНЯТИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПЫЛИ

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т.е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой — воздух.

Пыль — это физическое состояние твердого вещества. Специфической особенностью пылевидного состояния является раздробленность вещества на мельчайшие частицы и, следовательно, чрезвычайно большая поверхность твердых частиц, в связи с чем свойства пыли приобретают самостоятельное значение.

Измельчение 1 см^3 твердого тела до частиц размером $0,1 \text{ мкм}$ увеличивают его общую поверхность с 6 см^2 до $600\,000 \text{ см}^2$, т.е. в 100 тысяч раз.

Классификация производственной пыли приведена на рис. 4.1. По происхождению пыль разделяют на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной, животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная,



Рис. 4.1. Классификация пыли

костяная, шерстяная и др.) и искусственной — пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических веществ. Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и металлической (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). В условиях производства особенно распространена пыль смешанного состава, состоящая из минеральных и металлических частиц (например, смесь пыли железа и кремния), органическая и неорганическая (например, пыль злаков и почвы).

В зависимости от способа образования различают аэрозоли дезинтеграции и аэрозоли конденсации. Аэрозоли дезинтеграции образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, дробление, размол и др.), при механической обработке изделий (шлифовка, полировка и др.). Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов. Типичным примером образования аэрозоля конденсации из перенасыщенных паров является так называемый сварочный аэрозоль. Металл, входящий в состав стержня сварочного электрода, а также компоненты обмазки электрода и флюса в значительной мере испаряются при температуре электрической дуги, а попав в более холодную зону, конденсируются в виде мельчайших частиц окислов железа и других элементов.

Нередко встречаются аэрозоли, дисперсная фаза которых содержит частицы, образующиеся как при измельчении, так и конденсации паров (шлифовально-полировальные, заточные работы и др.).

В зависимости от размера частиц (дисперсности) различают видимую пыль размером более 10 мкм (быстро выпадающую из воздуха) микроскопическую — размером от 0,25 до 10 мкм (медленно выпадающую из воздуха), ультрамикроскопическую — менее 0,25 мкм (длительно витающую в воздухе по законам броуновского движения). Производственная пыль, как правило, полидисперсна, т.е. в воздухе встречаются одновременно пылевые частицы различных размеров. В любом образце пыли обычно число мелких частиц больше, чем крупных. В большинстве случаев до 60...80% частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, 10...20% — от 2 до 5 мкм и до 10% — свыше 10 мкм. Однако общий вес пылевых частиц от 2 мкм весьма незначителен и обычно не превышает 1...3% веса всего образца пыли.

4.2. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЫЛИ

Пыль характеризуется совокупностью свойств, определяющих поведение ее в воздухе, превращение и действие на организм человека. Из различных свойств пыли наибольшее значение имеют химический состав, растворимость, дисперсность, взрывоопасность, форма частиц, электростатическая зарядность, адсорбционные свойства.

Химический состав пыли. В зависимости от состава пыль может оказывать на организм фиброгенное, раздражающее, токсическое, аллергическое действие.

Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокна, слюды и др.) оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожи.

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

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

Очень высокой фиброгенной активностью обладает диоксид кремния или кремнезем. «Как углерод составляет главную и чрезвычайно существенную часть животных и растительных веществ, так кремний составляет существенную часть земных, в особенности горных образований» (Д.И. Менделеев). После кислорода кремний является наиболее распространенным элементом на земле. Он составляет 27,6% массы земной коры, которая в значительной степени построена из различных его соединений, главным образом кремнезема и силикатов (солей кремневой кислоты).

Растворимость пыли, зависящая от ее химического состава, может иметь как положительное, так и отрицательное гигиеническое значение. Если пыль не токсична, как, например, сахарная, то хорошая растворимость такой пыли — благоприятный фактор, который способствует быстрому удалению ее из легких. В случае токсичной пыли (никеля, бериллия) хорошая растворимость сказывается отрицательно, так как в этом случае токсичные вещества попадают в кровь и приводят к быстрому развитию явлений отравления.

Нерастворимая, в частности, волокнистая пыль надолго задерживается слизистой оболочкой дыхательных путей, нередко приводя к патологическому состоянию.

Дисперсность пыли. Дисперсность производственной пыли имеет большое гигиеническое значение, так как от размера пылевых частиц зависит длительность пребывания пыли в воздухе и характер воздействия на органы дыхания. В легкие при дыхании проникает пыль размером от 0,2 до 5 мкм. Более крупные пылинки задерживаются слизистой оболочкой верхних дыхательных путей, а более мелкие — выдыхаются. Дисперсность частиц имеет значение не только для элиминации пыли из легких. От величины частиц зависит степень фиброгенного действия пыли. С повышением дисперсности степень биологической агрессивности пыли увеличивается до определенного предела, а затем уменьшается. Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером пылинок от 1...2 до 5 мкм и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3...0,4 мкм.

Уменьшение фиброгенности аэрозоля конденсации диоксида кремния с размером частиц 0,05 мкм и менее объясняется тем, что скорость выведения его из легких опережает темпы проявления токсичности.

Взрывоопасность является важным свойством некоторых пылей. Пылевые частицы, сорбируя кислород воздуха, становятся легко воспламеняющимися при наличии источников зажигания. Известны взрывы каменноугольной, сахарной, мучной пыли. Способностью взрываться и воспламеняться при наличии источника зажигания обладают также крахмальная, сажевая, алюминиевая, цинковая и некоторые другие виды пылей.

Для различных пылей взрывоопасная концентрация вещества неодинакова. Для пыли крахмальной, алюминиевой и серной минимальной взрывоопасной концентрацией является 7 г/м^3 воздуха, для сахарной — $10,3 \text{ г/м}^3$.

Кроме того значительные концентрации пыли в воздухе снижают видимость вследствие поглощения светового потока плотными частицами и рассеяния света.

Форма пылинок влияет на устойчивость аэрозоля в воздухе и поведение в организме. Форма пылевых частиц, образующихся в производственных условиях, может быть различной: сферической, плоской, волокнистой, оскольчатой, игольчатой и др.

При образовании аэрозолей конденсации пылинки большей частью имеют округлую форму, а в составе аэрозолей дезинтеграции — неправильную многоугольную, плоскую форму. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха, но и легче проникают в легочную ткань. Пылевые частицы слюды, имеющие пластинчатую форму, и пыль стекловолокна, имеющая игольчатую форму, могут длительно витать в воздухе, даже если размер их равен 50 мкм и более. Нитевидные частицы асбеста, хлопка, пеньки и др. практически не оседают из воздуха, даже если длина их превышает сотни и тысячи микрон. Пылинки стекловолокна, асбеста и других, имеющих острые края, попадая на слизистые оболочки верхних дыхательных путей, глаз и кожу, могут оказывать травмирующее и раздражающее действие.

Электростатическая заряженность пылевых частиц влияет на устойчивость аэрозоля и его биологическую активность. В момент образования пыли (бурение, дробление, измельчение твердых веществ) большинство частиц (85–95%) приобретает электрический заряд обоих знаков — положительный и отрицательный. Часть пыли заряжается за счет адсорбции ионов из воздуха, а также в результате трения частиц в пылевом потоке. Величина наведенных зарядов различна и зависит от размеров, условий образования и массы частиц. Установлено, что крупные пылинки несут большой заряд. Наличие разноименно заряженных частиц пыли приводит к укрупнению и выпадению частиц пыли из воздуха. Установлено, что пылинки, несущие электрический заряд, несколько дольше задерживаются в организме. Аэрозоли дезинтеграции имеют большую величину заряда, чем аэрозоли конденсации.

Адсорбционные свойства пыли находятся в зависимости от дисперсности и суммарной поверхности. Чем меньше раздроблено вещество, тем больше его суммарная поверхность и адсорбционная активность.

Пыль может быть носителем микробов, грибов, клещей. Описаны легочные формы сибирской язвы у рабочих, вдыхающих пыль шерсти.

4.3. ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Профессиональные заболевания под действием пыли относятся к числу наиболее тяжелых и распространенных во всем мире профессиональных заболеваний. Основными пылевыми профессиональными заболеваниями являются пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей.

Пневмокониоз (легочный пылевой фиброз) — хроническое профессиональное заболевание легких, характеризующееся развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного воздействия фиброгенных производственных аэрозолей.

Пневмокониозы подразделяются на следующие виды:

Силикоз, обусловленный вдыханием кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния — SiO_2 . Действие кварцсодержащей пыли на организм связано с добычей полезных ископаемых, поскольку около 60% всех горных пород состоит из кремнезема.

Силикатоз, возникающий от вдыхания пыли силикатов — солей кремневой кислоты (асбестоз, талькоз, каолиноз и т.д.).

Карбокониоз, обусловленный воздействием углеродсодержащих видов пыли — каменного угля, кокса, сажи, графита.

Металлокониозы — пневмокониозы от воздействия пыли металлов и их оксидов: железа, алюминия и др. (сидероз, алюминоз).

Пневмокониозы от смешанной пыли: а) со значительным — более 10% содержанием свободного диоксида кремния; б) не имеющей в составе свободного диоксида кремния или с содержанием его до 10%.

Пневмокониозы от органической пыли: растительного (биссиноз от пыли хлопка и льна), животного и синтетического происхождения (пыль пластмасс).

Силикоз — наиболее частая форма пневмокониоза. Развивается обычно у работающих в условиях высокой запыленности, нередко при выполнении тяжелого физического труда при стаже 5 лет и более. Силикоз известен с давних пор как профессиональное заболевание горняков («чахотка горнорабочих»). Наиболее распространен среди шахтеров угольных шахт, встречается также у рабочих горнорудной промышленности, особенно у бурильщиков, крепельщиков. Силикоз — общее заболевание организма, которое сопровождается нарушением функции дыхания (одышка, кашель, боли в груди), развитием хронического бронхита, изменением обменных процессов, нарушением деятельности центральной и вегетативной нервной системы. Наиболее частое осложнение — туберкулез. Характерным для силикоза является его прогрессирование даже после прекращения контакта с пылью.

Силикатозы. Заболевания органов дыхания под действием пыли, содержащей двуокись кремния в связанном с другими элементами (Mg, Ca, Al, Fe) состоянии. К силикатам относят многие минералы: асбест,

тальк, каолин и др; искусственные соединения: слюда, цемент, стекловолокно и др. Пыль, вызывающая силикатозы, встречается во многих производствах, например, при добыче, обработке, разрыхлении, смешении, транспортировке ископаемых, производстве резины, цемента и др.

Силикатозы развиваются в более поздние сроки и менее склонны к прогрессированию и осложнению, чем силикозы. Действие силикатной пыли слабее, чем кварца. Наиболее агрессивна пыль силиката магния — асбеста — волокнистого минерала, вызывающего асбестоз. Активность пыли асбеста объясняется как механическим повреждением тканей пылевыми частицами с острыми иглоподобными краями, так и химическим действием. Нередко асбестоз осложняется хронической пневмонией, туберкулезом, раком легких.

К силикатозам относится также *талькоз*, который развивается у рабочих текстильной, резиновой, бумажной, парфюмерной, керамической и других отраслей промышленности, контактирующих с тальком 15... 20 лет. Течение талькоза доброкачественное. Талькоз нередко осложняется хроническими бронхитами.

При высокой запыленности воздуха в шахтах у рабочих может развиться в результате вдыхания угольной пыли — *антракоз*. Течение его по сравнению с силикозом более благоприятное. Вдыхание смешанной пыли угля и породы, содержащей свободный диоксид кремния, вызывает *антракосиликоз* — более тяжелую по сравнению с антракозом форму пневмокониоза.

Металлокониозы характеризуются относительно медленным развитием и отсутствием тенденции к прогрессированию легочного фиброза. Наиболее распространены сидероз и алюминоз. Сидероз встречается, главным образом, у рабочих доменных печей, алюминоз — у рабочих электролизных цехов по получению алюминия из бокситов и работающих с порошкообразным алюминием.

Биссиноз («биссос» — текстильное волокно) — профессиональное заболевание у рабочих хлопкоочистительных и хлопкопрядильных фабрик, льнокомбинатов, развивающееся в результате длительного воздействия пыли хлопка, льна, конопли. Пыль, образующаяся при производственных операциях с грубым, низкосортным сырьем, может быть загрязнена бактериями и грибами. Основные жалобы работающих — стеснение в груди, затруднение дыхания, одышка при физическом напряжении, кашель, слабость. Вначале эти симптомы отмечаются только

после перерыва — «симптом понедельника», а в дальнейшем они становятся постоянными, осложняясь стойкими нарушениями бронхолегочного аппарата и сердечной недостаточностью. Пневмокониозы, вызванные действием органических пылей (биссиноз и др.), встречаются относительно редко.

К пневмокониозам от смешанных пылей относится электросварочный пневмокониоз, пневмокониоз газорезчиков, сталеваров. Электросварочный пневмокониоз развивается у электросварщиков при длительном выполнении работ в плохо вентилируемых помещениях, когда создается высокая концентрация сварочного аэрозоля, содержащего оксид железа, соединения марганца или фтора. Работающие жалуются на одышку при значительном физическом напряжении и сухой кашель. В целом течение пневмокониоза благоприятное.

Бериллиоз — профессиональное заболевание, развивающееся от вдыхания пыли бериллия и его соединений, отличающихся особой агрессивностью. Бериллий входит в состав некоторых минералов, из которых наиболее распространен берилл или алюмосиликат бериллия — $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$. Некоторые разновидности берилла, окрашенные примесями в различные цвета, относятся к драгоценным камням. Таковы, например, зеленые изумруды, голубовато-зеленые аквамарины. Благодаря ценным качествам бериллий широко используется в промышленности: машиностроении, реакторостроении, при производстве электронной аппаратуры, радиоламп, рентгеновских трубок и т.д. За особые технические качества бериллий получил название «чудо-металл», а за коварную токсичность в ряде работ его называют «чертов металл». Объем потребляемого в промышленном производстве бериллия во всем мире постоянно увеличивается, соответственно увеличивается число лиц, подвергающихся в производственных условиях воздействию бериллия. Бериллий и его соединения обладают многообразным действием на организм человека: общетоксическим, раздражающим, аллергическим, канцерогенным. Первые проявления интоксикации могут наступать в различные сроки контакта — от нескольких дней до 10 лет и более. Иногда для развития заболевания достаточно очень короткого, даже случайного (не более 20 минут) контакта, например, при сборе металлолома. Тяжелые случаи заболевания, нередко со смертельным исходом, встречаются у живущих в непосредственной близости (на расстоянии

1...2 км) от бериллиевого производства и по роду работы не соприкасающихся с соединениями бериллия.

Во всех случаях развития пневмокониозов степень выраженности фиброзного процесса зависит от строения и состава действующей пыли.

Производственная пыль может быть причиной возникновения не только заболеваний дыхательных путей, но и заболеваний глаз (конъюнктивиты) и кожи (шелушение, огрубление, экземы, дерматиты).

4.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ

Борьба с пылью на производстве и профилактика заболеваний, развивающихся от воздействия аэрозолей, осуществляется комплексом санитарно-гигиенических, технологических, организационных и медико-биологических мероприятий.

Гигиеническое нормирование. Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так, например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, ПДК не превышает 1...2 мг/м³; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности, — 4...6 мг/м³, для аэрозолей с незначительной фиброгенностью — 8...10 мг/м³. Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше 1 мг/м³. В настоящее время установлены ПДК более чем для 100 видов пыли, оказывающих фиброгенное действие (см. табл. 4.1).

Технологические мероприятия. В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны технологические мероприятия. К ним относятся:

- внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции;
- автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;
- рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой);
- дистанционное управление;

Таблица 4.1

Предельно допустимые концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (извлечение из ГН 2.2.5.1313-03)

№ по ГН	Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м ³)	Класс опасности
26	Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al)	6/2	3
33	Диалюминий триоксид (в виде аэрозоля дезинтеграции)	-/6	4
999	Железо	-/10	4
1121	Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании более 60%	3/1	3
1122	Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании от 10 до 60%	6/2	3
1124	Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли более 70% (кварцит, диас и др.)	3/1	3
1125	Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.)	6/2	3
1126	Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие сланцы, медносульфидные руды)	-/4	3
1759	Пыль растительного и животного происхождения:		
	а) с примесью диоксида кремния от 2 до 10%	-/4	4
	б) зерновая	-/4	3
	в) лубяная, хлопчатобумажная, хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая, и др. (с примесью диоксида кремния более 10%)	-/2	4
	г) мучная, древесная и др. с примесью диоксида кремния менее 2%)	-/6	4
	д) хлопковая мука (по белку)	-/0,5	3

№ по ГН	Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м ³)	Класс опасности
1802	Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты:		
	а) асбесты природные и синтетические, а также смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 20%	2/0,5	3
	б) слюды, тальк	-/4	3
	в) стекловолокно, стекловата, вата минеральная	-/4	3
	г) цемент, апатит, глина, шамот	-/8	4
1922	Углерода пыли:		
	а) коксы каменноугольный, пековый, нефтяной, сланцевый	-/6	4
	б) антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5%	-/6	4
	в) алмазы природные и искусственные	-/8	4
	г) сажи черные промышленные с содержанием бенз(а)пирена не более 35 мг/кг	-/4	3

• устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции.

Например, частыми видами работ, при которых наблюдается интенсивное загрязнение воздуха пылью, являются транспортировка, погрузка, разгрузка и затаривание сухих, пылящих материалов. Улучшение условий труда при этих процессах достигается переходом на закрытые способы транспортировки и механизацию отдельных операций. Пневмотранспорт, т.е. перемещение материалов по трубам с помощью сжатого воздуха, герметичность оборудования для погрузочно-разгрузочных операций, современные машинные методы расфасовки и упаковки готовой продукции — все это широко применяется во многих производствах и дает хороший гигиенический эффект.

Организационные мероприятия. Для горных рабочих установлены сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, выход на пенсию по возрасту в 50 лет. Используется защита временем при работе в условиях повышенной запыленности. В соответствии с российским трудовым законодательством на работы в подземных условиях не допускаются лица моложе 20 лет, так как пневмокониозы в молодом возрасте развиваются раньше и протекают тяжелее. Обязательным является проведение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров. Противопоказаниями к приему на работу, связанную с воздействием пыли, являются все формы туберкулеза, хронические заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, глаз, кожи.

Средства индивидуальной защиты — респираторы, специальные шлемы и скафандры с подачей в них чистого воздуха применяются в тех случаях, когда не удается снизить запыленность воздуха в рабочей зоне до допустимых пределов более радикальными технологическими мероприятиями. (Подробно средства индивидуальной защиты рассматриваются в главе 13.) К индивидуальным средствам защиты от пыли относятся также защитные очки, специальная противопылевая одежда, защитные пасты и мази.

Медико-биологические мероприятия направлены на повышение сопротивляемости организма человека и ускорение выведения из него пыли. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях, применении щелочных ингаляций и специального питания.

4.5. ЗАЩИТА ВРЕМЕНЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АЭРОЗОЛЕЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ (АПФД)

Для оценки степени воздействия пыли на органы дыхания работающих рассчитывают пылевую нагрузку за весь период реального или предполагаемого контакта с пылью. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки является обязательным.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работающего — это реальная или прогнозная величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с пылью.

ПН на органы дыхания рабочего рассчитывается исходя из:

- фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны;
- объема легочной вентиляции, зависящего от тяжести труда;
- продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = KNTQ,$$

где K — фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, $мг/м^3$; N — число рабочих смен в календарном году; T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, $м^3$.

Рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, от категории работ согласно СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»:

- для работ категории Ia–Iб объем легочной вентиляции за смену — $4 м^3$;
- для работ категории IIa–IIб — $7 м^3$;
- для работ категории III–10 $м^3$.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки, значение которой рассчитывают в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, предельно допустимой концентрации пыли и категории работ.

Контрольный уровень пылевой нагрузки (КПН) — это пылевая нагрузка, сформировавшаяся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором:

$$КПН = ПДК_{cc}NTQ,$$

где $ПДК_{cc}$ — среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника, $мг/м^3$. Зона дыхания — пространство радиусом 0,5 м от лица работающего.

Для расчета допустимого стажа работы в условиях запыленности необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки. В случае превышения КПН рассчитывают стаж работы,

при котором ПН не будет превышать КПН. При этом КПН рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. Тогда допустимый стаж работы в данных условиях (T_1) определяется по формуле:

$$T_1 = \text{КПН}_{25} / (KNQ).$$

4.6. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ

Методы определения запыленности воздуха разделяют на две группы:

- с выделением дисперсной фазы из аэрозоля — весовой (гравиметрический), счетный (кониметрический), радиоизотопный, фотометрический;
- без выделения дисперсной фазы из аэрозоля — фотоэлектрические, оптические, акустические, электрические.

В основу гигиенического нормирования содержания пыли в воздухе рабочей зоны положен весовой метод. Метод основан на протягивании запыленного воздуха через специальный фильтр, задерживающий пылевые частицы. Зная массу фильтра до и после отбора пробы, а также количество отфильтрованного воздуха, рассчитывают содержание пыли в единице объема воздуха.

Для отбора проб рекомендуется использовать аспиратор модели 822 или автоматический одноканальный пробоотборник АПП-6-1. Методы и аппаратура, используемые для определения концентрации пыли, должны обеспечивать определение величины концентрации пыли на уровне 0,3 ПДК с относительной стандартной погрешностью, не превышающей $\pm 40\%$ при 95% вероятности. При этом для всех видов пробоотборников относительная стандартная ошибка определения пыли на уровне ПДК не должна превышать $\pm 25\%$. Для отбора проб рекомендуется использовать фильтры АФА-ВП-10, 20, АФА-ДП-3.

Суть счетного способа состоит в следующем: проводится отбор определенного объема запыленного воздуха, из которого частички пыли осаждаются на специальный мембранный фильтр (рекомендуется использовать мембранные фильтры «Миллипор» — Франция). После чего проводится подсчет числа пылинок, исследуется их форма и дисперсность под микроскопом. Концентрация пыли при счетном методе выражается числом пылинок в 1 см^3 воздуха.

Радиоизотопный метод измерения концентрации пыли основан на свойстве радиоактивного излучения (обычно α -излучения) поглощаться частицами пыли. Концентрацию пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения при прохождении через слой накопленной пыли (концентратомер радиоизотопный «Прима» модели 01 и 03).

Минздравом утверждены нормативные документы по определению содержания пыли:

МУ № 4436-87 «Измерение концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия»;

МУ № 4945-88 «Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)».

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен.

Назначение вентиляции — обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция используется для удаления из производственного помещения загрязненного или перегретого (охлажденного) воздуха и подачи вместо него чистого и охлажденного (нагретого) воздуха. В результате этого в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

Устройство и эксплуатация вентиляционных систем регламентируются нормативными документами:

- СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция, и кондиционирование»;
- ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования».

Рационально спроектированные и правильно эксплуатируемые вентиляционные системы способствуют улучшению самочувствия работающих, повышению производительности труда.

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

По способу перемещения воздуха в рабочих помещениях вентиляция делится на естественную и искусственную или механическую. При естественной вентиляции перемещение воздуха происходит под влиянием естественных факторов (теплового напора или действия ветра). При искусственной вентиляции воздух перемещается с помощью механических устройств (вентиляторов, эжекторов и др.).

В зависимости от назначения вентиляция бывает приточная (для подачи воздуха), вытяжная (для удаления воздуха) или приточно-вытяжная (одновременно для подачи и удаления воздуха) и системы с рециркуляцией.

Приточная общеобменная вентиляция распределяет свежий воздух, взятый из места вне здания по всему объему помещения. В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого загрязненный воздух вытесняется через двери, окна, фонари или щели строительных конструкций. Приточную систему применяют для вентиляции помещений, в которые нежелательно попадание загрязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне.

Вытяжная общеобменная вентиляция удаляет загрязненный воздух из всего объема помещения. При этом в помещении создается пониженное давление, и чистый воздух для замещения удаленного подсасывается извне через двери, окна, щели строительных конструкций. Вытяжную систему целесообразно применять в том случае, когда загрязненный воздух данного помещения не должен попадать в соседние, например, во вредных цехах, химических и биологических лабораториях.

Приточно-вытяжная общеобменная вентиляция имеет две отдельные системы: через одну подается чистый воздух, через другую удаляется загрязненный.

Приточно-вытяжная вентиляция может быть организована с рециркуляцией воздуха, заключающейся в том, что часть удаляемого из помещения воздуха не выбрасывается наружу, а возвращается из вытяжной системы в приточную по специальному воздуховоду. Целью рециркуляции является экономия тепла в зимнее время, поскольку рециркуляционный воздух возвращает в помещение затраченное на его нагрев тепло. Порция свежего воздуха в таких системах составляет 10...20% общего количества подаваемого воздуха. Систему вентиляции с рециркуляцией разрешается использовать только для тех помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ или выделяющиеся вещества относятся к 4-му классу опасности, и концентрация их в воздухе, подаваемом в помещение, не превышает 30% ПДК. Применение рециркуляции запрещено, если в воздухе содержатся болезнетворные вирусы, бактерии и грибки или имеются резко выраженные неприятные запахи.

По месту действия вентиляция бывает общеобменной, местной и комбинированной.

При общеобменной вентиляции смена воздуха происходит во всем объеме помещения. Эту систему вентиляции наиболее часто применяют в случаях, когда вредные вещества, теплота, влага выделяются равномерно по всему помещению. При такой системе вентиляции

обеспечивается поддержание необходимых параметров воздушной среды во всем объеме помещения (рис. 5.1, а).

Назначением местной вентиляции является удаление вредных выделений непосредственно от мест их образования и предотвращение их перемешивания с воздухом помещения. Например, если помещение очень велико, а число людей, находящихся в нем мало, причем место их нахождения фиксировано, имеет смысл (из экономических соображений) ограничиться оздоровлением воздушной среды только в местах нахождения людей. Примером такой вентиляции могут служить кабины наблюдения и управления в прокатных цехах, в которых устраивается местная приточно-вытяжная вентиляция, рабочие места в химических лабораториях, оборудованные местными вытяжными шкафами.

Местная вентиляция по сравнению с общеобменной требует значительно меньше затрат на устройство и эксплуатацию.

В производственных помещениях, где возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны больших количеств вредных газов и паров при нарушении технологического режима или авариях, наряду с рабочей предусматривается устройство аварийной вентиляции. Аварийная вентиляция, как правило, проектируется вытяжной.

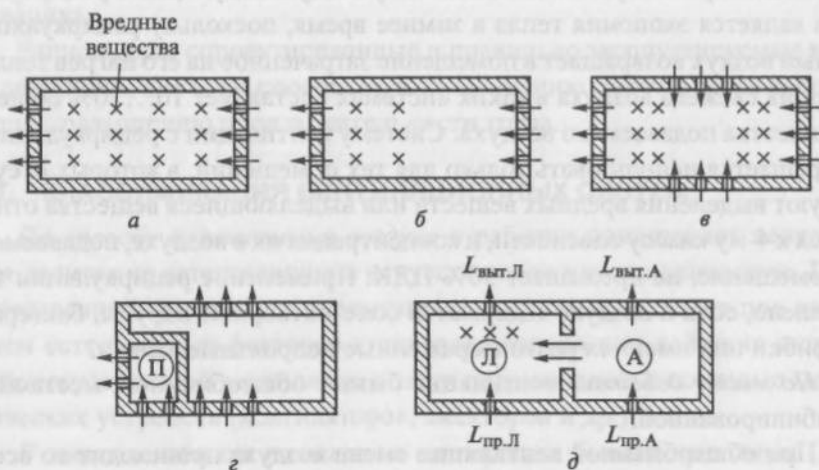


Рис. 5.1. Системы вентиляции:

а, б, в — общеобменная; з — общеобменная и местная; д — организация воздухообмена; П — помещение пульта управления, А — аудитория, Л — лаборатория

На производстве часто устраивают комбинированные системы вентиляции: общеобменную с местной (рис. 5.1, з), общеобменную с аварийной.

5.2. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ СИСТЕМАМ

Для эффективной работы системы вентиляции важно, чтобы еще на стадии проектирования были выполнены определенные санитарно-гигиенические и технические требования:

- Количество приточного воздуха $L_{пр}$ должно соответствовать количеству удаляемого $L_{выт}$ (вытяжки). Разница между ними должна быть минимальной.

$$L_{пр} = L_{выт}.$$

Такой вентиляционный баланс называется уравновешенным.

Однако в ряде случаев необходимо так организовать воздухообмен, чтобы одно количество воздуха было больше другого.

Если $L_{пр} > L_{выт}$, вентиляционный баланс считается положительным, имеется некоторое избыточное давление в помещении.

Если же $L_{пр} < L_{выт}$, то вентиляционный баланс считается отрицательным, т.е. имеется некоторое разрежение.

Например, при проектировании вентиляции двух смежных помещений, в одном из которых выделяются вредные вещества: химической лаборатории в вузе и учебной аудитории (рис. 5.1, д). Количество удаляемого из лаборатории воздуха должно быть больше количества приточного воздуха, т.е. $L_{вытл} > L_{прл}$. В результате этого в лаборатории создается небольшое разрежение, и незагрязненный воздух из аудитории, где $L_{прауд} > L_{вытауд}$ с небольшим избыточным давлением будет попадать в лабораторию, не давая возможности вредным веществам попадать в аудиторию.

Возможны такие схемы организации воздухообмена, когда во всем помещении поддерживается избыточное по отношению к атмосферному давление. Например, в цехах электровакуумного производства, для которого особенно важно отсутствие пыли, проникающей через различные неплотности в ограждениях. Количество приточного воздуха делается больше удаляемого, за счет чего и создается избыточное давление. В общем случае разница между объемами приточного и вытяжного воздуха не должна превышать 10...15%.

Приточные и вытяжные системы в помещении должны быть правильно размещены. Свежий воздух необходимо подавать в те части помещения, где количество вредных выделений минимально или их нет вообще, а удалять, где выделения максимальны (рис. 5.1, б, в).

Приток воздуха должен производиться, как правило, в рабочую зону, а вытяжка — из верхней зоны помещения. В ряде случаев при удалении вредных газов и паров с плотностью большей, чем у воздуха, например, сероводорода, оксидов азота, ароматических углеводородов и др., вытяжку можно производить из нижней зоны.

- Система вентиляции не должна вызывать переохлаждения и перегрева работающих.
- Система вентиляции не должна создавать шум на рабочих местах, превышающий предельно допустимый уровень.
- Система вентиляции должна быть электро-, пожаро-, взрывобезопасна, надежна в эксплуатации и эффективна.

5.3. ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит в результате разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также в результате действия ветра.

Разность температур воздуха внутри (более высокая температура) и снаружи помещения, а следовательно и разность плотностей вызывают поступление в помещение холодного воздуха и вытеснение из него теплого. При действии ветра с наветренной стороны здания создается разрежение, вследствие чего происходит вытяжка теплого и загрязненного воздуха из помещения, с наветренной стороны здания создается избыточное давление, и свежий воздух поступает в помещение на смену вытягиваемому воздуху.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть неорганизованной и организованной.

При неорганизованной вентиляции поступление и удаление воздуха происходит через неплотности и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, специальные проемы (проветривание). Инфильтрация может быть значительной для жилых зданий и достигать 0,5...0,75 объема помещения в час, а для промышленных предприятий — до 1...1,5 ч⁻¹.

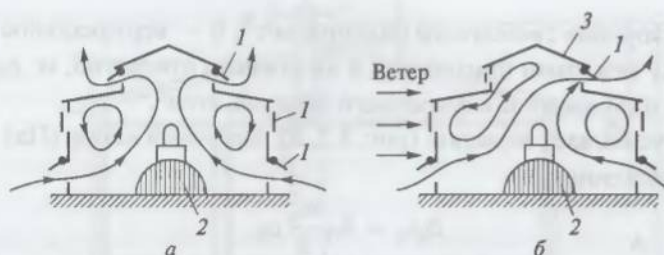


Рис. 5.2. Аэрация здания:

а — при безветрии, *б* — при ветре; 1 — нижний, верхний ярус оконных проемов, проемы в фонаре здания; 2 — выделяющий теплоагрегат, 3 — аэрационный фонарь

Организованная (поддающаяся регулировке) естественная вентиляция производственных помещений осуществляется аэрацией и дефлекторами.

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей. Воздухообмен в помещении регулируют различной степенью открывания фрамуг (в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра).

Здание оборудовано двумя рядами оконных проемов с фрамугами. На крыше вентилируемого помещения устраиваются вытяжные аэрационные фонари с фрамугами, также открывающимися с земли. Наружный воздух, имеющий более низкую температуру и большую плотность, чем воздух внутри помещения, поступает через нижние проемы (1... 1,5 м от пола) и, вытесняя воздух, находившийся в помещении, выходит наружу через проемы в фонаре здания (рис. 5.2, *а*).

В зимнее время поступление свежего воздуха осуществляется через проемы, расположенные на высоте 4... 7 м от пола. Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Меняя положение створок можно регулировать воздухообмен.

Расчетный тепловой напор (Π_a) определяется выражением

$$\Delta p_T = gh(\rho_H - \rho_B),$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; h — вертикальное расстояние между центрами приточного и вытяжного отверстий, м ; $\rho_{\text{н}}$ и $\rho_{\text{в}}$ — плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3 .

Ветер усиливает аэрацию (рис. 5.2, б). Ветровой напор (Па) определяется выражением:

$$\Delta p_{\text{в}} = k_{\text{А}} \frac{w_{\text{в}}^2}{2} \rho_{\text{н}},$$

где $k_{\text{А}}$ — коэффициент аэродинамического сопротивления здания. Значение $k_{\text{А}}$ не зависит от ветрового потока, а определяется эмпирическим путем и для геометрически подобных зданий остается постоянным; $w_{\text{в}}$ — скорость ветрового потока, м/с .

Расчетная разность давлений определяется как сумма теплового и ветрового напоров:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{в}} = gh(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) + k_{\text{А}} \frac{w_{\text{в}}^2}{2} \rho_{\text{н}}.$$

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха — до нескольких миллионов кубических метров в час подаются в производственное помещение и удаляются из него без затрат механической энергии. Система аэрации значительно дешевле механических систем вентиляции. Она является эффективным средством борьбы с избытками явного тепла в горячих цехах: прокатных, литейных, кузнечных. К недостаткам аэрации следует отнести существенное снижение эффективности в летнее время, когда повышается температура наружного воздуха, особенно в безветренную погоду. Кроме того, приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый — не очищается от выбросов и загрязняет наружный атмосферный воздух.

Канальная естественная вытяжная вентиляция без организованного притока воздуха широко применяется в жилых и административных зданиях (рис. 5.3). Для использования кинетической энергии ветра в целях усиления вытяжки в системах естественной вентиляции на устье вытяжных шахт устанавливают специальные насадки — дефлекторы. Наибольшее распространение получили дефлекторы типа ЦАГИ (рис. 5.4). Дефлектор представляет собой цилиндрическую обечайку, укрепленную над вытяжной трубой, заканчивающимся плавным расширением — диффузором. Поток воздуха, обтекая обечайку, создает

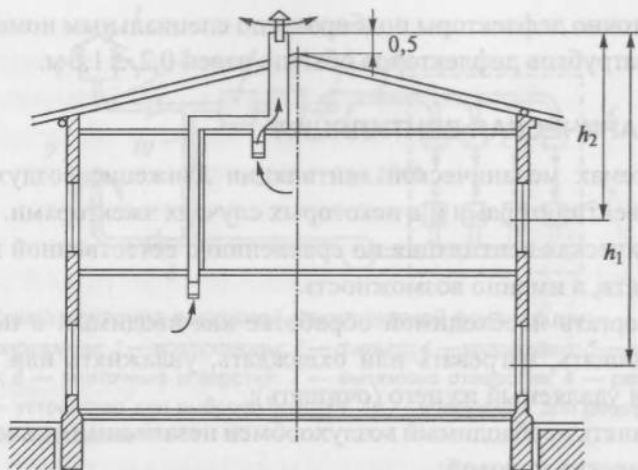


Рис. 5.3. Схема естественной канальной вытяжной вентиляции:

h_1 — нижний ярус окон, h_2 — верхний ярус окон

вокруг большей части ее разряжение, обеспечивающее подсос воздуха из вытяжного патрубка. Дефлекторы устанавливают в местах, хорошо обдуваемых ветром.

Эффективность работы дефлектора зависит от силы ветра и высоты его установки над коньком крыши. При ориентировочном подборе дефлекторов определяют диаметр подводящего патрубка D_0 (в мм) и соответствующие ему конструктивные размеры:

$$D_0 = 0,0188 \sqrt{L_d / v_d},$$

где L_d — производительность дефлектора, $\text{м}^3/\text{ч}$; v_d — скорость воздуха в патрубке дефлектора, $\text{м}/\text{с}$, которая принимается равной половине скорости ветра; обычно $v_d = 1,5 \dots 2 \text{ м}/\text{с}$ при скорости ветра $3 \dots 4 \text{ м}/\text{с}$ (для каждой местности известна средняя скорость ветра за наиболее жаркие месяцы, для Москвы такая скорость равна $3,4 \text{ м}/\text{с}$).

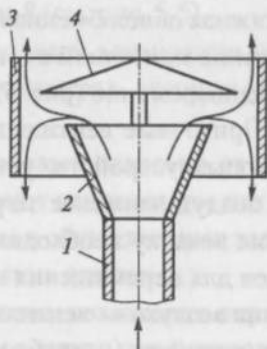


Рис. 5.4. Принципиальная схема дефлектора ЦАГИ:

1 — патрубок; 2 — диффузор; 3 — цилиндрическая обечайка; 4 — зонт

Более точно дефлекторы подбирают по специальным номограммам. Диаметр патрубков дефлекторов обычно равен 0,2... 1,0 м.

5.4. МЕХАНИЧЕСКАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

В системах механической вентиляции движение воздуха осуществляется вентиляторами и в некоторых случаях эжекторами.

Механическая вентиляция по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ, а именно возможность:

- подвергать необходимой обработке как вводимый в помещение воздух (очищать, нагревать или охлаждать, увлажнять или подсушивать), так и удаляемый из него (очищать);
- сохранять необходимый воздухообмен независимо от внешних метеорологических условий;
- организовывать оптимальное воздухораспределение с подачей воздуха непосредственно к рабочим местам;
- улавливать вредные выделения непосредственно в местах их образования, предотвращая их распространение по всему объему помещения.

К недостаткам механической вентиляции относятся значительные затраты энергии и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом.

В производственных зданиях наиболее распространена приточно-вытяжная общеобменная вентиляция, при которой воздух подается в помещение приточной системой, а удаляется вытяжной; системы работают одновременно (рис. 5.5).

Приточные вентиляционные системы обычно состоят из воздухозаборных устройств, устанавливаемых снаружи здания в тех местах, где воздух наименее загрязнен; устройств, предназначенных для придания воздуху необходимых качеств (фильтры, калориферы); воздуховодов для перемещения воздуха к месту назначения; возбудителей движения воздуха — вентиляторов или эжекторов; воздухораспределительных устройств (патрубков, насадок), обеспечивающих подачу воздуха в нужное место с заданной скоростью и в требуемом количестве.

Вытяжные вентиляционные системы состоят из вытяжных отверстий или насадков, через которые воздух удаляется из помещения, побудителя движения, воздуховодов, устройств для очистки воздуха от пы-

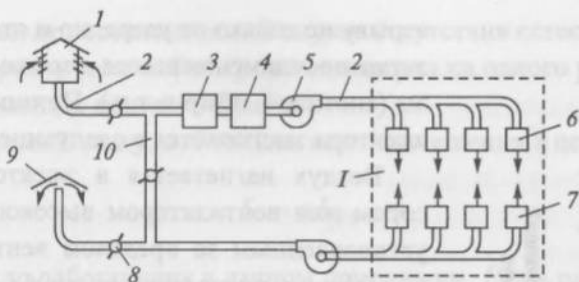


Рис. 5.5. Схема приточно-вытяжной механической вентиляции:

1 — воздухоприемник; 2 — воздуховоды; 3 — фильтр; 4 — калорифер; 5 — центробежный вентилятор; 6 — приточные отверстия; 7 — вытяжные отверстия; 8 — регулировочный клапан; 9 — устройство для выброса воздуха; 10 — воздуховод для рециркуляции; I — защищаемое помещение

ли или газов, устанавливаемых для защиты атмосферы и устройство для выброса воздуха, которое располагается на 1... 1,5 м выше конька крыши.

В отдельных случаях для сокращения эксплуатационных расходов на нагревание воздуха применяют системы вентиляции с частичной рециркуляцией. В них к поступающему снаружи воздуху подмешивают воздух, отсасываемый из помещения вытяжной системой. Свежая порция воздуха в таких системах обычно составляет 20... 10% общего количества подаваемого воздуха. Количество свежего, вторичного и выбрасываемого воздуха регулируется клапанами 8 (см. рис. 5.5).

Фильтры, калориферы и вентиляторы приточной вентиляции устанавливают в так называемых вентиляционных камерах, которые часто располагают в подвалах.

Вытяжные вентиляционные камеры устраивают отдельно от приточных вентиляционных камер. В них размещают вентиляторы для побуждения движения воздуха. Вытяжные камеры в общественных зданиях обычно размещают на чердаке или технических этажах.

Вентиляторы — это воздуходувные машины, создающие определенное давление и служащие для перемещения воздуха при потерях давления в вентиляционной сети не более 12 кПа. Наиболее распространенными являются осевые и радиальные (центробежные) вентиляторы.

Эжекторы применяют в вытяжных системах в тех случаях, когда необходимо удалить очень агрессивную среду, пыль, способную к

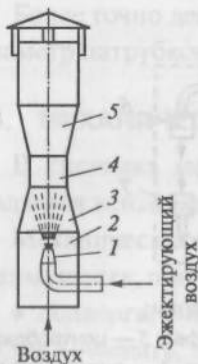


Рис. 5.6. Эжектор:

1 — сопло; 2 — камера разрежения; 3 — конфузор; 4 — горловина; 5 — диффузор

взрыву не только от удара, но и от трения, или легко воспламеняющиеся взрывоопасные газы (ацетилен, эфир и т.д.). Принцип действия эжектора заключается в следующем (рис. 5.6).

Воздух нагнетается в эжектор компрессором или вентилятором высокого давления, установленным за пределом вентилируемого помещения, подводится по трубе к соплу 1 и, выходя из него с большой скоростью, создает за счет эжекции разрежение в камере 2, куда подсасывается воздух из вентилируемого помещения. В конфузоре 3 и горловине 4 происходит перемешивание эжектируемого (из помещения) и эжектирующего воздуха. Диффузор 5 служит для преобразования динамического давления в статическое. Недостатком эжектора является низкий КПД, не превышающий 25%.

5.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

В соответствии с санитарными нормами все производственные помещения должны вентилироваться.

Количество воздуха, необходимое для вентиляции производственного помещения, называется вентиляционным воздухообменом (L , $\text{м}^3/\text{ч}$).

Вентиляционный воздухообмен следует определять расчетом исходя из условий производства и наличия избыточной теплоты, влаги или вредных веществ.

1. При нормальных микроклиматических условиях и отсутствии выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны (концентрация не превышает ПДК), количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного работающего. Если этот объем меньше 20 м^3 , расход воздуха на каждого работающего должен быть не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Если объем помещения на одного человека составляет $20 \dots 40 \text{ м}^3$, то расход воздуха на каждого человека составляет не менее 20 м^3 . В помещениях, где на одного работающего приходится более 40 м^3 и при наличии естественной вентиляции

воздухообмен не рассчитывают. В случае отсутствия естественной вентиляции (герметичные кабины) расход воздуха на одного работающего должен составлять не менее 60 м^3 .

Необходимый воздухообмен для всего помещения в целом:

$$L = nL_1,$$

где n — число работающих в данном помещении, L_1 — расход воздуха на одного работающего, $\text{м}^3/\text{ч}$.

2. При выделении вредных газов или паров вентиляционный воздухообмен определяют исходя из разбавления их до допустимых концентраций:

$$L = G_{\text{вр}} / (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{пр}}),$$

где $G_{\text{вр}}$ — количество выделяющихся вредных веществ, $\text{мг}/\text{ч}$. Принимают по технологическим данным или из справочной литературы; $C_{\text{пр}}$ — концентрация вредных веществ в приточном воздухе, должна быть по возможности минимальной и не превышать 30% ПДК.

Этим методом расчета пользуются при равенстве количества приточного и удаляемого системой вентиляции воздуха, отсутствии в производственном помещении местных вентиляционных отсосов, равномерном распределении вредных веществ по помещению и постоянстве концентрации вредных веществ, равной ПДК.

3. При выделении избытков явной теплоты в помещении вентиляционный воздухообмен (без учета количества тепла, уносимого с воздухом, удаляемым через местные отсосы) определяют следующим соотношением:

$$L = \Delta Q_{\text{изб}} / C_p \rho_{\text{пр}} (t_y - t_{\text{п}}),$$

где $\Delta Q_{\text{изб}}$ — избытки явного тепла в помещении, кВт ; C_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; $\rho_{\text{пр}}$ — плотность приточного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; t_y — температура удаляемого воздуха, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{п}}$ — температура воздуха, подаваемого в помещение, $^\circ\text{C}$.

Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле:

$$t_y = t_{\text{рз}} + a(H - 2),$$

где t_{pz} — температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам, т.е. $t_{pz} \leq t_{доп}$; a — температурный градиент по высоте помещения, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$; для помещений с избытками явного тепла меньше $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$ можно принять $a = 0,5^{\circ}\text{C}/\text{м}$. Для «горячих» цехов, где избытки явного тепла равны или больше $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$ — $a = 0,7 \dots 1,5^{\circ}\text{C}/\text{м}$; H — расстояние от пола до центра вытяжных отверстий, м; 2 — высота рабочей зоны, м.

Температура приточного воздуха при наличии избытка явной теплоты должна быть на $5 \dots 8^{\circ}\text{C}$ ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

4. При выделении влаги необходимый воздухообмен находят по формуле:

$$L = G_{\text{вп}} / \rho_{\text{пр}} (d_y - d_{\text{пр}}),$$

где $G_{\text{вп}}$ — масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч; $\rho_{\text{пр}}$ — плотность воздуха, поступающего в помещение, $\text{кг}/\text{м}^3$; d_y — допустимое содержание водяного пара в воздухе при нормативной температуре и относительной влажности воздуха, г/кг; $d_{\text{пр}}$ — влагосодержание приточного воздуха, г/кг.

При одновременном выделении теплоты, влаги, вредных веществ следует рассчитывать воздухообмен для каждого из этих факторов и принимать наибольшее из полученных значений.

5. Метод определения необходимого количества воздуха по кратности вентиляционного воздухообмена. Применяют для ориентировочных расчетов, когда неизвестно количество выделяющихся вредных веществ.

Кратность воздухообмена k (час^{-1}) показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении. Тогда:

$$L = kV,$$

где L — объем воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения, $\text{м}^3/\text{ч}$; V — объем вентилируемого помещения, м^3 .

Величина k обычно составляет $1 \dots 10$.

Расчет вентиляционных систем сводится к определению вентиляционного воздухообмена (L), выбору схемы вентиляции, определению давления, развиваемого вентилятором, подбору вентилятора и электродвигателя необходимой мощности.

5.6. МЕСТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

С помощью местной вентиляции необходимые метеорологические параметры и чистота воздуха создаются на отдельных рабочих местах. *Местная вытяжная вентиляция* удаляет вредные вещества непосредственно у источника возникновения (у сальников насосов, мешалок и т.д.). *Местная приточная вентиляция* подает чистый охлажденный (нагретый) воздух на рабочее место, создавая благоприятную метеорологическую обстановку.

Местная приточная вентиляция применяется в виде воздушных душей и воздушных завес.

Воздушный душ представляет собой подачу на человека струи воздуха заданных параметров (температура, влажность, скорость). Для устройства воздушного оазиса часть рабочей площадки отделяют вертикальными, обычно стеклянными щитами, между которыми оставляют необходимые проходы. Выгороженную часть, имеющую открытый верх, «затопляют» приточным воздухом необходимых параметров. Воздушное душирование предусматривают на постоянных рабочих местах при воздействии на работающих теплового излучения.

Воздушная завеса создается струей воздуха, поступающей из узкой щели со скоростью 10...15 м/с для предотвращения прохода воздуха через открытый проем. Воздушные завесы устраивают у дверных проемов в наружных стенах для отклонения потока холодного воздуха, устремляющегося через открытые двери в помещение, а также в проемах во внутренних стенах. В этом случае воздушные завесы препятствуют перетеканию загрязненного воздуха из одного помещения в другое.

Местная вытяжная вентиляция осуществляется с помощью местных отсосов и укрытий. Конструкции местных отсосов могут быть полностью закрытыми, полуоткрытыми или открытыми. Наиболее эффективны закрытые отсосы. К ним относятся кожухи, камеры, герметично закрывающие технологическое оборудование (рис. 5.7, а).

Если по условиям технологии или обслуживания такие укрытия устроить невозможно, то применяют отсосы с частичным укрытием или открытые: вытяжные зонты, отсасывающие панели, вытяжные шкафы, бортовые отсосы и т.д.

Бортовые отсосы используют, когда пространство над поверхностью выделения вредных веществ должно оставаться совершенно сво-

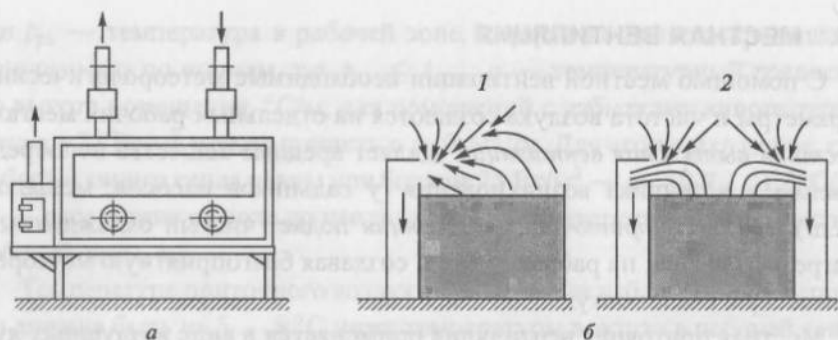


Рис. 5.7. Устройство местной вентиляции:
а — покрытие-бюкс, *б* — односторонний (1) и двусторонний (2) отсосы

бодным — при загрузке и выгрузке обрабатываемых изделий с помощью подъемно-транспортных устройств. Примером могут служить бортовые отсосы гальванических и травильных ванн. Принцип действия бортовых отсосов, представляющих собой щелевидные воздухопроводы размером 40...100 мм, состоит в том, что затягиваемый в щель воздух, двигаясь над поверхностью ванны, увлекает за собой вредные выделения, не давая им распространиться по производственному помещению. Бортовые отсосы делают у одного борта, если ширина ванны не превышает 0,7 м (рис. 5.7, б), или у двух противоположных бортов, когда ширина ванны составляет 0,7...1,0 м (рис. 5.7, в). Кроме обычных бортовых отсосов применяют бортовые отсосы с передувом, когда в узкую щель, расположенную у одной длинной стороны ванны, подают струю воздуха, а с противоположной стороны ванны производят отсос.

Вытяжной зонт является одним из самых простых видов местных отсосов. Вытяжные зонты применяют для улавливания вредных веществ, имеющих меньшую плотность, чем окружающий воздух. Зонты делают открытыми со всех сторон или частично открытыми с одной, двух, трех сторон, а по форме сечения — прямоугольными или круглыми. Главное условие, чтобы поток удаляемых вредных веществ не проходил через зону дыхания работающего. Эффективность работы вытяжного зонта зависит от размеров, высоты подвеса и угла его раскрытия. Чем больше размеры и чем ниже установлен зонт над местом выделения вредных веществ, тем он эффективнее.

Вытяжные шкафы почти полностью закрывают источник выделения вредных веществ, поэтому они эффективнее других отсосов. Незакры-

тыми остаются лишь проемы для работы внутри шкафа, через которые воздух из помещения поступает в шкаф. Форма проема определяется характером технологических операций.

Необходимый воздухообмен в системах местной вытяжной вентиляции рассчитывают для обеспечения локализации примесей, выделяющихся из источника образования:

$$L = vF,$$

где L — вентиляционный воздухообмен, $\text{м}^3/\text{с}$; v — скорость воздуха в проеме отсоса (принимается $0,5 \dots 1,5 \text{ м/с}$ в зависимости от класса опасности вредного вещества и типа воздухоприемного устройства); F — площадь аэродинамического проема, м^2 .

Обычные системы вентиляции не способны поддерживать сразу все метеорологические параметры в пределах, обеспечивающих комфортные условия труда. Эту задачу может выполнить кондиционирование, которое является наиболее совершенным видом механической вентиляции. *Кондиционированием* называется процесс создания и автоматического поддержания оптимальных параметров воздушной среды в производственных помещениях. При кондиционировании независимо от наружных метеорологических условий и режима работы технологического оборудования в помещении автоматически регулируются температура, относительная влажность, скорость движения воздуха и осуществляется очистка воздуха от пыли. В некоторых случаях воздух проходит специальную обработку: ионизацию, дезодорацию, озонирование и т.д.

Для обеспечения кондиционирования используются специальные установки, называемые кондиционерами. Кондиционеры могут быть местными (для обслуживания отдельных помещений) и центральными (для обслуживания нескольких отдельных помещений). Принципиальная схема кондиционера приведена на рис. 5.8.

Наружный воздух очищается от пыли, проходя через фильтр 2, и поступает в камеру 1, где он смешивается с воздухом из помещения. Воздух из помещений, где установлены кондиционеры, как правило, удаляется специальной вытяжной системой 8, 9. В целях экономии теплоты зимой и холода летом часть этого воздуха не выбрасывается наружу, а снова поступает в кондиционер 3 (схема с рециркуляцией воздуха).

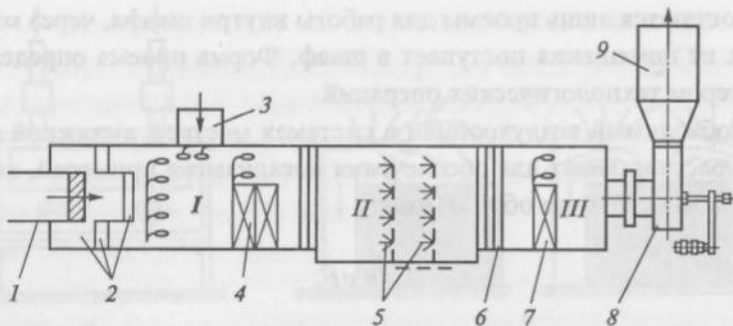


Рис. . Рис. 5.8. Схема кондиционера:

- 1 — заборный воздуховод; 2 — фильтр; 3 — соединительный воздуховод;
 4 — калорифер; 5 — форсунки увлажнителя воздуха; 6 — каплеуловитель;
 7 — калорифер второй ступени; 8 — вентилятор; 9 — отводной воздуховод

Пройдя через ступень предварительной температурной обработки в калориферах 4, воздух поступает в камеру II, где подвергается увлажнению 5 для обеспечения заданных параметров относительной влажности и очистке 6. При последующей температурной обработке в камере III зимой воздух подогревается частично за счет температуры воды, поступающей в форсунки 5, а частично в калориферах 4 и 7. Летом воздух охлаждается частично подачей в камеру II охлажденной воды, но главным образом за счет работы специальных холодильных машин. Отечественной промышленностью выпускаются неавтономные (без холодильной машины) и автономные кондиционеры (со встроенной холодильной машиной).

Кондиционирование воздуха требует по сравнению с вентиляцией больших затрат, но эти затраты быстро окупаются, так как на 4...10% увеличивается производительность труда и снижается заболеваемость работающих.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Освещение — это использование световой энергии Солнца и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Весь воспринимаемый органом зрения человека предметный мир образуется излучением, сосредоточенным в узкой полосе электромагнитных волн длиной от 380 до 760 нм, составляющих так называемую область видимых лучей.

Около 90% всей информации о внешнем мире человек получает зрительным путем, поэтому главной задачей производственного освещения является создание наилучших условий для видения.

6.1. ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Видимое излучение характеризуют такие величины как световой поток, сила света, освещенность и яркость, связь между которыми показана на рис. 6.1.

Световой поток F — лучистая энергия, которая воспринимается человеком как свет. Глаз человека является селективным приемником света с определенной спектральной чувствительностью. Волны раз-

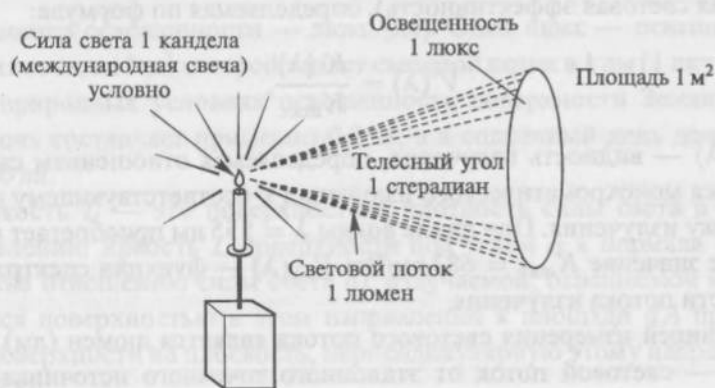


Рис. 6.1. Схема зависимости световых величин

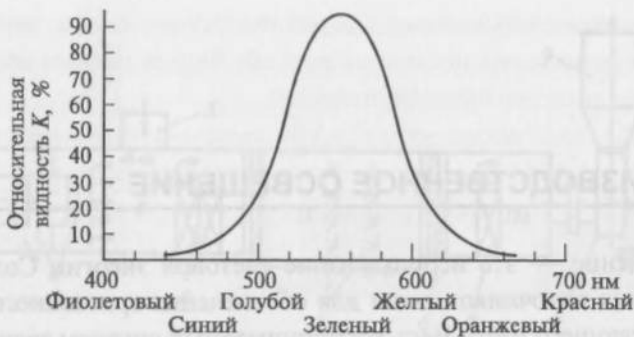


Рис. 6.2. Кривая относительной видимости

личной длины вызывают различное цветовое ощущение. В частности, глаз человека наиболее чувствителен к видимому излучению с длиной волны 555 нм — желто-зеленый цвет ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Если чувствительность глаза к этим лучам принять за единицу, то чувствительность к другим монохроматическим лучам будет определяться кривой относительной видимости (рис. 6.2).

Световой поток определяется по формуле:

$$F = K_{\max} \int_{380}^{760} F_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda,$$

где $V(\lambda)$ — относительная видимость (современное название — спектральная световая эффективность), определяемая по формуле:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_{\max}},$$

где $K(\lambda)$ — видимость излучения, определяемая отношением светового потока монохроматического излучения к соответствующему полному потоку излучения. При длине волны $\lambda = 555 \text{ нм}$ приобретает максимальное значение $K_{\max} = 683 \text{ лм/Вт}$; $F_{e\lambda}(\lambda)$ — функция спектральной плотности потока излучения.

Единицей измерения светового потока является люмен (лм). Один люмен — световой поток от эталонного точечного источника в одну международную свечу, помещенного в вершине телесного угла в 1 стерадиан (стерадиан — телесный угол, вырезающий на поверхности

сферы площадь, равную квадрату радиуса). Лампа накаливания мощностью 100 Вт имеет световой поток 1300 лм, а люминесцентная лампа мощностью 40 Вт — 3200 лм.

Свечение источника света в некотором направлении характеризует сила света.

Сила света I — пространственная плотность светового потока F , численно равная отношению светового потока dF , исходящего от точечного источника, к величине телесного угла $d\omega$, в пределах которого он распространяется:

$$I = \frac{dF}{d\omega}.$$

За единицу силы света принята кандела (кд). Одна кандела — сила света, испускаемая с поверхности площадью $1/600000 \text{ м}^2$ полного излучателя (государственный световой эталон) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины (2046,65 К) и давлении 101325 Па.

Средняя сила света лампы накаливания мощностью 100 Вт составляет около 100 кд.

Освещенность E — поверхностная плотность светового потока, численно равная отношению светового потока dF , равномерно падающего на освещаемую поверхность, к площади этой поверхности dS :

$$E = \frac{dF}{dS}.$$

Единица освещенности — люкс (лк). Один люкс — освещенность поверхности, на 1 м^2 которой падает световой поток в 1 лм ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$).

В природных условиях освещенность поверхности Земли в лунную ночь составляет примерно 0,2 лк, а в солнечный день доходит до 100 000 лк.

Яркость L — это поверхностная плотность силы света в данном направлении. Яркость L поверхности под углом α к нормали численно равна отношению силы света dI излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении к площади dA проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению (рис. 6.3):

$$L = \frac{dI}{dA \cdot \cos \alpha},$$

Источник ВИ

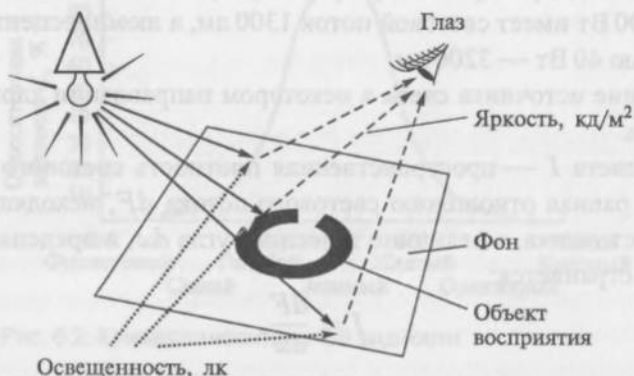


Рис. 6.3. Яркость

где dI — сила света, излучаемого поверхностью dA в направлении α ; A — площадь участка, испускающего излучение; α — угол между перпендикуляром к этому участку и направлением излучения.

Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом человека. Яркость объекта восприятия зависит от освещенности и его отражательной способности. Отражательная способность окружающих нас предметов неодинакова, поэтому при постоянстве солнечного освещения мы можем воспринимать множество оттенков окружающего нас мира.

Единицей измерения яркости является кандела на 1 м^2 ($\text{кд}/\text{м}^2$).

Яркость солнца — около миллиарда $\text{кд}/\text{м}^2$, а люминесцентной лампы — 5...11 тысяч $\text{кд}/\text{м}^2$. Лист белой бумаги, освещенный настольной лампой мощностью 60 Вт, имеет яркость 30...40 $\text{кд}/\text{м}^2$.

6.2. СИСТЕМЫ И ВИДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

По принципу организации производственное освещение подразделяется на:

- естественное — освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях;
- искусственное — освещение, создаваемое искусственными источниками света, т.е. устройствами, предназначенными для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение;

- совмещенное — освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Естественное освещение в свою очередь бывает:

- боковым, при котором освещение помещения естественным светом осуществляется через световые проемы в наружных стенах;
- верхним — естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- комбинированным — сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Система естественного освещения (боковое, верхнее или комбинированное) выбирается с учетом следующих факторов:

- назначения и принятого архитектурно-планировочного, объемно-пространственного и конструктивного решения зданий;
- требований к естественному освещению помещений, учитывающих особенности технологии и характера зрительной работы;
- климатических и светоклиматических особенностей места строительства;
- экономичности естественного освещения.

Верхнее и комбинированное естественное освещение в основном применяется в производственных одноэтажных многопролетных зданиях, в одноэтажных общественных зданиях большой площади (крытые рынки, стадионы и т.п.), а также в зданиях с крупногабаритными технологическими объемами, в частности, производственных транспортных предприятиях, предназначенных для ввода подвижного состава.

Боковое естественное освещение применяется в многоэтажных производственных, общественных и жилых зданиях, а также в одноэтажных общественных и производственных зданиях, в которых отношение глубины помещения к высоте окон над условной рабочей поверхностью (горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола) не превышает 8.

Искусственное освещение может быть двух систем — общее освещение и комбинированное освещение.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения и может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работы в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создать большую освещенность на рабочих местах.

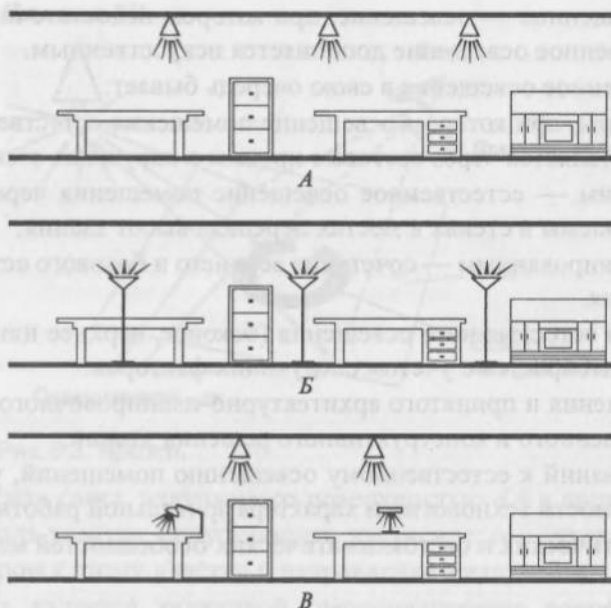


Рис. 6.4. Системы искусственного освещения:
 А — общее равномерное; Б — общее локализованное; В —
 комбинированное (общее и местное)

Комбинированное освещение состоит из общего и местного (рис. 6.4). Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света. Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним площадях. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях не допускается из-за дискомфорта блескости, возникающей при наличии темных окружающих поверхностей и ярких пятен в поле зрения.

Выбор системы искусственного освещения осуществляется исходя из:

- нормируемой освещенности;
- требований равномерности освещения;
- размещения оборудования и рабочих мест;
- первоначальных затрат на электроэнергию.

6.3. ИСТОЧНИКИ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Для искусственного освещения производственных помещений используются газоразрядные лампы и лампы накаливания.

В лампах накаливания (ЛН) свечение возникает в результате нагрева нити лампы до высоких температур (рис. 6.5). Они имеют низкую световую отдачу $7 \dots 20$ лм/Вт, небольшой срок службы (1500 часов), преобладание в спектре желтовато-красных лучей, которые искажают цветовое восприятие. В силу перечисленных недостатков лампы накаливания имеют ограниченное применение.

В частности для освещения на производстве лампы накаливания применяют:

- для аварийного и эвакуационного освещения;
- в помещениях, для питания освещения которых допускается напряжение не более 42 В;
- в помещениях с кратковременным пребыванием людей;
- для местного освещения;



Рис. 6.5. Устройство лампы накаливания

- в случаях, когда применение газоразрядных ламп невозможно по технологическим причинам (высокая температура воздуха, вибрация).

Наибольшее распространение в промышленности нашли разрядные лампы. Принцип действия разрядных ламп (РЛ) основан на электрическом разряде между двумя электродами, запаянными в прозрачную для оптического излучения колбу той или иной формы. Внутреннее пространство колбы после удаления воздуха наполняется определенным газом, чаще всего инертным, до заданного давления или же инертным газом и небольшим количеством металла (с высокой упругостью паров), например ртутью, натрием.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) представляют собой разрядные источники света низкого давления, в которых ультрафиолетовое (УФ) излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в видимое излучение (рис. 6.6). Колба лампы заполнена инертным газом — аргон-криптоновой смесью. В качестве люминофора, как правило, применяется галофосфат кальция, активированный сурьмой и марганцем. Подбирая состав люминофоров можно создать излучение любого спектра.

Существенным недостатком ЛЛ является пульсация светового потока при питании переменным током.

На работе ЛЛ сказываются колебания напряжения в питающей сети и температура окружающей среды. Снижение напряжения в сети более



Рис. 6.6. Принцип люминесцентной лампы

чем на 10% приводит к отказу в зажигании ЛЛ. Для большинства ЛЛ рабочий диапазон температуры составляет $+5 \dots +50^\circ\text{C}$.

Достоинством ЛЛ является значительная светоотдача (75...85 лм /Вт), экономичность, срок службы достигает 12 000 часов, благоприятный спектральный состав света, близкий к естественному, равномерность светового потока и сравнительно невысокая яркость.

ЛЛ выпускаются нескольких типов — лампы дневного света ЛД с голубоватым цветом излучения. Лампы белого света ЛБ, имеющие несколько желтоватый оттенок, лампы холодного и теплого белого света ЛХБ и ЛТБ, занимающих по спектру излучения промежуточное положение между лампами ЛБ и ЛД. Выпускаются также лампы дневного света с улучшенной цветопередачей типа ЛДЦ, которые применяются, главным образом, в помещениях жилых и общественных зданий.

Для производственных целей широко используются также ртутные лампы РЛ высокого давления, такие как ДРЛ — дуговые ртутные люминесцентные и ДРИ — дуговые ртутные лампы с излучающими добавками (иодида натрия, индия, теллурия).

Принцип действия лампы ДРЛ основан на преобразовании УФ излучения ртутного разряда высокого давления при помощи люминофора в видимое излучение. ДРЛ могут использоваться без люминофора, поскольку в спектре более 50% излучения составляет видимое излучение, около 40% — УФ. Однако это приводит к сильному искажению цвета предметов, особенно человеческой кожи, вследствие, отсутствия излучения в оранжево-красной части спектра.

Недостатком ламп ДРЛ является присутствие в спектре некоторой доли УФ излучения, что может неблагоприятно сказаться на состоянии здоровья работающих. Качество цветопередачи ламп типа ДРЛ намного хуже, чем у ЛЛ. Световая отдача составляет 50...60 лм/Вт. Кроме того, лампы ДРЛ вызывают большую пульсацию светового потока (63...74%). На их зажигание также влияет температура окружающей среды и снижение напряжения сети.

Основные области применения: наружное освещение, освещение промышленных предприятий высотой 3–5 м, не требующих высокого качества цветопередачи.

Лампы типа ДРИ общего назначения отличаются от ДРЛ только отсутствием люминофорного покрытия на колбе и улучшенной цветопе-

редачей. Пульсация светового потока в лампах типа ДРИ существенно ниже, чем в лампах ДРЛ (и составляет примерно 30%).

6.4. СВЕТИЛЬНИКИ

Создание в производственных помещениях качественного и экономичного освещения обеспечивается применением рациональных светильников.

Светильник — это устройство, содержащее источник света (лампу) и светотехническую арматуру. Светотехническая арматура перераспределяет свет источника света (ИС) в пространстве или преобразует его свойства (изменяет спектральный состав излучения или поляризует его). Наряду с этим светотехническая арматура выполняет функции защиты лампы от воздействия окружающей среды, механических повреждений, обеспечивает крепление лампы и подключение к источнику питания.

Распределение света в пространстве — одна из важнейших светотехнических характеристик светильника, которая описывается кривыми силы света.

Кривой силы света (КСС) называется зависимость силы света светильника от меридиальных и экваториальных углов, получаемая сечением фотометрического тела светильника плоскостью. Под фотометрическим телом понимается геометрическое место концов радиусов — векторов, выходящих из светового центра светильника, длина которых пропорциональна силе света в соответствующем направлении. Примеры КСС для симметричного и несимметричного светильников приведены на рис. 6.7.

Кривые силы света светильников в соответствии с ГОСТ 17677-82 подразделяются на 7 классов (рис. 6.8).

КСС светильников обычно приводятся в полярных координатах для условной лампы со световым потоком 1000 лм. Значения силы света светильника с лампами, работающими в условиях данного светильника, получают умножением значений силы света, найденных из КСС, на фактический световой поток установленных в светильнике ламп.

Обозначение типа КСС: К — концентрированная; Г — глубокая; Д — косинусная; Л — полуширокая; Ш — широкая; М — равномерная; С — синусная.

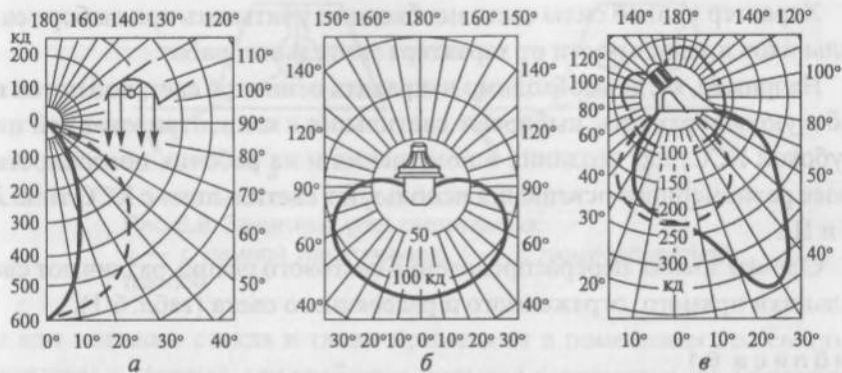


Рис. 6.7. Кривые силы света:

a — симметричный светильник с двумя плоскостями симметрии, *ss* — в главной поперечной плоскости, — — — в главной продольной плоскости; *b* — светильник, равномерно рассеивающий световой поток в нижнюю полусферу; *v* — светильник типа "Кососвет"

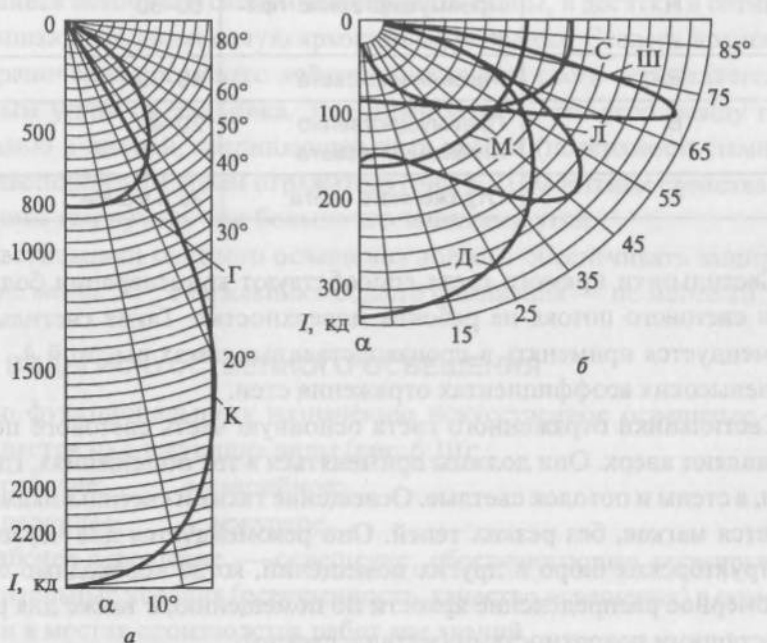


Рис. 6.8. Типы кривых силы света

Характер кривой силы света необходимо учитывать при выборе светильников в зависимости от характера зрительных работ.

Например, когда необходимо направить основной световой поток на рабочую поверхность, выбирают светильник с концентрированной или глубокой КСС; для создания в помещении и на рабочих поверхностях более равномерного освещения используют светильники с КСС типа Л, М и Ш.

С точки зрения перераспределения светового потока различают светильники прямого, отраженного и рассеянного света (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классы светильников по светораспределению

Обозначение класса светильника по светораспределению	Наименование класса светильника по светораспределению	Доля светового потока, направляемая в нижнюю полусферу, %
П	Прямого света	Свыше 80
Н	Преимущественно прямого света	60–80
Р	Рассеянного света	40–60
В	Преимущественно отраженного света	20–40
О	Отраженного света	20 и менее

Светильники прямого света способствуют концентрации большей части светового потока на рабочих поверхностях. Такие светильники рекомендуется применять в производственных цехах высотой 4...10 м при невысоких коэффициентах отражения стен.

Светильники отраженного света основную часть светового потока направляют вверх. Они должны применяться в тех помещениях, где нет пыли, а стены и потолок светлые. Освещение такими светильниками получается мягкое, без резких теней. Оно рекомендуется для чертежно-конструкторских бюро и других помещений, когда необходимо особо равномерное распределение яркости по помещению, а также для работ с блестящими поверхностями (металл, стекло).

Светильники рассеянного света распределяют световой поток более или менее равномерно в обе полусферы. Их изготавливают из молочно-

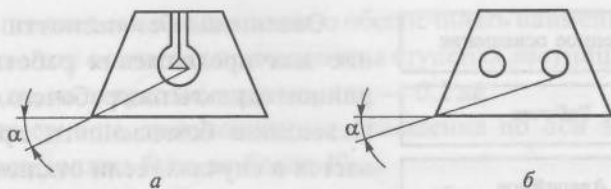


Рис. 6.9. Защитный угол светильника:
а — с лампой накаливания, *б* — с люминесцентной
 лампой

го или матового стекла и также применяют в помещениях со светлым потолком и стенами, где требуется большая равномерность освещения.

С экономической точки зрения установки со светильниками рассеянного и отраженного света являются менее выгодными из-за значительных потерь световой энергии.

Назначение светильника состоит также в защите глаз работающих от воздействия чрезмерно больших яркостей источников света. Применяющиеся источники света имеют яркость колбы, в десятки и сотни раз превышающую допустимую яркость в поле зрения. Степень возможного ограничения слепящего действия источника света определяется защитным углом светильника. Защитный угол — это угол между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя (рис. 6.9). Защитные свойства светильника тем лучше, чем больше его защитный угол.

Светильники местного освещения должны обеспечивать защитный угол не менее 30° , светильники общего освещения — не менее 15° .

6.5. ВИДЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на следующие виды (рис. 6.10):

- рабочее;
- аварийное;
- охранное;
- дежурное.

Рабочее освещение — освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Аварийное освещение подразделяется на освещение безопасности и эвакуационное.



Рис. 6.10. Виды искусственного освещения

Освещение безопасности — освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Освещение безопасности предусматривается в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы объектов жизнеобеспечения (электрические станции, насосные установки водоснабжения, теплофикации и т.п.), в которых недопустимо прекращение работ.

Наименьшая освещенность, создаваемая освещением безопасности, должна составлять не менее 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий.

Эвакуационное освещение — освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения.

Эвакуационное освещение предусматривается:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 человек;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;
- в помещениях общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещении могут одновременно находиться более 100 человек;
- в производственных помещениях без естественного света.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях — 0,5 лк, на открытых территориях — 0,2 лк.

Неравномерность эвакуационного освещения по оси эвакуационных проходов должна быть не более 40 : 1.

Дежурное освещение — освещение в нерабочее время.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

6.6. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Свет является необходимым условием существования человека. Он влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме. Хорошее освещение действует тонизирующе, создает хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности.

В зависимости от спектрального состава свет может оказывать возбуждающее действие и усиливать чувство тепла (оранжево-красный), или, наоборот, — успокаивающее (желто-зеленый), или усиливать тормозные процессы (сине-фиолетовый) (рис. 6.11). Это используется при эстетическом оформлении производственных помещений, окраске оборудования и стен: холодные тона — при высоких температурах и наличии источников тепловыделений, в жарком климате. Теплые тона — в случае пониженных температур, необходимости тонизирующего влияния производственной среды на работающих. Наиболее широко используется зеленый цвет, оказывающий благоприятное психологическое воздействие.

Наиболее значительное влияние освещение оказывает на функцию зрения, а через нее на производительность труда. Рациональное освещение играет важную роль в профилактике производственного травматизма.

Согласно статистике в среднем при различных видах производственной деятельности число несчастных случаев, связанных с неудовлетворительным освещением, составляет 30...50% от общего количества. При зрительных работах, не требующих высокой точности, около



Рис. 6.11. Тональность "теплых" и "холодных" цветов

1,5% травм со смертельным исходом происходит по причине плохого освещения. Травматизм глаз при таких работах, непосредственно связанный с неудовлетворительным освещением, составляет от 18% до 25%. Причиной травматизма может быть как непосредственное ухудшение видимости в рабочей зоне, так и повышенное утомление работников, вследствие работы в условиях неудовлетворительного освещения.

Кроме травматизма, неблагоприятные условия освещения могут вызывать утомление зрительного анализатора (при систематическом воздействии — развитие дефектов зрения), снижать работоспособность, приводить к профессиональным заболеваниям.

Возможность отрицательного воздействия условий освещения на работников определяется рядом факторов:

- отсутствием или недостаточностью естественного света;
- пониженной освещенностью;
- повышенной яркостью;
- прямой или отраженной блескостью;
- повышенной пульсацией освещенности;

- повышенным уровнем ультрафиолетового излучения.

С отсутствием естественного света связано явление «светового голодания».

Световое голодание — это состояние организма, обусловленное дефицитом ультрафиолетового излучения и проявляющееся в нарушении обмена веществ и снижении сопротивляемости организма. Кроме того, продолжительная работа в помещении без естественного света может оказывать неблагоприятное психофизиологическое воздействие на персонал из-за отсутствия связи с внешним миром, ощущения замкнутости пространства.

Для компенсации ультрафиолетовой недостаточности используются УФ-облучательные установки длительного действия (совмещенные с осветительными установками) и облучательные установки кратковременного действия (фотарии).

В помещениях без естественного света для освещения применяются газоразрядные источники света со спектральным составом, близким к естественному, устройства динамического освещения, а также используются специальные архитектурные приемы, имитирующие естественное освещение (витражи, ложные окна и т.п.).

Любая работа (например, чтение) может выполняться в очень большом диапазоне уровней освещенности. Однако ее эффективность (скорость чтения) будет меняться так, как это показано на рис. 6.12. До некоторого уровня освещенности работа выполняться не может (текст не виден, скорость чтения равна нулю), затем эффективность зрительной работы возрастает и в некоторой точке достигает максимума. Дальнейший рост освещенности не приводит к увеличению эффективности (скорость чтения не меняется). Освещенность, соответствующую этому значению (точке насыщения кривой), называют оптимальной освещенностью. Однако нормируемые значения освещенности, как пра-

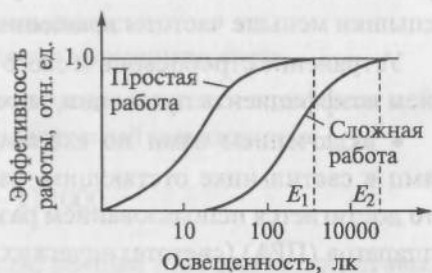


Рис. 6.12. Влияние освещенности на эффективность зрительной работы

вило, из-за экономических соображений соответствуют эффективности ниже максимальной.

Неблагоприятные условия для зрительных работ возникают не только при пониженной, но и чрезмерно высокой освещенности. При очень большой освещенности поверхности и высоком коэффициенте отражения в результате повышенной яркости может возникать слепящее действие, состояние зрительного дискомфорта.

Предотвращению отрицательного воздействия повышенной яркости способствует правильное устройство осветительных установок, соблюдение требуемых уровней освещенности.

Кроме освещенности на эффективность зрительной работы влияют также показатели качества освещения.

В частности, работа в условиях освещения пульсирующим светом снижает работоспособность органа зрения, вызывает повышенное утомление, головные боли и т. д. Кроме того, наличие в поле зрения движущихся или вращающихся предметов, даже при низких значениях коэффициента пульсации, может вызвать стробоскопический эффект и привести к производственному травматизму.

Стробоскопический эффект — кажущееся изменение или прекращение движения предмета, освещаемого светом, периодически изменяющимся с частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать вспышками, то сектор будет казаться неподвижным при равенстве частоты вращения диска и частоты вспышки; медленно движущимся в обратную сторону при частоте вспышки больше частоты вращения диска и медленно движущимся в ту же сторону при частоте вспышки меньше частоты вращения диска.

Устранение стробоскопического эффекта осуществляется ограничением коэффициента пульсации, которое достигается:

- включением ламп по схемам, обеспечивающим питание части ламп в светильнике отстающим, части ламп — опережающим током, что достигается использованием различных типов пускорегулирующих аппаратов (ПРА) (светотехнических изделий, с помощью которых осуществляется питание лампы от электрической сети);
- поочередным присоединением соседних светильников в ряду к разным фазам;

- питание различных ламп в многоламповых светильниках от разных фаз;
- использование в светильниках высокочастотных ПРА.

К вредным факторам искусственного освещения относится также повышенный уровень ультрафиолетового излучения, имеющий место при неправильном устройстве ультрафиолетовых облучательных установок и при использовании газоразрядных ламп высокого давления, которые имеют в своем спектре значительную долю ультрафиолетового излучения.

6.7. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ

Нормирование освещения осуществляется на основании строительных норм и правил СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

6.7.1. Нормирование искусственного освещения

Нормируемыми показателями искусственного освещения для помещений промышленных предприятий являются:

1) количественные показатели:

- освещенность,
- яркость;

2) качественные показатели:

- равномерность распределения яркостей в освещаемом помещении и на рабочих поверхностях;
- показатель ослепленности;
- коэффициент пульсации освещенности;
- спектральный состав излучения источников света.

Показатель ослепленности — это критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P = (S - 1) 1000,$$

где S — коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения. Пороговой разностью яркости $\Delta L_{\text{пор}}$ называется наименьшее заметное глазу отличие яркости объекта (L_o) и фона ($L_{\text{ф}}$).

Коэффициент ослепленности определяется по формуле:

$$S = \frac{\Delta L_{\text{порс}}}{\Delta L_{\text{пор}}},$$

где $\Delta L_{\text{пор}}$ — пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости; $\Delta L_{\text{порс}}$ — то же при наличии в поле зрения блеского источника.

Коэффициент пульсации освещенности ($K_{\text{п}}, \%$) — критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Для общественных и административных зданий, кроме указанных выше показателей освещения, нормируется в отдельных случаях цилиндрическая освещенность. Вместо коэффициента ослепленности регламентируется показатель дискомфорта.

Цилиндрическая освещенность — это характеристика насыщенности помещения светом. Определяется как средняя плотность светового потока на поверхности вертикально расположенного в помещении цилиндра, радиус и высота которого стремятся к нулю (т.е. как средняя вертикальная освещенность, создаваемая в заданной точке наблюдения).

Показатель дискомфорта M — критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

Нормы искусственного освещения согласно СНиП 23-05-95 определяются в зависимости от:

- наименьшего или эквивалентного (для протяженных объектов различения, имеющих длину больше их двойной ширины) размера объекта различения (например, при работе с контрольно-измерительными приборами — толщиной линии градуировки шкалы);
- контраста объекта с фоном;
- характеристики фона.

В соответствии с этими показателями зрительные работы разделены на разряды с I по VIII и подразряды — *a, б, в, г*.

Фоном называется поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой

поток — коэффициентом отражения (ρ). Коэффициент отражения определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $F_{\text{отр}}$ к падающему на нее световому потоку $F_{\text{пад}}$

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

Фон считается:

- светлым — при $\rho > 0,4$;
- средним — при $\rho = 0,2 \dots 0,4$;
- темным — при $\rho < 0,2$.

Например, коэффициент отражения чистого побеленного потолка — $0,75 \dots 0,8$, светлой деревянной поверхности — $0,35 \dots 0,4$.

Контраст объекта различения с фоном K определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона

$$K = (L_{\text{об}} - L_{\text{ф}})/L_{\text{ф}}.$$

Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим — при $K > 0,5$ (объект и фон резко отличаются по яркости);
- средним — при $K = 0,2 \dots 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости);
- малым — при $K < 0,2$ (объект и фон мало отличаются по яркости).

Необходимый уровень освещенности тем выше, чем темнее фон, меньше размер детали и контраст объекта с фоном. Максимальный нормируемый уровень освещенности для работ наивысшей точности при комбинированном освещении составляет 5000 лк (при малом контрасте и темном фоне); минимальный уровень освещенности при общем освещении для работ малой точности и грубых работах установлен 200 лк.

При нормировании освещенности СНиП 23-05-95 учитывается также применяемая система освещения и вид источника света.

Для первых пяти разрядов зрительных работ — от наивысшей до малой точности — допускается использовать системы как комбинированного, так и общего освещения, для VI–VIII разрядов — только системы общего освещения. При системе комбинированного освещения требуемые уровни освещенности выше, чем при системе общего освещения.

Нормы искусственного освещения ориентированны на использование газоразрядных ламп, но в них предусмотрена и возможность использования ламп накаливания, для которых требуемые уровни освещенности значительно ниже.

Различие в установлении регламентируемой освещенности обусловлено энергоэкономическими соображениями, а не физиологическими требованиями. С гигиенической точки зрения должна быть признана единая норма освещенности, не зависящая от применяемого источника света и системы освещения.

В табл. 6.2 представлен фрагмент табл. из СНиП 23-05-95, в которой определены требования к освещению производственных помещений.

В целях снижения переадаптации зрения из-за неравномерного освещения нормами регламентируется доля общего освещения в системе комбинированного. Световая адаптация при переходе к большей яркости происходит довольно быстро, в течение нескольких минут; темновая адаптация, т.е. приспособление к более низким уровням освещенности, развивается значительно медленнее — в течение 30 минут и более, а полностью — через 50...60 минут. Частые переходы от одних уровней яркости к другим влекут за собой развитие зрительного утомления вследствие переадаптации глаз.

Освещенность на рабочей поверхности от светильников общего освещения должна составлять не менее 10% освещенности, установленной нормами для комбинированного освещения, но она должна быть не менее 200 лк при разрядных лампах и не менее 75 лк при лампах накаливания.

Отношение максимальной освещенности в помещении к минимальной не должно превышать для работ I—III разрядов при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света — 1,5; для работ IV—VII разрядов — 1,5 и 2,0 соответственно.

СНиП 23-05-95 устанавливают также требования к яркости рабочей поверхности. Наибольшая допустимая яркость диффузных рабочих поверхностей приведена в табл. 6.3.

Для обеспечения зрительного комфорта важным является распределение яркости в поле зрения. Рекомендованное соотношение яркости рабочей поверхности и яркости прилегающих к ней поверхностей (стола, оборудования) — 3 : 1, а яркость рабочей поверхности и окружающих поверхностей (стен, перегородок) — 10 : 1.

Таблица 6.2

Требования к освещению помещений промышленных предприятий (СНИП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				Естественное освещение		
						Освещенность, лк				КЕО, е _н , %		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	Сочетание нормируемых величин P и K_n		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						Всего	В том числе от общего		P	$K_n, \%$		
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	—	20	10		
						4500	500	—	10	10		
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10		
						3500	400	1000	10	10		
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10		
						Средний	Средний	2000	200	600		
			г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10		
						Большой	Светлый	Большой	Средний	1250		

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин P и K_n		КЕО, e_n , %	
						При системе комбинированного освещения	При системе общего освещения	Всего			В том числе от общего	При верхнем или комбинированном освещении
									P	K_n , %		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	—	20	10	—	—
						3500	400		10	10		
			б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10		
						2500	300	600	10	10		
			в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10		
						Средний	Большой	Темный	1500	200		
			г	Средний	Светлый	1000	200	300	20	10		
						Большой	Светлый	Большой	Средний	750		

Малой точности	Свыше 1 до 5	V	a	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1
			б	Малый	Средний	—	—	200	40	20		
				Средний	Темный							
			в	Малый	Светлый	—	—	200	40	20		
Средний Большой	Средний Темный											
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	г	Средний	Светлый	—	—	200	40	20	3	1
				Большой	Светлый							
				Большой	Средний							
				Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	—	—	200	40	20	3	1	

Примечание. При совмещенном освещении при верхнем или комбинированном освещении: 6,0 — для наивысшей точности; 4,2 — для очень высокой точности; 1,8 — для малой и грубой точности; при боковом освещении: 2,0 — для наивысшей точности; 1,5 — для очень высокой точности; 0,6 — для малой и грубой точности.

Т а б л и ц а 6.3

Наибольшая допустимая яркость рабочей поверхности

Площадь рабочей поверхности, м ²	Наибольшая допустимая яркость рабочей поверхности, кд/м ²
Менее 0,0001	2000
От 0,0001 до 0,001	1500
Свыше 0,001 до 0,01	1000
Свыше 0,01 до 0,1	750
Более 0,1	500

К качественным показателям осветительных установок относится также спектральный состав источников света. В СНиП 23-05-95 приводятся типы источников света, обеспечивающие правильную цветопередачу при выполнении зрительных работ с различными требованиями к цветоразличению.

Так, например, для выполнения зрительных работ, связанных с очень высокими требованиями к цветоразличению, рекомендовано применять лампы ЛДЦ, ЛХЕ; при невысоких требованиях к цветоразличению лампы ЛБ, ЛХБ, ДРЛ, НЛВД и т.д.

В случаях специальных архитектурно-художественных требований в помещениях общественных зданий нормируется также цилиндрическая освещенность. В России эта величина нормируется в таких помещениях как холлы, парадные вестибюли, зрительные, выставочные, читальные и торговые залы, залы заседаний и приемов. Повышенная насыщенность светом создается при уровнях цилиндрической освещенности не менее 100 лк.

6.7.2. Нормирование естественного и совмещенного освещения

Нормы естественного и совмещенного освещения содержат требования к значению КЕО (коэффициента естественной освещенности), поскольку уровень естественного освещения может резко изменяться и в довольно широких пределах в зависимости от географической широты, времени года и состояния погоды.

КЕО — отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба $E_{\text{вн}}$

(непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности E_n , создаваемой светом полностью открытого небосвода; выражаемое в процентах:

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_n} \cdot 100.$$

KEO — относительная величина, показывающая во сколько раз освещенность внутри помещения меньше наружной.

Нормируемое значение KEO устанавливается в зависимости от разряда зрительных работ и вида освещения (табл. 6.2).

Достаточность естественного освещения в помещении регламентируется: минимальным значением KEO при системе бокового освещения; средним значением KEO при системах верхнего и комбинированного освещения.

Для зрительных работ I—III разрядов СНиП 23-05-95 допускает устраивать только совмещенное освещение.

Нормированные значения KEO, e_N , для зданий, располагаемых в различных районах РФ, следует определять по формуле:

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

где e_n — значения KEO по табл. 6.2; N — номер группы обеспеченности естественным светом (приложение Д СНиП 23-05-95); m_N — коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от района расположения здания на территории страны и ориентации здания относительно сторон света (табл. 4 СНиП 23-05-95).

6.8. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Для проверки соответствия условий освещения требованиям норм осуществляются замеры, визуальная оценка или определение расчетным путем нормируемых показателей освещения.

Определение освещенности, KEO в помещениях зданий и сооружений и на рабочих местах, в местах производства работ вне зданий, освещенности улиц, дорог, площадей и тоннелей осуществляется на основании замеров, проводимых в соответствии с ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности».

Для измерения освещенности согласно ГОСТ 24940-96 следует использовать люксметры с измерительными преобразователями видимого излучения, имеющими спектральную погрешность не более 10%.

Все применяемые средства измерения в обязательном порядке должны иметь свидетельства о метрологической аттестации и проверке. Перечень рекомендуемых приборов для оценки параметров освещения, занесенных в Госреестр средств измерений, приведен в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Перечень средств измерений для оценки освещенности

№ п/п	Наименование прибора	Технические характеристики		
		Пределы измерений, лк	Питание	Масса, кг
1	Люксметр типа «Кварц-21»	0,1... 100 000	Сеть 220 В, 50 Гц. Автономное	0,6
2	Люксметр типа «Аргус-01»	0... 200 000	Автономное	0,25
3	Люксметр типа Ю-116	5... 100 000	Автономное	1,75
4	Люксметр Ю-117	0,1... 100 000	Автономное	2,0

Принцип действия наиболее широко применяемых люксметров Ю-116 и Ю-117 основан на фотоэлектрическом эффекте. В качестве фотоэлемента используется селеновый фотоэлемент, так как его спектральная чувствительность близка к спектральной чувствительности глаза человека. При освещении поверхности фотоэлемента световым потоком в нем возникает фототок, величина которого пропорциональна плотности светового потока. Величина этого тока измеряется с помощью измерителя.

Измерение яркости рабочих поверхностей в зданиях и сооружениях, дорог, фасадов зданий для определения соответствия ее установленным нормам производится в соответствии с ГОСТ 26824-86 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости». Для измерения яркости применяются яркомеры ЯРМ-3, ЯСО-1, Агрус 02 и другие.

Показатель ослепленности и коэффициент пульсации определяются расчетными методами, рассмотренными ниже.

6.9. РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

6.9.1. Расчет искусственной освещенности

Освещенность на рабочей поверхности создается световым потоком, поступающим непосредственно от светильников (прямая составляющая освещенности) и отраженным, падающим на расчетную поверхность в результате многократных отражений от стен, пола, потолка, оборудования (отраженная составляющая освещенности).

Прямая составляющая освещенности рассчитывается на основе кривой силы света светильника и расположения светильника относительно выбранной точки на рабочей поверхности.

Отраженная составляющая освещенности определяется светораспределением светильников, отражающими свойствами ограждающих поверхностей, а также соотношением размеров освещаемого помещения.

Метод расчета прямой составляющей освещенности выбирается в зависимости от применяемых светящихся элементов осветительной установки, которые делятся на три группы:

- точечные;
- линейные;
- светящие поверхности.

Подход к расчету отраженной составляющей является общим для всех групп светящихся элементов, он заключается в определении первоначально попавшего от светильников светового потока на отражающие поверхности ограждающих помещение конструкций.

В случае точечного светящего элемента с симметричным светораспределением прямая составляющая освещенности E_A в расчетной точке А выражается законом квадратов расстояний:

$$E_A = I_\alpha \cos \alpha / h^2,$$

где I_α — сила света, определяемая по кривой силы света светильника и углу α , кд; α — угол, определяющий направление силы света в расчетную точку, град.; h — высота расположения светильника относительно расчетной плоскости, м.

Расчеты с излучателями, образующими светящие линии, основаны на представлении силы света каждым элементарным участком линии.

Освещенность, создаваемая светящей линией в расчетной точке, определяется интегрированием по всей ее длине. Освещенности от светящихся поверхностей рассчитываются с учетом размеров и законов распределения излучения от всех элементарных участков.

Расчет освещенности с учетом прямой и отраженной составляющей (независимо от типа светящего элемента) в наиболее простом случае, когда распределение светового потока по расчетной плоскости близко к равномерному, производится методом коэффициента использования осветительной установки. В этом случае определяется освещенность не в точке, как в рассмотренных выше случаях, а средняя освещенность расчетной плоскости.

Коэффициент использования осветительной установки η , под которым принято понимать отношения светового потока, падающего на расчетную плоскость F_p , к световому потоку источника света $F_{\text{л}}$, определяется по формуле:

$$\eta = \frac{F_p}{nF_{\text{л}}},$$

где n — число источников света.

Коэффициент использования осветительной установки, характеризующий эффективность использования светового потока источника

света, определяется, с одной стороны, светораспределением и размещением светильников, а с другой — соотношением размеров освещаемого помещения и отражающими свойствами его поверхностей (рис. 6.13).

Индекс i помещения для светильника рассеянного света определяется выражением

$$i = \frac{ab}{h(a+b)},$$

где a , b и h — соответственно длина, ширина помещения и расчетная высота подвеса светильника. Кривые на рис. 6.13 соответствуют: 1 — $\rho_{\text{п}} = 0,7$; $\rho_{\text{с}} = 0,5$; $\rho_{\text{р}} = 0,3$ (коэффициенты отражения соответственно потолка, стен и расчетной поверхности или пола);

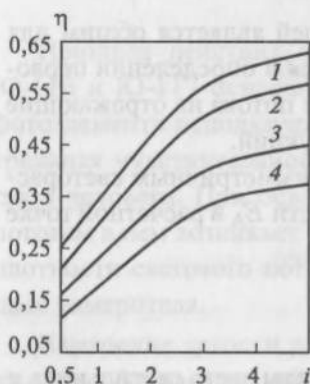


Рис. 6.13. Графики зависимости коэффициента использования η от индекса помещения i для светильника рассеянного света

2 — $\rho_{\text{п}} = 0,7$; $\rho_{\text{с}} = 0,5$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$; 3 — $\rho_{\text{п}} = 0,5$; $\rho_{\text{с}} = 0,3$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$;
4 — $\rho_{\text{п}} = 0,3$; $\rho_{\text{с}} = 0,1$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$.

При известном значении коэффициента использования осветительных установок η среднюю освещенность $E_{\text{ср}}$ можно определить из следующего выражения:

$$E_{\text{ср}} = \frac{nF_{\text{л}}\eta}{S_{\text{р}}K_3},$$

где $S_{\text{р}}$ — площадь расчетной поверхности, м^2 ; K_3 — коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.

Таким образом, применяемые методы расчета освещенности можно свести к двум основным: точечному и методу коэффициента использования. В принципе оба метода равноправны, области их применения в значительной степени пересекаются, но между ними есть существенные отличия.

Точечный метод, главным образом, применяется для определения минимальной освещенности, регламентируемой нормами. Он используется в следующих случаях:

- при отсутствии необходимости учета отраженной составляющей освещенности;
- при определении освещенности наклонных поверхностей;
- при повышенной неравномерности распределения освещенности по помещению;
- при использовании концентрированного светораспределения;
- при необходимости учета возможных затенений.

Метод коэффициента использования предназначен для определения средней освещенности. Средняя освещенность может быть рассчитана на как угодно расположенной поверхности, но наиболее употребительные формы этого метода предназначены для расчета только горизонтальной освещенности. Этот метод целесообразен во всех случаях, когда расчет ведется по средней освещенности и, в частности, для расчета общего равномерного освещения административных помещений, а также общего равномерного освещения производственных помещений светильниками, не относящимися к классу прямого света.

Имеются случаи, при которых ни один из указанных методов расчета в отдельности не дает точных результатов. К таким случаям отно-

сится, например, расчет освещения наклонных поверхностей в помещениях светильниками, не относящимися к классу прямого света. В этом случае прямая составляющая освещенности определяется точечным методом, а отраженная — методом коэффициента использования.

6.9.2. Расчет коэффициента пульсации

Коэффициент пульсации освещенности рассчитывается по формуле:

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100,$$

где E_{\max} и E_{\min} — соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ — среднее значение освещенности за этот же период, лк.

На практике оценка фактической величины коэффициента пульсации в большинстве случаев выполняется по табл. 6.5, составленной для различных типов газоразрядных ламп и способов их включения.

Таблица 6.5

Значения K_n для различных типов источников света и способов их включения

Тип источника света	Значение K_n , % для		
	одной лампы	двух ламп, питаемых от разных фаз сети или включенных по схеме с опережающим и отстающим током	трех ламп, питаемых от разных фаз сети
Люминесцентные лампы:			
— типов ЛБ и ЛХБ	34	14	3
— типа ЛТБ	21	9	2
— типа ЛДЦ	72	30	7
— типа ЛД	55	23	5
Лампы типа ДРЛ	58	28	2
Лампы типа ДКсТ	130	65	5
Лампы типа ДРИ (Na, Sc)	48	23	10
Лампы типа ДнаТ	77	38	6

6.9.3. Расчет показателя ослепленности

Показатель ослепленности рассчитывается по формуле

$$P = \frac{K \cdot 10^3}{L_{p,n}} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{\gamma i} \cos \theta_i}{l_i^2 \theta_i^2} \right)^{3/2} \right]^{2/3},$$

где K — коэффициент, зависящий от яркости и спектрального состава излучения ИС: $K = (31g L - 8,54a)$ — для светильников с яркостью менее 10^6 кд/м², $K = 9,46$ — для светильников с яркостью более 10^6 кд/м²; L — максимальная яркость светильника, для открытых светильников — яркость лампы, кд/м²; a — коэффициент неэквивалентности, учитывающий влияние спектрального состава излучения источника света; $I_{\gamma i}$ — сила света i -го светильника в направлении к глазу наблюдателя, кд; θ_i — угол действия i -го светильника, град.; l_i — расстояние i -го светильника от глаз наблюдателя, м; n — число светильников, учитываемых в расчете; $L_{p,n}$ — яркость рабочей поверхности, кд/м².

Расчет показателя ослепленности по приведенной формуле трудоемок, поэтому разработан табличный инженерный метод, позволяющий его определить при следующих исходных данных:

- тип источника света;
- тип кривой силы света;
- длина помещения;
- расстояние между светильниками в ряду и между линиями;
- коэффициенты отражения потолка, стен, пола и рабочей поверхности;
- высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

6.9.4. Показатель дискомфорта

Суммарный показатель дискомфорта M при совокупном действии светильников определяется по формуле М.М. Епанешникова:

$$M = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L_c \omega^{0,5}}{p L_{ад}^{0,5}} \right)^2},$$

где L_c — яркость светильника в направлении наблюдателя, кд/м²; ω — телесный угол, ср; p — индекс позиции светильника относительно линии зрения; $L_{ад}$ — яркость адаптации (поля окружения), кд/м².

Показатель дискомфорта, как правило, рассчитывается инженерным методом, в соответствии с которым оценка его значений производится в зависимости от КСС светильника; распределения светового потока в верхнюю и нижнюю полусферы; коэффициентов отражения стен и пола; индекса помещения и площади выходного отверстия светильника.

6.9.5. Расчет естественного освещения

Расчет естественного освещения заключается в определении расчетного значения КЕО, %, вычисляемого по формулам:

при боковом освещении:

$$e_p^b = \left(\varepsilon_n^b \beta_a + \varepsilon_{зд} b_{\phi} \gamma_a k_{зд} \right) \tau_0 \tau_0 / k_3;$$

при верхнем освещении:

$$e_p^b = \left(\varepsilon_n^b + \varepsilon_{отр}^b \right) \tau_0 / k_3;$$

при комбинированном освещении:

$$e_p^k = e_p^b + e_p^b,$$

где ε_n^b — значение КЕО в расчетных точках при боковом освещении, создаваемое прямым светом участков неба, видимых через световые проемы; β_a — коэффициент ориентации световых проемов, учитывающий ресурсы естественного света по кругу горизонта; $\varepsilon_{зд}$ — геометрический КЕО участка фасада противостоящего здания, видимого из расчетной точки через световой проем; b_{ϕ} — средняя относительная яркость фасадов противостоящих зданий; γ_a — коэффициент ориентации фасада здания, учитывающий зависимость его яркости от ориентации по сторонам горизонта; $k_{зд}$ — коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий; τ_0 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя при открытом горизонте (отсутствие противостоящих зданий); ε_n^b — значение КЕО в расчетных точках при верхнем освещении, создаваемом прямым светом неба; $\varepsilon_{отр}^b$ — значение КЕО в расчетных точках

при верхнем освещении, создаваемое светом, отраженным от внутренних поверхностей помещения; τ_0 — общий коэффициент светопропускания светового проема; k_z — коэффициент запаса, учитывающий снижение КЕО в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах.

или акустическими.

АМУШ ТО АТНШАС .1.1

Прекращение членства в организации осуществляется по решению общего собрания участников общества, принятого большинством в 75% голосов, при этом для каждой доли (акции обыкновенные, акции с приоритетным правом) голосов учитывается ее номинальная стоимость. Решение общего собрания участников общества, принятого большинством в 75% голосов, не подлежит обжалованию, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

План prospecting (поиск полезных ископаемых) составляется на срок до пяти лет с даты начала работ по поиску полезных ископаемых. План prospecting составляется на основании данных геологического изучения недр, полученных в результате работ по поиску полезных ископаемых, и других данных, полученных в результате работ по поиску полезных ископаемых.

Администрация компании имеет право на территории, подлежащей изъятию для государственных нужд Российской Федерации, осуществлять геологическое изучение недр, поисковые работы, работы по поиску полезных ископаемых, работы по разведке месторождений полезных ископаемых, работы по добыче полезных ископаемых, работы по переработке полезных ископаемых, работы по транспортировке полезных ископаемых, работы по реализации полезных ископаемых.

Шум, создаваемый самим оборудованием, оборудованием, работающим на территории, подлежащей изъятию для государственных нужд Российской Федерации, не превышает допустимых значений, установленных законодательством Российской Федерации.

В случае возникновения споров между участниками общества и обществом, а также между обществом и третьими лицами, споры разрешаются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

7. ЗАЩИТА ОТ ШУМА, ИНФРАЗВУКА И УЛЬТРАЗВУКА

7.1. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

Шумом называется бессистемное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, оказывающих вредное действие на организм человека. Еще в начале века знаменитый ученый Р. Кох сравнивал шум с чумой. Разумеется, речь идет не о том, чтобы везде стояла абсолютная тишина. В условиях современного города и производства она не достижима. Более того, человек не может жить в абсолютной тишине. Длительная абсолютная тишина так же вредна для психики человека, как и непрерывный повышенный шум.

При проектировании конструкторского бюро в Ганновере архитекторы предусмотрели все меры, чтобы ни один посторонний звук не проникал в здание — рамы с тройным остеклением, звукоизоляционные панели из ячеистого бетона и специальные пластмассовые обои, гасящие звук. Через неделю сотрудники стали жаловаться, что не могут работать в условиях гнетущей тишины, они нервничали, теряли работоспособность. Администрации пришлось купить магнитофон, который время от времени включался и создавал эффект «тихого уличного шума».

Каждый человек воспринимает шум по-своему. Это зависит от многих факторов: возраста, состояния здоровья, характера трудовой деятельности. Установлено, что большее влияние шум оказывает на людей, занятых умственным трудом, чем физическим. Особенно беспокоит человека шум непонятного происхождения, возникающий в ночное время суток. Шум, создаваемый самим человеком, беспокоит его значительно меньше, чем окружающих. Многочисленными исследованиями доказано, что шум снижает производительность труда на промышленных предприятиях на 30%, повышает опасность травматизма, приводит к развитию заболеваний. В структуре профессиональных заболеваний в РФ примерно 17% приходится на заболевания органа слуха.

Борьба с шумом на промышленных предприятиях является одной из важнейших проблем современности.

7.1.1. Физические характеристики шума

По физической природе шумом является всякий нежелательный для человека звук. Звук обуславливается механическими колебаниями в упругих средах и телах (твердых, жидких и газообразных), частоты которых лежат в диапазоне от 17...20 до 20 000 Гц. Соответственно этому механические колебания с указанными частотами называют звуковыми или акустическими.

Неслышимые человеком механические колебания с частотами ниже звукового диапазона называют инфразвуковыми, а с частотами выше звукового диапазона — ультразвуковыми.

При распространении волны частицы среды не движутся вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия. Вместе с волной от частицы к частице среды передаются лишь состояние колебательного движения и его энергия. Поэтому основным свойством волн является перенос энергии без переноса вещества. Это характерно для всех волн независимо от их природы, в том числе и для звуковых. Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее какой-либо возмущающей силы.

Шум, как любой звук, характеризуется частотой f , интенсивностью I и звуковым давлением p . Чем выше частота колебания, тем выше тональность шума. Чем больше интенсивность и звуковое давление, тем громче шум.

Во время распространения звуковых колебаний в воздухе появляются области разрежения и области повышенного давления, которые и определяют величину звукового давления p . Звуковым давлением называется разность между мгновенным значением давления при распространении звуковой волны и средним значением давления в невозмущенной среде. Звуковое давление изменяется с частотой, равной частоте звуковой волны.

На слух человека действует среднеквадратичное значение звукового давления:

$$p^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt.$$

Осреднение во времени происходит в органе слуха человека за время 30...100 мс.

Единица измерения звукового давления — Па (Н/м^2).

При распространении звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, величина которой определяется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется средней по времени энергией, переносимой звуковой волной в единицу времени сквозь единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны:

$$I = \frac{W}{S \cdot T}.$$

Единица измерения интенсивности звука — (Вт/м^2).

Интенсивность звука и звуковое давление связаны соотношением:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

где ρ — плотность среды, кг/м^3 ; c — скорость распространения звука в данной среде, м/с ; ρc — удельное акустическое сопротивление среды, $\text{Па}\cdot\text{с/м}$.

Для воздуха ρc — $410 \text{ Па}\cdot\text{с/м}$, для воды — $1,5 \cdot 10^6 \text{ Па}\cdot\text{с/м}$, для стали — $4,8 \cdot 10^7 \text{ Па}\cdot\text{с/м}$.

Величины звукового давления и интенсивности, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, изменяются в очень широких пределах: по давлению до 10^8 раз, по интенсивности — до 10^{16} раз. Оперировать такими цифрами неудобно.

Кроме того установлено, что согласно биологическому закону Вебера–Фехнера*, выражающего связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения, реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя.

В связи с этим были введены логарифмические величины — уровни звукового давления и интенсивности:

$$L = \lg I/I_0,$$

где I_0 — интенсивность звука на пороге слышимости, принимаемая для всех звуков равной 10^{-12} Вт/м^2 .

* Вебер (Weber) Эрнст Генрих (1795–1878) — немецкий анатом и физиолог. Фехнер (Fechner) Густав Теодор (1801–1887) — немецкий физик, психолог, философ.

Величина L называется уровнем интенсивности звука и выражается в белах (Б) в честь изобретателя телефона ученого Александра Белла. Ухо человека реагирует на величину в десять раз меньшую, чем бел, поэтому распространение получила единица децибел (дБ), равная 0,1 Б.

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то уровень звукового давления определится по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где p_0 — пороговое звуковое давление, едва различимое ухом человека, на частоте 1000 Гц составляет $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровнями интенсивности обычно пользуются при выполнении акустических расчетов, а уровнями звукового давления — при измерении шума и оценке его воздействия на организм человека.

Использование логарифмической шкалы для измерения уровня шума позволяет получить сравнительно небольшой интервал логарифмических величин от 0 до 140 дБ. Уровни звукового давления некоторых источников шума имеют следующие значения:

- 10 дБ — шелест листья, тиканье часов;
- 30 дБ — тихий разговор;
- 50 дБ — громкий разговор;
- 80 дБ — шум работающего двигателя грузовика;
- 100 дБ — автомобильная сирена;
- 140 дБ — аварийный нефтяной или газовый фонтан, порог болевого ощущения, выше которого давление звука приводит к разрыву барабанной перепонки.

Реальный звук является наложением гармонических колебаний (т.е. колебаний, совершаемых по закону косинуса или синуса) с большим набором частот, т.е. звук обладает акустическим спектром. *Спектр* — распределение уровней шума по частотам.

При измерении и анализе шумов весь диапазон частот разбивают на октавы — интервалы частот, где конечная частота больше начальной в 2 раза:

$$\frac{f_2}{f_1} = 2$$

и третьоктавные полосы частот, определяемые соотношением:

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2}.$$

В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота:

- для октавного диапазона — $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 f_2}$;
- для третьоктавного — $f_{\text{ср}} = \sqrt[6]{2} f_1$.

Область слышимых звуков ограничивается не только определенными частотами, но и предельными значениями звуковых давлений и их уровней. Так, для того чтобы вызвать звуковое ощущение, волна должна обладать некоторым минимальным звуковым давлением, но если это давление превышает определенный предел, то звук не слышен и вызывает только болевое ощущение. Таким образом, для каждой частоты колебаний существует наименьшее (порог слышимости) и наибольшее (порог болевого ощущения) звуковое давление, которое способно вызвать звуковое восприятие.

На рис. 7.1 представлена зависимость порогов слышимости и болевого ощущения от частоты звука. Область, расположенная между этими кривыми, является областью слышимости.

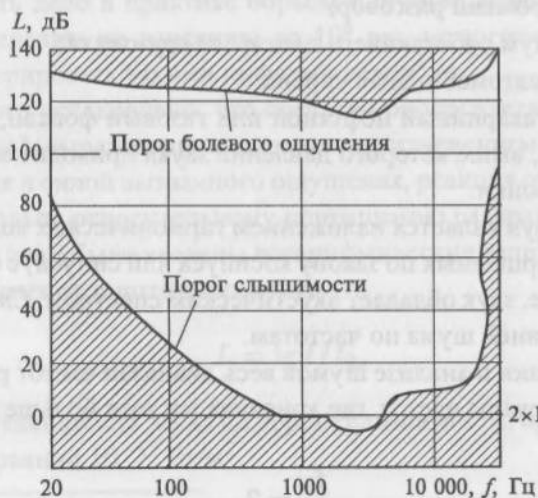


Рис. 7.1. Слуховое восприятие человека

Порог болевого ощущения на частоте 1000 Гц составляет $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Из рис. 7.1 следует, что звуки, равные по интенсивности, но неодинаковые по частоте, воспринимаются человеком как звуки разной громкости.

7.1.2. Действие шума на организм человека

Шум является общебиологическим раздражителем, способным влиять на все органы и системы организма, вызывая разнообразные физиологические изменения.

Шумовые патологии подразделяются на специфические, наступающие в звуковом анализаторе, и неспецифические, возникающие в других органах и системах.

Поражение органа слуха определяется главным образом интенсивностью шума. Изменения в центральной нервной системе наступают значительно раньше, чем нарушения в звуковом анализаторе.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, и при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 80 дБ может привести к потере слуха — профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Интенсивный шум при ежедневном воздействии медленно влияет на незащищенный орган слуха и приводит к развитию тугоухости. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ — начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

Снижение слуха восстанавливается в редких случаях при непродолжительном воздействии шума, если оно является результатом незначительных сосудистых изменений. При длительном акустическом воздействии или при острой акустической травме происходят необратимые нарушения в слуховом анализаторе. В некоторых случаях решить проблему потери слуха помогает слуховой аппарат, но он не в состоянии восстановить естественную остроту слуха в той же степени, как, например, очки возвращают остроту зрения.

При воздействии шума наблюдаются также отклонения в состоянии вестибулярной функции, общие неспецифические изменения в организме: головные боли, головокружение, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка. Шум вызывает снижение функции защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям.

Кроме интенсивности шума особенности воздействия шума на организм человека определяет характер спектра. Более неблагоприятное влияние оказывают высокие частоты (свыше 1000 Гц) по сравнению с низкими (31,5...125 Гц). К биологически агрессивному шуму относится импульсный и тональный шум. Относительно благоприятным является также постоянный шум по сравнению с непостоянным из-за непрерывно меняющегося уровня звукового давления во времени.

Степень шумовой патологии зависит в некоторой степени от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю. Считают, что повышенная чувствительность к шуму присуща 11% людей. Женский и детский организм особенно чувствительны к шуму. Высокая индивидуальная чувствительность может быть одной из причин повышенной утомляемости и развития неврозов.

Длительное воздействие интенсивного шума на человека приводит к развитию шумовой болезни, являющейся самостоятельной формой профессиональной патологии.

Шумовая болезнь — это общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, развивающееся в результате длительного воздействия интенсивного шума. Формирование патологического процесса при шумовом воздействии происходит постепенно и начинается с неспецифических проявлений вегетативно-сосудистой дисфункции. Далее развиваются сдвиги со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, затем — специфические изменения в слуховом анализаторе.

7.1.3. Классификация шумов

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-88 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» шумы классифицируются по характеру спектра и временным характеристикам.

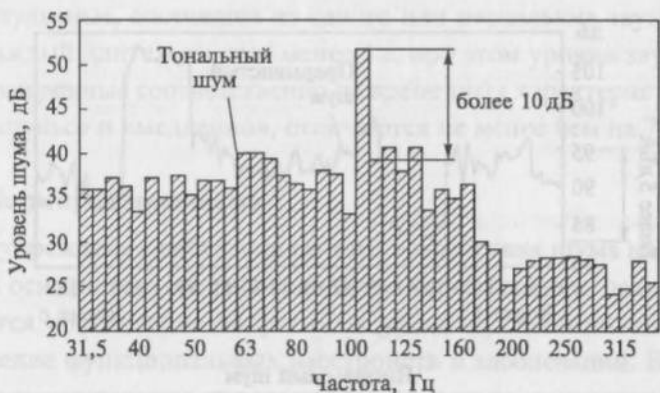
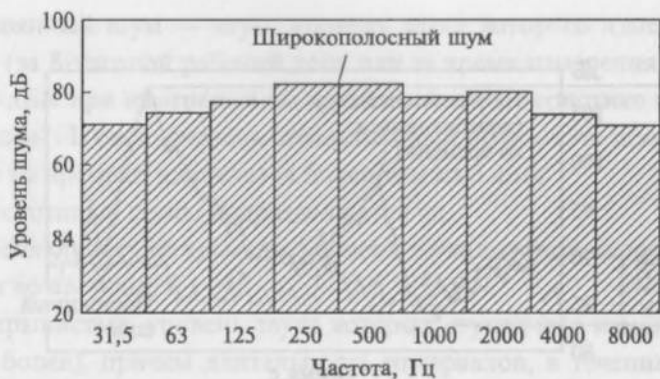


Рис. 7.2. Классификация шумов по характеру спектра

По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные и тональные (рис. 7.2).

Широкополосным называется шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

Тональным называется шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона. Тональность шума устанавливается измерением уровней звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, когда превышение уровня в одной полосе по сравнению с соседними составляет не менее чем 10 дБ.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные и непостоянные (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Классификация шумов по временным характеристикам

Постоянный шум — шум, уровень звука которого изменяется по времени (за 8-часовой рабочий день или за время измерения) не более чем на 5 дБА при измерении по временной характеристике шумомера «медленно»*. В свою очередь, непостоянный шум — это шум, уровень которого во времени изменяется более чем на 5 дБА.

Непостоянные шумы подразделяются на:

- колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;
- прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА1 и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБА.

7.1.4. Нормирование шума

Предупреждение неблагоприятного воздействия шума на организм человека основано на его гигиеническом нормировании, целью которого является обоснование допустимых уровней, обеспечивающих предупреждение функциональных расстройств и заболеваний. В качестве критерия нормирования используются предельно допустимые уровни (ПДУ) шума.

Предельно допустимый уровень шума — это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Нормирование шума производится по комплексу показателей с учетом их гигиенической значимости на основании Санитарных норм

*Результаты отсчетов, полученные по характеристике «медленно» принято обозначать буквой «S» («Slow»).

2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Для постоянного шума нормируемой характеристикой являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Допускается также в качестве регламентируемой величины постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный по временной характеристике шумомера «медленно».

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{АэКВ}$ (в дБА) непостоянного шума — уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

$L_{АэКВ}$ определяется по формуле:

$$L_{АэКВ} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где $p_A(t)$ — текущее значение среднего квадратичного звукового давления, Па; T — время действия шума, ч, или

$$L_{АэКВ} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot 10^{0,1L_i} \right),$$

где T — период наблюдения, ч; τ_i — время воздействия шума с уровнем L_i , ч; L_i — уровень звука в i промежуток времени, дБА; n — общее число промежутков времени действия шума.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах устанавливаются с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности, определяемых в соответствии с руководством «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда

по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» 2.2.755-99. Их значения на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в табл. 7.1. Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот для постоянных шумов, соответствующие указанным в табл. 7.1 уровням звука в дБА, приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.1

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			

Примечания: 1. Для тонального и импульсного шума ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в таблице 7.1. 2. Для шума, создаваемого в помещениях с установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления — на 5 дБА меньше фактических уровней шума в помещениях, если последние не превышают значений в таблице 7.1 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается), в противном случае на 5 дБА меньше значений, указанных в таблице 7.1. 3. Дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума 125 дБА. 4. Сочетания напряженного и очень напряженного с тяжелым и очень тяжелым физическим трудом не нормируются, исходя из необходимости их ликвидации как недопустимых.

Таблица 7.2

ПДУ звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука в дБА

Уровень звука, дБА	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
50	86	71	61	54	49	45	42	40	38
55	89	75	66	59	54	50	47	45	44
60	93	79	70	63	58	55	52	50	49
65	96	83	74	68	63	60	57	55	54
70	100	87	79	72	68	65	63	61	59
75	103	91	83	77	73	70	68	66	64
80	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для некоторых наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом тяжести и напряженности труда, приведены в табл. 7.3.

7.1.5. Приборы и методы контроля шума на производстве

Измерение шума в производственных помещениях и на территории предприятий на рабочих местах (или в рабочих зонах) осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 (2001) «ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах».

Оценка шума для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым уровням проводится при работе не менее 2/3 установленных в данном помещении единиц технологического оборудования в наиболее часто реализуемом режиме его работы. Измерения проводятся в точках, соответствующих установленным постоянным местам; на непостоянных рабочих местах — в точках наиболее частого пребывания работающего.

При проведении измерений шума микрофон необходимо располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (если работа выполняется стоя) или на высоте уха человека, подвергающегося воздействию шума (если работа выполняется сидя). Микрофон должен быть удален не менее чем на 0,5 м от человека, проводящего измерения.

Таблица 7.3

Предельно-допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (извлечение)

№	Вид трудовой деятельности, рабочее место (примеры)	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Творческая деятельность, научная деятельность, программирование, преподавание и обучение	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

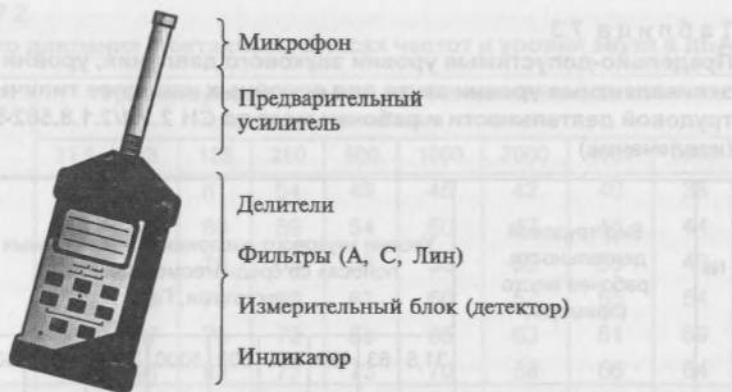


Рис. 7.4. Структурная схема шумомера

Для измерения уровня звука на рабочих местах используются шумомеры, состоящие из измерительного микрофона, усилителя, электрической цепи с корректирующими фильтрами, измерительного прибора (детектора) с определенными временными характеристиками (медленно, быстро и импульс) (рис. 7.4).

В шумомерах звуковые колебания воспринимаются с помощью микрофона, назначение которого заключается в преобразовании переменного звукового давления в соответствующее ему переменное электрическое напряжение.

Наиболее широкое применение для измерения уровней шума в производственных условиях нашли микрофоны конденсаторного типа, имеющие малые размеры, хорошую линейность частотной характеристики.

Шумомеры должны иметь корректирующие фильтры для частотной характеристики А, и дополнительно — для частотных характеристик В, С, D и Лин или некоторых из них. Частотная характеристика шумомера А, В, С, D и Лин — это зависимость показаний шумомера от частоты при постоянном уровне звукового давления синусоидального сигнала на входе микрофона шумомера, приведенная к частоте 1000 Гц.

Частотные характеристики шумомера А, В, С соответствуют кривым равной громкости, т.е. характеристикам чувствительности человеческого уха, вследствие чего показания шумомера отвечают субъективному восприятию уровня громкости шумов. Частотная характеристи-

ка А соответствует кривой малой громкости (~ 40 фон), В — средней громкости (~ 70 фон), С — большой громкости (~ 100 фон). При гигиенической оценке шумов достаточно частотной характеристики А. Фон — единица уровня громкости звука. Громкость для звука в 1000 Гц (частота стандартного чистого тона) равна 1 фон, если его уровень звукового давления равен 1 дБ.

Основные характеристики некоторых широко используемых в настоящее время приборов для измерения уровней шума на производстве приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Приборы, используемые для измерения шума

Название, тип шумомера	Изменяемые параметры	Корректирующие фильтры	Временные константы	Диапазон измерений, дБА	Частотный диапазон, Гц
Шумомер SVAN 943 (цифровой)	Уровень звукового давления, эквивалентный уровень звука	А, С, Лин	Медленно, Быстро, Импульс	29–133	20–11 000
ВШВ-003-М2 (аналоговый)	Уровень звукового давления, уровень звука с частотными характеристиками А, В, С	А, В, С, Лин	Медленно, Быстро	20–130	2–20 000

7.1.6. Методы борьбы с шумом

Выбор мероприятий по ограничению неблагоприятного действия шума на человека производится исходя из конкретных условий: величины превышения ПДУ, характера спектра, источника излучения. Средства защиты работников от шума подразделяются на средства коллективной и индивидуальной защиты.

К средствам коллективной защиты относятся:

1. Уменьшение шума в источнике.
2. Изменение направленности излучения шума.
3. Рациональная планировка предприятий и цехов.
4. Акустическая обработка помещений:

- звукопоглощающие облицовки;
- штучные поглотители.

5. Уменьшение шума на пути его распространения от источника к рабочему месту:

- звукоизоляцией;
- глушителями.

Наиболее эффективным методом борьбы с шумом является его снижение в источнике возникновения за счет применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически благоприятных технологических процессов.

Уменьшение уровней генерируемых шумов в источнике его образования основано на устранении причин возникновения звуковых колебаний, которыми могут служить механические, аэродинамические, гидродинамические и электрические явления.

Шум механического происхождения может быть вызван следующими факторами: соударение деталей в сочленениях в результате наличия зазоров; трения в соединениях деталей механизмов; ударные процессы; инерционные возмущающие силы, возникающие из-за движения деталей механизма с переменными ускорениями и др. Уменьшение механического шума может быть достигнуто: заменой ударных процессов и механизмов безударными; заменой зубчатой передачи клиноременной; использованием по возможности не металлических деталей, а пластмассовых или изготовленных из других незвучных материалов; применением балансировки вращающихся элементов машин и др.

Гидродинамические шумы, возникающие вследствие различных процессов в жидкостях (кавитации, турбулентности потока, гидравлических ударов), могут быть снижены, например, улучшением гидродинамических характеристик насосов и выбором оптимальных режимов их работы.

Снижение электромагнитного шума, имеющего место при эксплуатации электрического оборудования, может осуществляться в частности путем изготовления скошенных пазов якоря ротора, применением более плотной прессовки пакетов в трансформаторах, использованием демпфирующих материалов и др.

Разработка малошумного оборудования является весьма сложной технической задачей, меры по ослаблению шумов в источнике часто оказываются недостаточными, вследствие чего дополнительное, а иногда и основное снижение шума достигается применением других средств защиты, рассмотренных ниже.

Многие источники шума излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения. Источники направленного действия характеризуются коэффициентом направленности, определяемым отношением:

$$\Phi = \frac{I}{I_n},$$

где I — интенсивность звуковой волны в данном направлении на некотором расстоянии r от источника направленного действия мощностью W , излучающего волновое поле в телесный угол Ω ; $I_n = \frac{W}{4\pi r^2}$ — интенсивность волны на том же расстоянии при замене данного источника на источник ненаправленного действия той же мощности. Величина $10 \lg \Phi$ называется показателем направленности.

В ряде случаев величина показателя направленности достигает 10–15 дБ, в связи с чем определенная ориентация установок с направленным излучением позволяет существенно снизить уровень шума на рабочем месте.

Рациональная планировка предприятий и цехов также является эффективным методом снижения шума, например, за счет увеличения расстояния от источника шума до объекта (шум снижается прямо пропорционально квадрату расстояния), расположением тихих помещений внутри здания вдали от шумных, расположения защищаемых объектов глухими стенами к источнику шума и др.

Акустическая обработка помещений заключается в установке в них средств звукопоглощения. Поглощение звука — это необратимый переход звуковой энергии в другие формы, главным образом в теплоту.

Средства звукопоглощения применяют для снижения шума на рабочих местах, находящихся как в помещениях с источниками шума, так и в тихих помещениях, куда проникает шум из соседних шумных помещений. Акустическая обработка помещений преследует цель снизить энергию отраженных звуковых волн, поскольку интенсивность звука в какой-либо точке помещения складывается из интенсивностей прямого звука и отраженного от пола, потолка и других ограждающих поверхностей. Для уменьшения отраженного звука применяют устройства, обладающие большими значениями коэффициента поглощения. Свойствами поглощения звука обладают все строительные материалы. Однако звукопоглощающими материалами и конструкциями называются только те, у которых коэффициент звукопоглощения на средних частотах больше 0,2. У таких материалов, как кирпич, бетон, величина коэффициента звукопоглощения равна 0,01–0,05. К средствам звукопоглощения относятся звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители. В качестве звукопоглощающей облицовки наиболее часто применяют пористые и резонансные звукопоглотители.

Пористые звукопоглотители изготавливают из таких материалов как ультратонкое стекловолокно, древесноволокнистые и минеральные плиты, пенопласт с открытыми порами, шерсть и др. Звукопоглощающие свойства пористого материала зависят от толщины слоя, частоты звука, наличия воздушного промежутка между слоем и стенкой, на которой он установлен (рис. 7.5).

Для увеличения поглощения на низких частотах и для экономии материала между пористым слоем и стенкой делают воздушную прослойку. Для предотвращения механических повреждений материала и высыпаний применяются ткани, сетки, пленки и перфорированные экраны, которые существенно влияют на характер поглощения звука.

Резонансные поглотители имеют воздушную полость, соединенную открытым отверстием с окружающей средой. Дополнительное снижение шума при использовании таких звукопоглощающих конструкций происходит за счет взаимного погашения падающих и отраженных волн.

Пористые и резонансные поглотители крепят к стенам или потолкам изолированных объемов. Установка звукопоглощающих облицовок

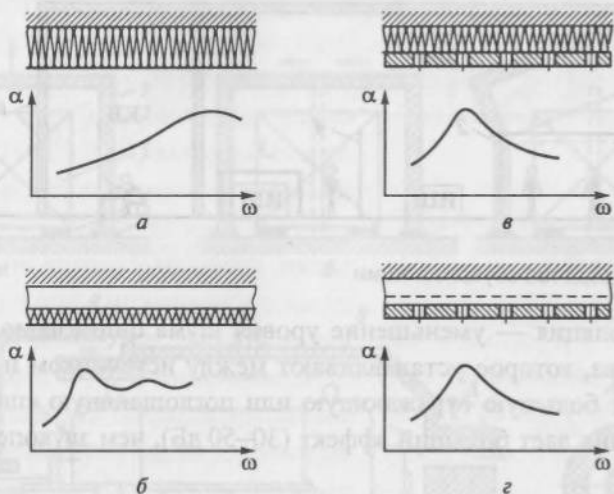


Рис. 7.5. Частотные характеристики коэффициента поглощения:

a — для пористого поглотителя на жесткой стенке; *б* — для пористого поглотителя с воздушной прослойкой; *в* — при наличии перфорированного экрана; *г* — для резонансного поглотителя, образованного перфорированным экраном

в производственных помещениях позволяет снизить уровень шума на 6...10 дБ вдали от источника и на 2...3 дБ вблизи источника шума.

Звукопоглощение может производиться путем внесения в изолированные объемы штучных звукопоглотителей, представляющих собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом, изготовленные, например, в виде куба или конуса и прикрепляемые чаще всего к потолку производственных помещений (рис. 7.6).

В случаях, когда необходимо существенно снизить интенсивность прямого звука на рабочих местах применяют средства звукоизоляции.

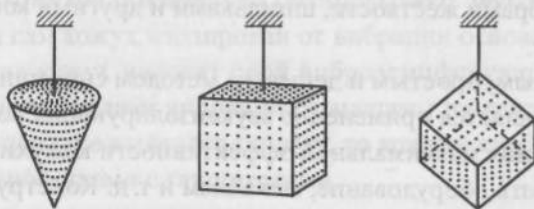


Рис. 7.6. Штучные звукопоглотители

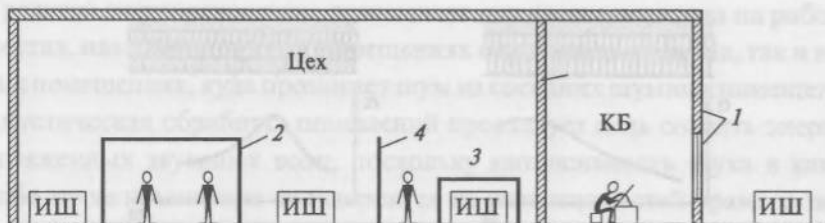


Рис. 7.7. Средства звукоизоляции

Звукоизоляция — уменьшение уровня шума с помощью защитного устройства, которое устанавливают между источником и приемником и имеет большую отражающую или поглощающую способность. Звукоизоляция дает больший эффект (30–50 дБ), чем звукопоглощение (6–10 дБ).

К средствам звукоизоляции относятся звукоизолирующие ограждения 1, звукоизолирующие кабины и пульты управления 2, звукоизолирующие кожухи 3 и акустические экраны 4 (рис. 7.7).

Звукоизолирующие ограждения — это стены, перекрытия, перегородки, проемы, окна, двери.

Звукоизоляция ограждений тем выше, чем большей массой (1 м^2 ограждения) они обладают, так увеличение массы в два раза приводит к повышению звукоизоляции на 6 дБ. Для одного и того же ограждения звукоизоляция возрастает с увеличением частоты, т.е. на высоких частотах эффект от установки ограждения будет значительно выше, чем на низких.

Для облегчения ограждающих конструкций без уменьшения их звукоизоляции применяются многослойные ограждения, чаще всего двойные, состоящие из двух однослойных ограждений, соединенных между собой упругими связями: воздушным слоем, звукопоглощающим материалом или ребрами жесткости, шпильками и другими конструктивными элементами.

Эффективным, простым и дешевым методом снижения шума на рабочих местах является применение звукоизолирующих кожухов.

Для получения максимальной эффективности кожухи должны полностью закрывать оборудование, механизм и т. д. Конструктивно кожухи выполняются съемными, раздвижными или капотного типа, сплошными герметичными или неоднородной конструкции — со смотровыми

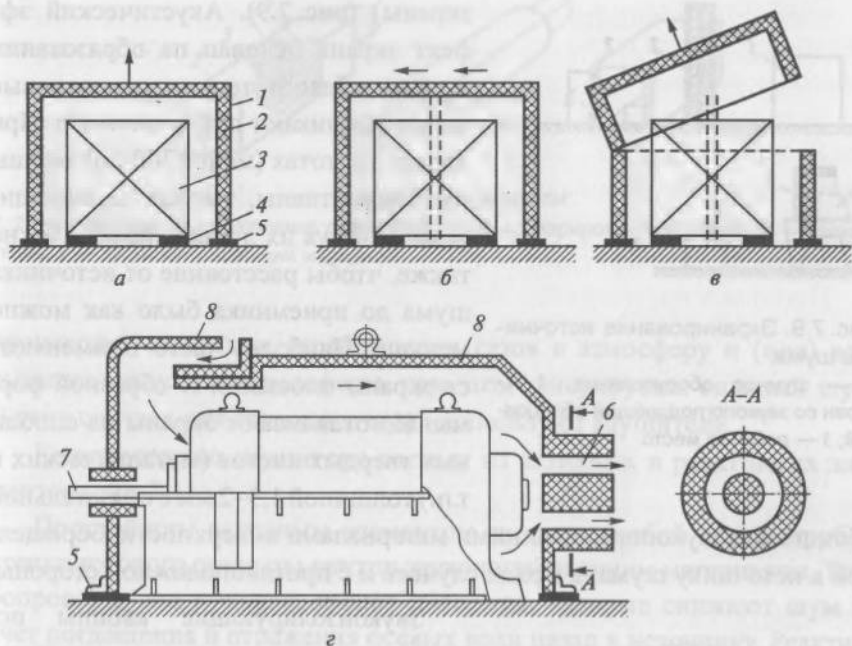


Рис. 7.8. Схемы звукоизолирующих кожухов:

a — съемного; *b* — раздвижного; *в* — капотного типа; *z* — неоднородной конструкции; 1 — стенка кожуха; 2 — звукопоглощающая облицовка; 3 — оборудование; 4 — виброизолирующие опоры оборудования; 5 — виброизолирующие прокладки; 6 — глушители в отверстиях для циркуляции воздуха; 7 — глушитель в отверстии для провода; 8 — перфорированный лист или сетка

окнами, открывающимися дверцами, проемами для ввода коммуникаций и циркуляции воздуха (рис. 7.8).

Кожухи изготавливают обычно из листовых несгораемых или трудносгораемых материалов (сталь, дюралюминий). Внутренние поверхности стенок кожухов обязательно облицовывают звукопоглощающим материалом, а сам кожух изолирован от вибрации основания. С наружной стороны на кожух наносят слой вибродемпфирующего материала для уменьшения передачи вибрации от машины на кожух. Если защищаемое оборудование выделяет теплоту, то кожухи снабжают вентиляционными устройствами с глушителями.

Для защиты от непосредственного, прямого воздействия шума используют экраны и выгородки (соединенные отдельные секции —

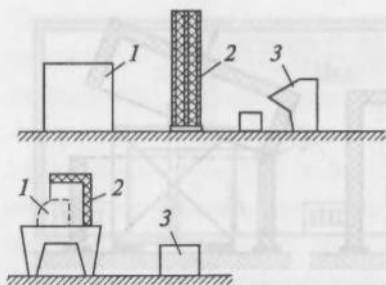


Рис. 7.9. Экранирование источников шума:

1 — шумное оборудование; 2 — экран со звукопоглощающей облицовкой; 3 — рабочее место

облицовкой звукопоглощающими материалами поверхности, обращенной к источнику шума, а в ряде случаев и с противоположной стороны.

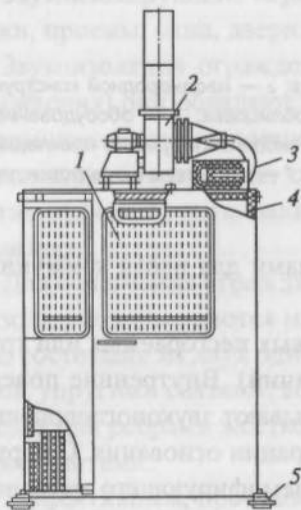


Рис. 7.10. Звукоизолирующая кабина из сборных панелей:

1 — окно; 2 — вентилятор; 3 — глушитель шума; 4 — звукопоглощающий материал; 5 — виброизолятор

экраны) (рис. 7.9). Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. При низких частотах (менее 300 Гц) экраны малоэффективны, так как за счет дифракции звук их легко огибает. Важно также, чтобы расстояние от источника шума до приемника было как можно меньше. Наиболее часто применяются экраны плоской и П-образной формы. Изготавливают экраны из сплошных твердых листов (металлических и т.п.) толщиной 1,5–2 мм с обязательной

Звукоизолирующие кабины используют для размещения в них пультов дистанционного управления или рабочих мест в шумных помещениях (рис. 7.10). Используя звукоизолирующие кабины, можно обеспечить практически любое требуемое снижение шума. Обычно кабины изготавливают из кирпича, бетона и других подобных материалов, а также сборными из металлических панелей (стальных или из дюралюминия).

Для уменьшения шума различных аэрогазодинамических установок и устройств применяются глушители. Например, во время рабочего цикла ряда установок (компрессоров, двигателей внутреннего сгорания, турбин и др.) через специальные отверстия

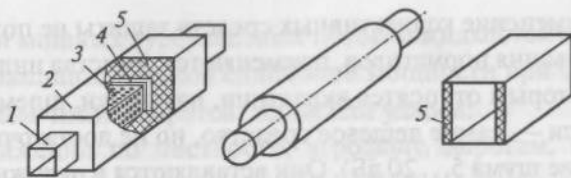


Рис. 7.11. Глушители:

1, 2 — трубопроводы различных диаметров; 3 — перфорированная стенка; 4 — стеклоткань; 5 — звукопоглощающий материал

происходит истечение обработавших газов в атмосферу и (или) всасывание воздуха из атмосферы, при этом генерируется сильный шум. В этих случаях для снижения шума используют глушители.

Конструктивно глушители состоят из активных и реактивных элементов (рис. 7.11).

Простейшим активным элементом является любой канал (труба), стенки которого покрыты внутри звукопоглощающим материалом. Трубопроводы, как правило, имеют повороты, которые снижают шум за счет поглощения и отражения осевых волн назад к источнику. Реактивный элемент представляет собой участок канала, на котором внезапно увеличивается площадь сечения, в результате чего происходит отражение звуковых волн обратно к источнику. Эффективность звукопоглощения растет с увеличением числа камер и длины соединяющей трубы.

При наличии в спектре шума дисперсных составляющих высокого уровня применяют реактивные элементы резонаторного типа: кольцевые и ответвления (рис. 7.12). Такие глушители настроены на частоты наиболее интенсивных составляющих путем соответствующего расчета размеров элементов глушителей (объема камер, длины ответвлений, площади отверстий и др.).

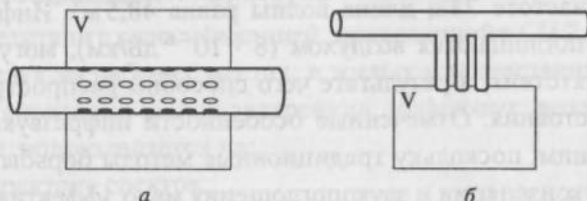


Рис. 7.12. Схемы глушителей резонаторного типа:

а — кольцевые; б — ответвления

Если применение коллективных средств защиты не позволяет обеспечить требования нормативов, применяются средства индивидуальной защиты, к которым относятся вкладыши, наушники, шлемы.

Вкладыши — самое дешевое средство, но не достаточно эффективное (снижение шума 5...20 дБ). Они вставляются в наружный слуховой проход и представляют собой различного рода заглушки из волокнистых материалов, воскообразных мастик, или пластинчатых слепков, изготовленных по конфигурации слухового прохода.

Наушники представляют собой чашки из пластмассы или металла, заполненные звукопоглотителем. Для плотности прилегания чашки наушников снабжены специальными уплотняющими кольцами, заполненными воздухом или специальными жидкостями. Степень глушения звука наушниками на высоких частотах составляет 20...38 дБ.

Шлемы используются для защиты от очень сильных шумов (более 120 дБ), так как звуковые колебания воспринимаются не только ухом, но и через кости черепа.

7.2. ЗАЩИТА ОТ ИНФРАЗВУКА

7.2.1. Характеристика инфразвука, источники инфразвука на производстве

Инфразвук — область акустических колебаний с частотами, лежащими ниже полосы слышимых частот — 20 Гц.

Инфразвук — еще мало изученный фактор производственной среды, который способен оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека. Он является составной частью спектров шумов, излучаемых многими технологическими агрегатами. Характерной особенностью инфразвука в отличие от слышимого и ультразвукового диапазона является большая длина волны и малая частота колебаний (например при частоте 7 Гц длина волны равна 48,5 м). Инфразвуковые волны мало поглощаются воздухом ($8 \cdot 10^{-6}$ дБ/км), могут свободно огибать препятствия, в результате чего способны распространяться на большие расстояния. Отмеченные особенности инфразвука затрудняют борьбу с ним, поскольку традиционные методы борьбы с шумом с помощью звукоизоляции и звукопоглощения мало эффективны.

Инфразвук создается различным оборудованием и возникает при:

- перемещении поверхностей больших размеров;

- наличии мощных турбулентных потоков жидкостей или газов;
- работе машины высокой единичной мощности при сравнительно низком рабочем числе оборотов, ходов или ударов;
- передвижении по местности, агрофону, дорогам, магистралям и т.п.;
- ударном возбуждении конструкций;
- вращательном и возвратно-поступательном движении больших масс с повторением циклов не менее 20 раз/с;
- наличии замкнутых объемов, возбуждаемых динамически (например, кабины наблюдения за технологическим процессом);
- работе крупногабаритных двигателей и рабочих органов машин (например, карьерные экскаваторы).

В современном производстве и на транспорте источниками инфразвука являются компрессоры, промышленные вентиляционные установки и системы кондиционирования воздуха, турбины, доменные и мартеновские печи, тяжелые машины с вращающимися частями, двигатели самолетов и вертолетов, реактивные двигатели космических ракет, дизельные двигатели судов и подводных лодок и др. Источниками высоких уровней инфразвука служат и наземные средства транспорта. Например, в кабинах движущихся легковых автомобилей уровни инфразвука достигают 100 дБ в диапазоне частот 9...16 Гц при закрытом окне и 110–120 дБ в диапазоне от 2...16 Гц при открытом окне. Максимальные уровни инфразвука в компрессорных, мартеновских цехах, на предприятиях металлургической промышленности (вблизи доменных и сталеплавильных печей) составляют 82...133 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц.

7.2.2. Классификация инфразвука

В соответствии с классификацией, приведенной в СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки», инфразвук, воздействующий на человека, подразделяется на:

1) по характеру спектра:

- широкополосный инфразвук, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

➤ тональный инфразвук, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие. Тональный характер инфразвука устанавливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ;

2) по временным характеристикам:

➤ постоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно»;

➤ непостоянный инфразвук, уровень которого изменяется за время наблюдения не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно».

7.2.3. Нормирование инфразвука

Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах и в общественных помещениях установлены СН 2.2.4/2.1.8.583-96.

Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются:

1) Уровни звукового давления (L_p), в дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц, определяемые по формуле:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2},$$

где p — среднеквадратическое значение звукового давления, Па; p_0 — исходное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

2) Общий уровень звукового давления (при одночисловой оценке), измеренный по шкале шумомера «линейная», в дБ Лин.

Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления ($L_{\text{ЭКВ}}$), в дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц и эквивалентный общий уровень звукового давления, в дБ Лин, определяемые по формуле:

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_i} \right),$$

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.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, дифференцированные для различных видов работ, и допустимые уровни в помещениях общественных зданий приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

ПДУ инфразвука на рабочих местах и в общественных помещениях

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ Лин
	2	4	8	16	
Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий:					
— работы различной степени тяжести	100	95	90	85	100
— работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	95	90	85	80	95
Общественные здания	75	70	65	60	75

Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления, измеренные по шкале шумомера «линейная», не должны превышать 120 дБ.

7.2.4. Действие инфразвука на человека

Гигиеническая проблема, связанная с воздействием инфразвука на организм человека, возникла сравнительно недавно — в 70-е годы. Проведенные российскими и зарубежными учеными многочисленные исследования инфразвука свидетельствуют о том, что он оказывает выраженное неблагоприятное действие на организм человека, которое про-

является, прежде всего, в психических нарушениях, негативном влиянии на сердечно-сосудистую, дыхательную, эндокринную и другие системы организма, вестибулярный аппарат. Специфической для действия инфразвука реакцией является нарушение равновесия.

Инфразумы воспринимаются человеком, главным образом, как физическая нагрузка: возникает утомление, головная боль, головокружение. Инфразвук силой свыше 150 дБ совершенно непереносим человеком; при 180–190 дБ наступает смерть вследствие разрыва легочных альвеол.

Вредное воздействие инфразвука на организм человека усугубляется при совпадении частоты инфразвуковых колебаний с собственной частотой того или иного органа. Резонансные частоты для человека находятся в диапазоне 4...15 Гц. Инфразвук частотой до 10 Гц вызывает резонансные явления со стороны крупных внутренних органов — желудка, печени, сердца, легких.

Длительное воздействие инфразвука 4...10 Гц может вызвать, например, хронический гастрит, колит, сохраняющиеся длительное время после прекращения его воздействия.

Инфразвук с частотой 7 Гц совпадает с α -ритмом биотоков мозга, что вызывает нервно-психические явления, такие как чувство тревоги и страха.

Многие нервные болезни, свойственные жителям промышленных городов, вызываются инфразумами, неслышимо проникающими сквозь самые толстые стены. По мнению некоторых ученых, даже не очень интенсивные инфразвуки являются главным виновником нервной усталости жителей крупных городов.

При воздействии на человека повышенных уровней инфразвука наряду с указанными признаками наблюдаются также затруднения дыхания, связанные, по-видимому, с вибрацией грудной клетки, с резонансными явлениями; тошнота вследствие раздражения рецепторов различных органов; расстройства терморегуляции, выражающиеся в возникновении озноба и ознобоподобного дрожания; нарушения зрительного восприятия; многообразные вегетативные реакции, вызванные нарушением функционирования гипоталамуса и другие. Частота различных симптомов, наблюдающихся при кратковременном воздействии инфразвука высокого уровня (120–135 дБ), приведена в табл. 7.6.

Т а б л и ц а 7.6

Частота симптомов, наблюдающихся при кратковременном воздействии инфразвука высокого уровня (120... 135 дБ)

Симптомы	Частота
Головокружение	0,71
Тошнота	0,47
Усталость, слабость (в том числе резкая слабость)	0,71
Ощущение вибрации тела, внутренних органов	0,65
Чувство страха	0,41
Головная боль	0,61
Ощущение давления на барабанные перепонки, заложенность ушей	0,45
Сенестопатия (обманчивые, нереальные ощущения)	0,17
Вегетативные нарушения (бледность, потливость, сухость во рту, кожный зуд)	0,66
Психические нарушения (пространственная дезориентация, спутанность мыслей и др.)	0,67
Затруднение глотания	0,18
Нарушение зрения (затуманенность зрения)	0,30
Ощущение удушья	0,22
Модуляция речи	0,10
Нарушение дыхания	0,28
Ознобopodobный тремор	0,20

7.2.5. Приборы и методы контроля инфразвука

Измерение инфразвука производится на постоянных рабочих местах (у органов управления, у пультов, в кабинах и т.д.) или в рабочих зонах обслуживания при работе оборудования в характерном режиме. В кабинах транспортных средств, транспортно-технологических машин, в помещениях административных зданий измерения проводятся при закрытых и открытых окнах. Микрофон располагают на высоте 1,5 м от пола и на удалении не менее 50 см от человека, проводящего измерения. При

оценке воздействия инфразвука на работающего микрофон необходимо располагать на расстоянии 15 см от его уха.

Аппаратура, используемая для измерения инфразвука, приведена в табл. 7.7.

Т а б л и ц а 7.7

Аппаратура, используемая для измерения инфразвука

Шумомеры, измерительные приборы	Частотный анализатор	Частотные коррекции	Диапазон измерения	
			Уровень звукового давления, дБ	Октавные (1/3 октавные) полосы со среднегеометрическими частотами, Гц
ВШВ 003 М-2	Встроенные фильтры	А, С, Лин	30–140	1–16
2231 («Брюль и Кьер»)	Фильтр 1627	А, С, Лин, широкополосная 61 и 62	24–130	2–16
2204 («Брюль и Кьер»)	Фильтр 1614	А, С, Лин	12–148	Октавы: 4–16 (1/3 октавы: 2–20)

7.2.6. Методы борьбы с инфразвуком

Как отмечалось выше, инфразвук может распространяться на большие расстояния вследствие незначительного поглощения в атмосфере и способности огибать препятствия. Большие длины волн, свойственные инфразвуку, определяют их выраженную дифракционную способность, а значительные величины амплитуды колебаний позволяют им воздействовать на человека на значительных расстояниях от источника.

В связи с этим для организации защиты от инфразвука необходимо использовать комплексный подход, включающий конструктивные меры снижения инфразвука в источнике образования, планировочные решения, организационные, медицинские меры профилактики и средства индивидуальной защиты.

К основным мероприятиям по борьбе с инфразвуком относятся:

- Изоляция объектов, являющихся источниками инфразвука, выделение их в отдельные помещения.
- Использование кабин наблюдения с дистанционным управлением технологическим процессом.
- Повышение быстроходности машин, обеспечивающее перевод максимума излучения в область слышимых частот.
- Применение глушителей инфразвука с механическим преобразованием частоты волны.
- Устранение низкочастотных вибраций.
- Повышение жесткости конструкций больших размеров.
- Введение в технологические цепочки специальных демпфирующих устройств малых линейных размеров, перераспределяющих спектральный состав колебаний в область более высоких частот.
- Использование средств защиты органа слуха и головы от инфразвука — противошумов, наушников, гермошлемов и т.д. (заглушающая способность которых на низких частотах значительно ниже, чем на высоких). Для повышения эффективности защиты рекомендуется использовать комбинацию нескольких типов средств индивидуальной защиты, например, противошумные наушники и вкладыши.
- Применение рационального режима труда и отдыха — введение 20-минутных перерывов через каждые 2 часа работы при воздействии инфразвука с уровнями, превышающими нормативные.

7.3. ЗАЩИТА ОТ УЛЬТРАЗВУКА

7.3.1. Основные сведения об ультразвуке, источники ультразвука

Ультразвук — область акустических колебаний с частотой выше 20 кГц, неслышимых человеческим ухом.

Ультразвук наряду со слышимыми звуками издают тикающие часы, летящий самолет, телефонный звонок. А вот пример из истории. В одном из древних китайских храмов до настоящего времени хранится таз с ручками, обладающий удивительным свойством. Стоит налить в него воду и слегка потереть ручки, как вода словно вскипает, хотя остается холодной. Чудо это разгадано. При трении ручек возникают невидимые глазом высокочастотные колебания стенок таза. Они-то и вызывают «кипение» налитой в таз воды. Виновником чуда оказался ультразвук.

По своей природе ультразвуковые волны ничем не отличаются от звуковых волн слышимого диапазона. Распространение ультразвука подчиняется основным законам, общим для акустических волн любого диапазона частот.

Вместе с тем ультразвук, обладая высокими частотами и, следовательно, малыми длинами волн, характеризуется особыми свойствами. Из-за малых длин ультразвуковые волны легче сфокусировать и соответственно получать более узкое и направленное излучение, т.е. сосредоточивать всю энергию ультразвука в нужном направлении и концентрировать ее в небольшом объеме. Кроме того, ультразвуковые волны можно визуально наблюдать оптическими методами.

Источниками ультразвука являются все виды технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппараты промышленного, медицинского и бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 18 кГц до 100 МГц и выше, а также оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор.

В настоящее время ультразвук широко применяется в различных отраслях экономики: геологии, медицине, металлургии, химической промышленности, машиностроении, радиоэлектронике и др.

Низкочастотные ультразвуковые волны, распространяющиеся контактным или воздушным путем, применяют для активного воздействия на вещества и технологические процессы: очистка, обеззараживание, сварка, механическая и термическая обработка материалов, коагуляция аэрозолей и многие другие.

В медицине ультразвук применяется для диагностики заболеваний, микромассажа тканей, ультразвуковой хирургии, стерилизации рук медперсонала и др.

При пропускании ультразвуковых колебаний через исследуемую деталь можно обнаружить в ней дефекты по характерному рассеянию пучка и по появлению ультразвуковой тени. На этом основана целая отрасль науки — ультразвуковая дефектоскопия.

Для неразрушающего контроля и в медицине — для диагностики и лечения различных заболеваний используется высокочастотный ультразвук, распространяющийся исключительно контактным путем.

7.3.2. Действие ультразвука на человека

Ультразвуковые волны могут вызывать в организме человека различные биологические эффекты, характер которых определяется:

1) характеристиками ультразвуковых колебаний:

- интенсивностью;
- частотой;
- временными параметрами (постоянный, импульсный);

2) длительностью воздействия;

3) чувствительностью тканей человека.

Эффекты, вызываемые ультразвуком в организме человека, условно подразделяются на:

- механические, вызываемые знакопеременным смещением среды;
- физико-химические, связанные с ускорением процессов диффузии через мембраны, изменением скорости биологических реакций;
- термические, проявляемые в результате выделения тепла при поглощении тканями энергии ультразвуковых колебаний;
- эффекты, связанные с возникновением в тканях ультразвуковой кавитации (от лат. *cavitos* — пустота), т.е. с образованием и последующим захлопыванием парогазовых пузырьков.

Происходящие под воздействием контактного или воздушного ультразвука изменения в организме человека имеют общие закономерности: малые интенсивности стимулируют, активируют, средние и большие угнетают, тормозят и могут полностью подавлять функции.

Так, при воздействии на человека контактного ультразвука низкой интенсивности (до $1,5 \text{ Вт/см}^2$) происходит ускорение обменных процессов в организме, легкий нагрев тканей, микромассаж. Морфологических изменений внутри клеток не происходит.

Ультразвук средней интенсивности ($1,5 \dots 3,0 \text{ Вт/см}^2$) за счет увеличения переменного звукового давления вызывает обратимые реакции угнетения, в частности нервной ткани.

Контактный ультразвук высокой интенсивности ($3,0 \dots 10,0 \text{ Вт/см}^2$) вызывает необратимые реакции угнетения, переходящие в процесс полного разрушения клеток.

Ультразвуковые колебания, генерируемые в импульсном режиме, оказывают менее выраженное, более мягкое действие на человека, чем

постоянные колебания. Мягкость действия импульсного ультразвука связана с преобладанием физико-химических эффектов действия над тепловым и механическим.

Действие ультразвука на организм человека приводит к изменениям почти во всех тканях, органах и системах: центральной и периферической нервной системе, сердечно-сосудистой, эндокринной системах, слуховом и вестибулярном анализаторах и др.

При систематическом воздействии интенсивного низкочастотного ультразвука наиболее характерным является наличие вегетососудистой дистонии и астенического синдрома. Высокочастотный ультразвук вызывает, прежде всего, поражения нейрососудистого, нейромышечного аппарата, изменение костной структуры в виде остеопороза, остеосклероза и других изменений дегенеративно-дистрофического характера.

Лица, длительное время обслуживающие ультразвуковые установки, страдают также от головных болей, головокружений, общей слабости, болевых ощущений в области сердца, ухудшения памяти.

В 1989 г. вегетативно-сенсорная полинейропатия рук, развивающаяся при воздействии контактного ультразвука, признана профессиональным заболеванием и внесена в список профзаболеваний.

7.3.3. Классификация ультразвука

Для унификации критериев и методов оценки условий труда СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения» установлена гигиеническая классификация ультразвука, воздействующего на человека (табл. 7.8).

7.3.4. Нормирование ультразвука

Гигиеническое нормирование ультразвука, создаваемого источниками промышленного и медицинского назначения, осуществляется на основании 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, предельно допустимые значения которых приведены в табл. 7.9.

Таблица 7.8

Гигиеническая классификация ультразвука

Классифицируемый признак	Характеристика классифицируемого признака
1. Способ распространения ультразвуковых колебаний	Контактный способ — ультразвук распространяется при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями, озвученными жидкостями и т.д. Воздушный способ — ультразвук распространяется по воздуху
2. Тип источников ультразвуковых колебаний	Ручные источники Стационарные источники
3. Спектральная характеристика ультразвука	Низкочастотный ультразвук — 16...63 кГц (указаны среднегеометрические частоты октавных полос); Среднечастотный ультразвук — 125...250 кГц; Высокочастотный ультразвук — 1,0...31,5 МГц
4. Режим генерирования ультразвуковых колебаний	Постоянный ультразвук Импульсный ультразвук
5. Способ излучения ультразвуковых колебаний	Источники ультразвука с магнитострикционным генератором Источники ультразвука с пьезоэлектрическим генератором

Таблица 7.9

ПДУ воздушного ультразвука на рабочих местах

Среднегеометрические частоты 1/3 октавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5–100,0	110

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни, определяемые по формуле:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0},$$

где: v — пиковое значение виброскорости, м/с; v_0 — опорное значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров контактного ультразвука для работающих приведены в табл. 7.10

Т а б л и ц а 7.10

ПДУ контактного ультразвука для работающих

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
1000–31,5·10 ³	$1,6 \cdot 10^{-2}$	110

В тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука, ПДУ контактного ультразвука принимается на 5 дБ ниже значений, указанных в табл. 7.10.

7.3.5. Приборы и методы контроля характеристик ультразвука

Общие требования к измерению ультразвука на рабочих местах установлены в СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96.

В соответствии с этим нормативным документом измерения уровней воздушного ультразвука производятся на постоянных рабочих местах или в рабочей зоне при типичных условиях эксплуатации оборудования, характеризующегося наиболее высокой интенсивностью генерируемых ультразвуковых колебаний. При проведении измерений микрофон располагается на уровне головы и на расстоянии 5 см от уха человека, подвергающегося воздействию ультразвука, и на расстоянии 50 см от человека, проводящего измерения. Измерения проводятся не менее 3-х раз в каждой третьоктавной полосе для одной точки и затем вычисляется среднее значение.

Для измерения воздушного ультразвука применяется следующая аппаратура: шумомеры для измерений в диапазоне частот до 50 000 Гц и до 100 000 Гц; микрофоны и полосовые фильтры.

Измерение уровней контактного ультразвука (значения виброскорости) производится в зоне контакта рук или других частей тела человека с источником ультразвуковых колебаний с помощью измерительного тракта, состоящего из: датчика, чувствительность которого позволяет регистрировать ультразвуковые колебания с уровнем колебательной скорости на поверхности не ниже 80 дБ; лазерного интерферометра; усилителя; схемы обработки сигналов, включающей фильтры низкой и высокой частоты; милливольтметра ВЗ-40; дифференцирующей цепочки и импульсного вольтметра Вч-12.

Оценить интенсивность генерируемого контактного ультразвука можно также с помощью универсальных промышленных ультразвуковых дефектоскопов.

7.3.6. Методы борьбы с ультразвуком

Ограничение воздействия на работающих ультразвука как неблагоприятного физического фактора производственной среды достигается применением организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий, дифференцированных с учетом частотно-амплитудных параметров, среды передачи.

Защита человека от действия воздушного ультразвука обеспечивается выполнением следующих мероприятий.

- Использование в ультразвуковых источниках генераторов с рабочими частотами не ниже 22 кГц для исключения действия выраженного высокочастотного шума на работающих.

- Оборудование звукоизолирующими кожухами и экранами (в том числе прозрачными) стационарных ультразвуковых источников, генерирующих уровни звукового давления, превышающие нормативные значения. Звукоизолирующие кожухи изготавливают, как правило, из листовой стали или дюралюминия (толщиной 1 мм) с обклейкой резиной или рубероидом, а также из трех слоев резины общей толщиной 3...5 мм.

- Размещение ультразвуковых установок в специальных помещениях, выгородках или звукоизолирующих кабинах.

- Применение противошумов, если перечисленные выше мероприятия не позволяют получить необходимый эффект.

Ограничение неблагоприятного влияния ультразвука на персонал при контактном облучении достигается:

- Исключением непосредственного контакта человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой во время возбуждения в ней ультразвуковых колебаний.

- Созданием автоматизированного ультразвукового оборудования.

- Применением дистанционного управления источниками ультразвука.

- Установлением автоблокировки, т.е. автоматического отключения источника ультразвука при выполнении вспомогательных операций (загрузка и выгрузка продукции, нанесение контактных смазок и др.).

- Установлением при систематической работе с источниками ультразвука (в течение более 50% рабочего времени) двух регламентированных перерывов — десятиминутный перерыв за 1–1,5 ч и 15-минутный перерыв через 1,5–2 ч после обеденного перерыва для проведения профилактических процедур (тепловых гидропроцедур, массажа, ультрафиолетового облучения), а также лечебной гимнастики, витаминизации и т. п.

- Применением для защиты рук нарукавников, рукавиц или перчаток (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные).

8. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ

На современном этапе развития техники и технологии все большую социальную и гигиеническую значимость приобретает борьба с вибрацией, неблагоприятно воздействующей на организм человека. Это вызвано тем, что улучшение технико-экономических показателей машин и технологического оборудования осуществляется за счет увеличения мощностей и рабочих скоростей при одновременном снижении их материалоемкости, что сопровождается нежелательным побочным эффектом — усилением вибрации.

Воздействие вибрации на организм человека приводит не только к преждевременному утомлению, снижению производительности труда, но и во многих случаях к развитию профессиональной и росту общей заболеваемости. В связи с этим важное значение имеет обеспечение вибробезопасных условий труда.

8.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРАЦИИ

Вибрация — это механические колебания, передаваемые по жидким или твердым средам. Вибрация аналогична шуму по физической природе.

Термином «вибрация» чаще всего пользуются там, где колебания имеют относительно малую амплитуду и не слишком низкую частоту. Например, едва ли можно применить термин «вибрация», говоря о колебаниях маятника или о раскачивании людей.

Вибрация представляет собой кинетическую энергию, передаваемую машине или человеку. Причинами ее возникновения являются неуравновешенные силовые воздействия, источниками которых служат:

- возвратно-поступательные движущиеся системы (кривошипно-шатунные механизмы, вибротрамбовки и др.);
- неуравновешенные вращающиеся массы (например, ручные электрические шлифовальные машины).

В отдельных случаях вибрации могут создаваться также ударами деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы).

Неуравновешенные силы появляются в результате дисбаланса, причиной которого может быть неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения и др.

Основными понятиями теории вибрации являются:

- 1) вибрационные параметры: виброперемещение, виброскорость и виброускорение;
- 2) механический импеданс;
- 3) собственная частота.

Вибрации, встречающиеся в технике, как правило, имеют характер, близкий к гармоническому, а имеющие место в ряде случаев периодические процессы можно легко представить как наложение гармонических колебаний, т.е. колебаний, при которых колеблющаяся величина изменяется по закону синуса (косинуса).

Для гармонических колебаний величина отклонения колеблющейся точки от положения равновесия (виброперемещение x) определяется по формуле:

$$x = x_T \sin(\omega t + \varphi),$$

где x_T — амплитуда виброперемещения; φ — начальная фаза колебаний в момент времени $t = 0$; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота; f — частота колебаний.

Виброскорость (v) и виброускорение (a) являются соответственно первой и второй производной по времени от виброперемещения, в связи с чем определяются из следующих соотношений:

$$v = \omega x_T \cos(\omega t + \varphi) = v_T \cos(\omega t + \varphi);$$

$$a = -\omega^2 x_T \sin(\omega t + \varphi) = -a_T \sin(\omega t + \varphi),$$

где v_T , a_T — максимальные значения соответственно виброскорости и виброускорения колеблющейся точки.

Абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в очень широких пределах, поэтому в практике используется понятие уровня параметров. Уровни виброскорости (L_v) и виброускорения (L_a) определяются по формулам:

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{v_0};$$

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{a_0},$$

где v и a — соответственно средние квадратичные значения виброскорости (м/с) и виброускорения (м/с²); $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ — опорное значение виброскорости, м/с; $a_0 = 1 \cdot 10^{-6}$ — опорное значение виброускорения, м/с².

Средние квадратичные значения величины v или a — это значения, равные корню квадратному из усредненной за определенный промежуток T времени суммы квадратов мгновенных значений $v(t)$ или $a(t)$ (рис. 8.1).

$$a_{\text{скз}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}.$$

Для исследований вибраций весь диапазон частот (так же как и для шума) разбивается на октавные диапазоны.

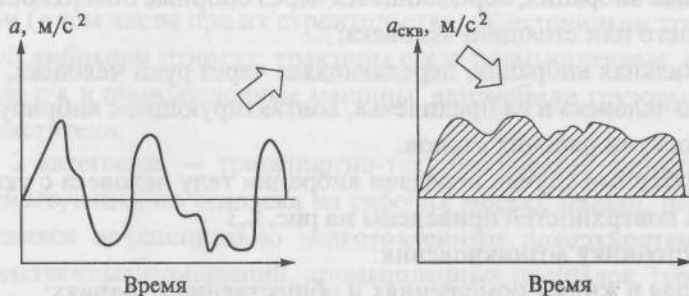


Рис. 8.1. Среднеквадратичное значение вибрации

Механический импеданс (Z) определяется как отношение вынуждающей силы (F), приложенной к системе, к результирующей колебательной скорости v в точке приложения силы

$$Z = \frac{F}{v}.$$

Собственная частота — это частота свободных колебаний системы, т.е. колебаний без переменного внешнего воздействия и поступления энергии.

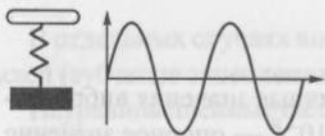


Рис. 8.2. Собственная частота колебаний

Собственная частота колебаний системы (f_0), представленной на рис. 8.2, определяется по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}},$$

где K — жесткость пружины; M — масса груза.

При равенстве собственной частоты колебаний системы частоте вынужденных колебаний возникает явление резонанса, приводящее к резкому увеличению амплитуды колебаний.

8.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИБРАЦИЙ

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» вибрация, воздействующая на человека, классифицируется следующим образом.

По способу передачи:

- общая вибрация, передающаяся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;
- локальная вибрация, передающаяся через руки человека, на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов.

Характерные случаи передачи вибрации телу человека с указанием опорных поверхностей приведены на рис. 8.3

По источнику возникновения:

- общая в жилых помещениях и общественных зданиях:

- от внешних источников (городского рельсового транспорта и автотранспорта; промышленных предприятий и передвижных промышленных установок);
- от внутренних источников (инженерно-технологического оборудования зданий и бытовых приборов (лифты, вентиляционные системы, холодильники и т.д.); встроенных предприятий торговли и др.);

- общая на производстве:

- 1 категории — транспортная вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, агрофонам и доро-





<p>Человек-оператор</p> 	<p>Автомобили, строительные машины, сельскохозяйственные машины, поезда, самолеты, суда</p>	<p>Человек-оператор</p> 	<p>Металлообрабатывающие машины, текстильные машины, виброплатформы, металлургические машины</p>
<p>Человек-оператор</p> 	<p>Ручные машины</p>	<p>Пассажир</p> 	<p>Транспортные средства</p>

Рис. 8.3. Характерные случаи передачи вибрации телу человека

гам (в том числе при их строительстве). К источникам транспортной вибрации относят: тракторы с/х и промышленные, самоходные с/х и промышленные машины, автомобили грузовые, снегоочистители.

➤ 2 категории — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. К источникам транспортно-технологической вибрации относят: экскаваторы, краны промышленные и строительные, напольный производственный транспорт.

➤ 3 категории — технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: станки металло- и деревообрабатывающие, электрические машины, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин и др.

Общая вибрация категории 3 по месту действия подразделяется на следующие типы:

а) на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

б) на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

в) на рабочих местах в помещениях заводууправления, конструкторских бюро, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда;

• локальная на производстве:

У локальная вибрация, передающаяся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;

У локальная, передающаяся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей);

По характеру спектра (рис. 8.4–8.5):

• Узкополосная, у которой контролируемые параметры в одной третьоктавной полосе частот более, чем на 15 дБ превышают значения в соседних третьоктавных полосах (см. рис. 8.4.);

• Широкополосная — с непрерывным спектром более одной октавы.

По направлению действия: в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат (X, Y, Z) (рис. 8.6 и 8.7).

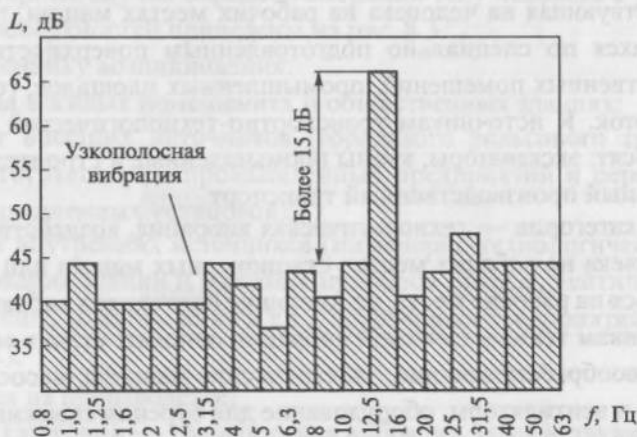


Рис. 8.4. Узкополосная вибрация

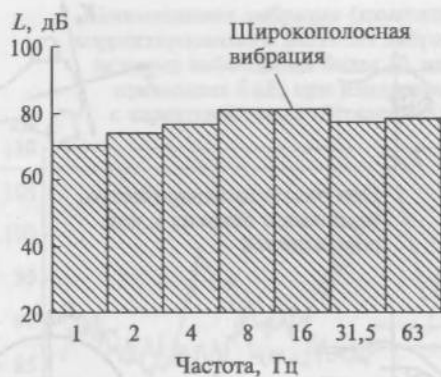


Рис. 8.5. Широкополосная вибрация

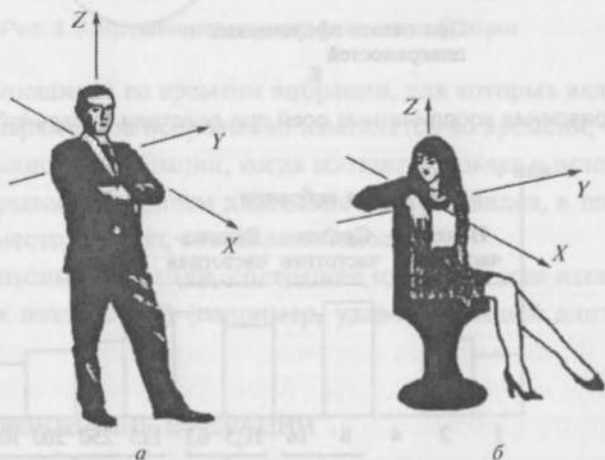


Рис. 8.6. Направление координатных осей при действии общей вибрации: *a* — положение стоя; *б* — положение сидя

По частотному составу (рис. 8.8):

- Низкочастотная (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1–4 Гц для общих вибраций, 8–16 Гц — для локальных вибраций).
- Среднечастотная (8–16 Гц — для общих вибраций, 31,5–63 Гц — для локальных вибраций).
- Высокочастотная (31,5–63 Гц — для общих вибраций, 125–1000 Гц — для локальных вибраций).



Рис. 8.7. Направление координатных осей при действии локальной вибрации



Рис. 8.8. Характеристика вибрации по частотному составу

По временным характеристикам (рис. 8.9):

- Постоянная вибрация, для которой величина нормируемых параметров изменяется не более чем на 6 дБ за время наблюдения.
- Непостоянная — величина нормируемых параметров изменяется не менее, чем на 6 дБ за время наблюдения не менее 10 мин в том числе:

Непостоянная вибрация (изменение
корректированного значения вибрации
за время наблюдения более 10 мин
превышает 6 дБ, при измерении
с характеристикой «Медленно»)



Рис. 8.9. Временная характеристика вибрации

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с источником вибрации прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

8.3. НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ

Нормирование производственной вибрации осуществляется на основании СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации в соответствии с указанным нормативным документом может производиться тремя методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Локальная вибрация нормируется в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц; общая вибрация — в октавных или 1/3 октавных полосах 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; 80,0 Гц.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами вибрации являются измеряемые в октавных или 1/3 октавных полосах частот средние квадратические значения виброскорости и виброускорения или их логарифмические уровни (L_v , L_a).

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение виброскорости или виброускорения (U) или их логарифмические уровни (L_U), измеряемые с помощью корректирующих фильтров или вычисляемые по формулам:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i K_i)^2};$$

$$L_U = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{U_i} + L_{K_i})},$$

где U_i , L_{U_i} — средние квадратические значения виброскорости или виброускорения или их логарифмические уровни в i -й частотной полосе; n — число октавных полос в нормируемом частотном диапазоне; K_i , L_{K_i} — весовые коэффициенты для i -й частотной полосы соответственно для абсолютных значений или их логарифмических уровней. Значения весовых коэффициентов приведены для локальной и общей вибраций с учетом направления действия (Z_0 , X_0 , Y_0) в СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

При интегральной оценке вибрации с учетом времени ее воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения ($U_{\text{эКВ}}$) или их логарифмический уровень ($L_{\text{эКВ}}$), измеренное или рассчитанное по формуле:

$$U_{\text{эКВ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2 t_i}{T}};$$

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \cdot t_i \right),$$

где U_i — скорректированные по частоте значения контролируемых параметров виброскорости (v, L_v), м/с, или виброускорения (a, L_a), м/с², действующих в течение времени t_i ; t_i — время действия вибрации в i -ом интервале, ч; n — общее число интервалов действия вибрации;

$T = \sum_{i=1}^n t_i$ — общее время действия вибрации, ч.

В СН 2.2.4/2.1.8.566-96 установлены предельно допустимые величины нормируемых параметров локальной и общей вибрации 1, 2 и 3 (a, \bar{b}, \bar{v}) категорий при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч). В качестве примера в табл. 8.1 и 8.2 приведены предельно допустимые величины параметров локальной и технологической вибрации (категории 3а).

Таблица 8.1

Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_n, Y_n, Z_n			
	Виброускорения		Виброскорости	
	м/с ²	дБ	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
Корректированные и эквивалентные скорректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

Таблица 8.2

Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 — «технологической а»

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0 , Y_0 , Z_0							
	Виброускорения				Виброскорости			
	м/с ²		дБ		м/с·10 ⁻²		дБ	
	в 1/3 октаве	в 1/1 октаве	в 1/3 октаве	в 1/1 октаве	в 1/3 октаве	в 1/1 октаве	в 1/3 октаве	в 1/1 октаве
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	
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 скорректированные значения и их уровни		0,10		100		0,20		92

8.4. ДЕЙСТВИЕ ВИБРАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Вибрационная патология в настоящее время стоит на втором месте среди профессиональных заболеваний.

Клиническая картина вибрационной болезни, обусловленная общей или локальной вибрацией, складывается из:

- нейрососудистых нарушений;
- поражений нервно-мышечной системы;
- опорно-двигательного аппарата;
- изменений обмена веществ.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вегетативная неустойчивость, нарушения зрительной функции, снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности и другие отклонения в состоянии здоровья.

Частота и особенности клинических проявлений заболеваний, вызванных воздействием вибрации, зависят главным образом от:

- спектрального состава вибрации;
- продолжительности воздействия;
- индивидуальных особенностей человека;
- направления вибрационного воздействия;
- места приложения;
- явлений резонанса;
- условий воздействия вибрации (факторов производственной среды, усугубляющих вредное воздействие вибрации на организм человека).

Выраженность воздействия вибрации определяется, прежде всего, частотным спектром и его распределением в пределах максимальных уровней энергии.

Так, воздействие низкочастотной общей вибрации приводит к поражению преимущественно нервно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата. Такая форма вибрационной патологии встречается, например, у формовщиков, бурильщиков и др. Средне- и высокочастотная вибрация вызывает, в первую очередь, различные по степени тяжести сосудистые и костно-суставные нарушения. Например, серьезные

сосудистые нарушения наблюдаются при работе со шлифовальными машинами, являющимися источниками высокочастотной вибрации.

Колебания высоких частот вызывают спазм сосудов. В некоторых случаях сосудистые нарушения при вибрационной болезни могут привести к постепенному развитию хронической недостаточности мозгового кровообращения.

Патология со стороны опорно-двигательного аппарата объясняется тем, что общая вибрация приводит к прямому микротравмирующему действию на позвоночник (особенно толчкообразная вибрация) вследствие нагрузок на межпозвоночные диски, которые ведут себя как фильтры низких частот. Подобное воздействие приводит к развитию дегенеративно-дистрофических нарушений позвоночника (остеохондрозу).

Влияние общей вибрации на обменные процессы в организме человека проявляется в изменении углеводного обмена, биохимических показателей крови, характеризующих нарушения белкового, ферментативного, а также витаминного и холестерина обмена. Наблюдаются также нарушения окислительно-восстановительных процессов, изменения показателей азотистого обмена и др.

Низкочастотная вибрация ведет также к изменению морфологического состава крови: лейкоцитозу, эритроцитопении; к снижению уровня гемоглобина.

Воздействию локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью, что способствует развитию профессионального заболевания (например, синдрома, связанного с побелением пальцев рук). Кроме сосудистой патологии, возникают и невротические расстройства, а воздействие локальной вибрации на мышечные и костные ткани приводит к снижению кожной чувствительности, отложению солей в суставах пальцев, деформации и уменьшению подвижности суставов.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Это объясняется явлением резонанса человеческого тела, отдельных органов, возникающем при

	Части тела	Резонансные частоты, Гц
1	Глаза	12–27
2	Горло	6–27
3	Грудная клетка	2–12
4	Ноги, руки	2–8
5	Голова	8–27
6	Лицо и челюсти	4–27
7	Поясничная часть позвоночника	4–14
8	Живот	4–12



Рис. 8.10. Резонансные частоты человека в положении сидя при вертикальных вибрациях

совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Резонансные колебания в органах человека могут возникнуть при повышении частоты колебаний более 0,7 Гц. Резонансные частоты человека в положении сидя при вертикальных вибрациях приведены на рис. 8.10.

Усугубляющими вредное воздействие вибрации являются факторы производственной среды, такие как чрезмерные мышечные и нервно-эмоциональные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, шум высокой интенсивности. В частности, охлаждение рук приводит к усилению сосудистых реакций и, как следствие, к более интенсивному развитию вибрационной болезни. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно и потенцирования. Сопутствующие факторы могут увеличить риск вибрационной болезни в 5...10 раз.

Показатели заболеваемости вибрационной болезнью среди основных виброопасных профессий за последние годы и средние значения латентного (скрытого) периода представлены в табл. 8.3.

Влияние вибрации на производительность труда работников показано с помощью графиков зависимости границы снижения производительности труда от усталости от виброускорения, приведенных на рис. 8.11.

Таблица 8.3

Данные по заболеваемости вибрационной болезнью

Профессиональная группа	Коэффициент заболеваемости в виброопасных профессиях (на 1000 чел)	Латентный период (годы)
Обрубщик литья	5,4	10,8 ± 0,3
Наждачник	2,6	12,1 ± 0,7
Вальщик леса	4,0	14,4 ± 0,4
Заточник	3,9	14,7 ± 1,0
Слесарь механосборочных работ	0,3	16,8 ± 0,6
Горнорабочий очистного забоя	2,2	17,8 ± 0,5
Бурильщик	5,9	17,9 ± 0,8
Проходчик (телескопы)	23,4	17,9 ± 0,9

8.5. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ

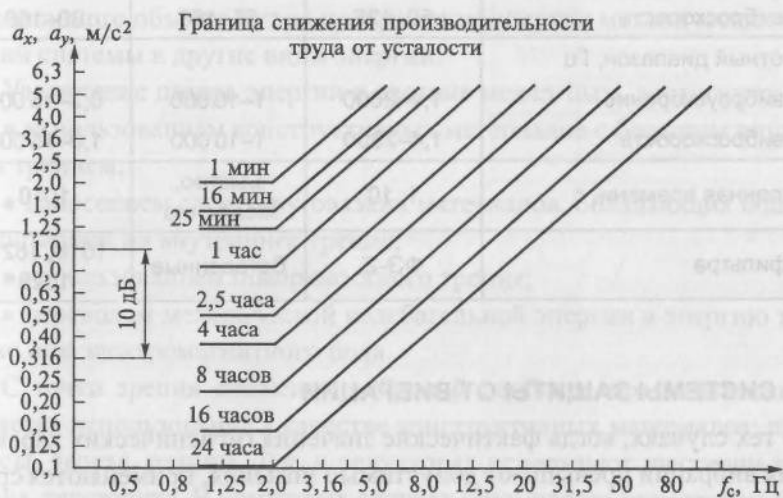
Контроль за соответствием параметров вибрации требованиям действующих санитарных норм осуществляется на основании ГОСТ 12.1.012-90(96).

Согласно этому нормативному документу контроль вибрации осуществляется на производстве при аттестации рабочих мест и периодически: локальная вибрация должна контролироваться не реже двух раз в год, а также после периодического ремонта оборудования, общая — ежегодно. Оценка вибрации проводится также по требованию санитарных служб и технической инспекции профсоюзов.

Контроль нормируемых параметров вибрации должен производиться в реальных условиях производства при типовых условиях эксплуатации оборудования или машин, при которых в соответствии с областью их применения на работающего воздействует максимальная вибрация.

Измерение вибрации проводится с использованием виброизмерительных приборов, состоящих из:

- вибропреобразователей (как правило, пьезокристаллических);
- виброметров;



б

Рис. 8.11. Снижение производительности труда при воздействии вертикальной (а) и горизонтальной вибрации (б) на человека

- полосовых фильтров;
- вспомогательных приборов (самописцев уровня, магнитофонов и т. п.).

Приборы, применяемые для измерения вибрации, должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.012-83 (86) «ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования».

Основные технические характеристики некоторой применяемой виброизмерительной аппаратуры приведены в табл. 8.4.

Т а б л и ц а 8.4

Технические характеристики виброизмерительной аппаратуры

Тип прибора	ВМ-1 (ПН-19)	ВШВ-003М2	2511 (фирма «Брюль и Кьер», Дания)
Динамический диапазон, дБ:			
— вибороускорение	10–130	20–130	16–130
— виброскорость	50–136	55–166	30–166
Частотный диапазон, Гц			
— вибороускорение	1,4–8000	1–10 000	0,3–15 000
— виброскорость	1,4–2800	1–10 000	1,0–15 000
Постоянная времени, с	1; 10	Быстро, медленно	1; 10
Тип фильтра	ФЗ-2	Встроенные	1618, 1621, 1623

8.6. СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ

В тех случаях, когда фактические значения гигиенических характеристик вибрации превышают допустимые значения, применяются средства защиты от вибрации.

Классификация средств и методов защиты от вибрации определена ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».

Средства защиты от вибрации по организационному признаку делятся на коллективные и индивидуальные.

По отношению к источнику возбуждения вибрации методы коллективной защиты подразделяются на:

- методы, снижающие параметры вибрации воздействием на источник возбуждения;
- методы, снижающие параметры вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения.

К первым относятся такие средства защиты, как динамическое уравновешивание, антифазная синхронизация, изменение характера возмущающих воздействий, изменение конструктивных элементов источника возбуждения, изменение частоты колебаний и др. Они используются, как правило, на этапе проектирования и изготовления источников вибрации.

Средства защиты от вибрации на путях ее распространения, представленные на рис. 8.12, могут быть заложены в проекты машин и оборудования, а могут быть применены на этапе их эксплуатации.

Вибродемпфирование — это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний системы в другие виды энергии.

Увеличение потерь энергии в системе может быть достигнуто:

- использованием конструктивных материалов с большим внутренним трением;
- нанесением слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение;
- использованием поверхностного трения;
- переводом механической колебательной энергии в энергию токов Фуко или электромагнитного поля.

С точки зрения снижения вибраций наиболее предпочтительным является использование в качестве конструктивных материалов: пластмассы, дерева, резины. Так, в редукторах используют шестерни из капрона, текстолита. В некоторых случаях оказывается возможным также использовать шестерни из твердой резины. В результате происходит снижение вибраций оснований и фундаментов машин, а, следовательно, снижается вибрация рабочих мест.

В настоящее время начат выпуск ручного механизированного инструмента в корпусах из полимерных материалов. Это в значительной мере ослабляет воздействие вибраций на руки работающих. На многих

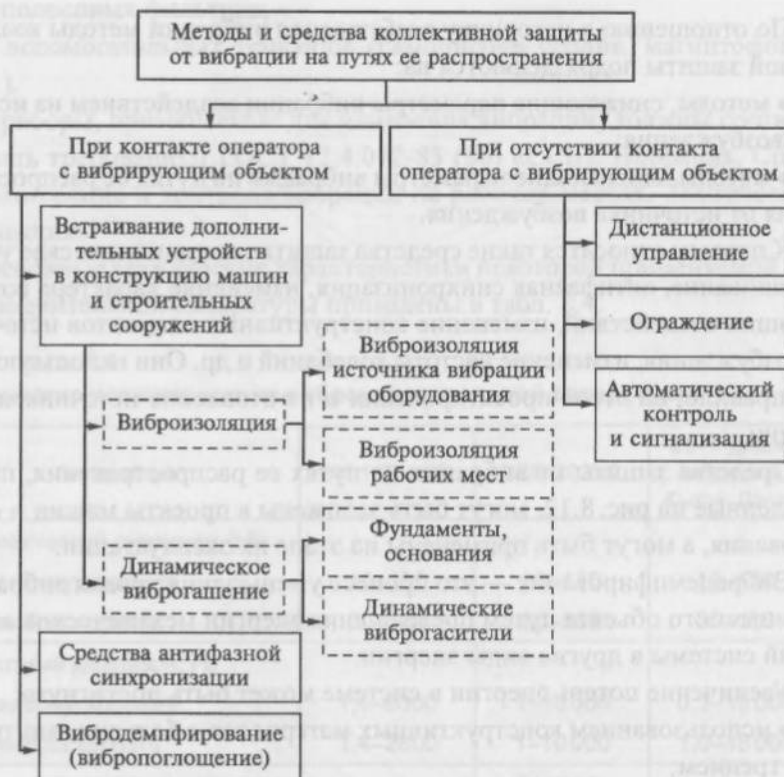


Рис. 8.12. Классификация методов и средств защиты от вибрации

видах оборудования внедряется постановка в подшипниковые узлы вибродемпфирующих втулок, что значительно снижает уровень вибраций.

Кроме того, установка таких подшипниковых узлов значительно повышает срок их службы (иногда в 10 раз).

Использование в качестве конструкционных материалов пластмасс позволяет снизить уровень вибрации по виброскорости на 8–10 дБ.

В том случае, когда применение полимерных покрытий в качестве конструктивных не представляется возможным, для снижения вибраций используют вибродемпфирующие покрытия. Действие покрытий основано на ослаблении вибраций путем перевода колебательной энергии в тепловую при деформациях покрытий. Эффективное действие покрытий наблюдается на резонансных частотах элементов конструкций агрегатов и машин.

Действие жестких покрытий проявляется главным образом на низких и средних частотах, мягких — на высоких. В качестве жестких покрытий используются вязкоупругие материалы (твердые пластмассы, битуминизированный войлок, различные полимерные смеси). В качестве мягких — мягкие пластмассы, материалы типа резины, пенопласты, поливинилхлоридные пластики. Хорошо демпфируют колебания смазочные материалы. Например, консистентные смазки в подшипниковых узлах, а также масляные ванны в редукторах.

Под виброгашением понимают уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем введения в систему дополнительных реактивных импедансов, т.е. сопротивлений упругого или инерционного типа.

Чаще всего виброгашение реализуется путем установки агрегатов на самостоятельные фундаменты (рис. 8.13). Массу фундамента подбирают таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента в любом случае не превышала 0,1–0,2 мм, а для особо ответственных сооружений — 0,005 мм. Для небольших объектов между основанием и агрегатом устанавливают массивную опорную плиту.

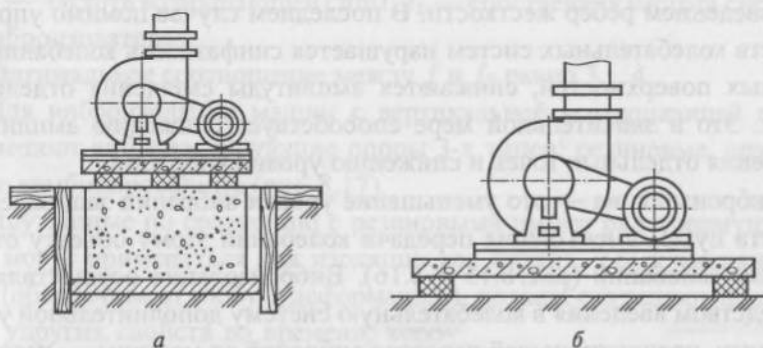


Рис. 8.13. Установка агрегатов на виброгасящем основании:
 а — на фундаменте и грунте; б — на опорной плите

Кроме такого способа, изменение реактивного сопротивления системы может быть достигнуто путем установки виброгасителей. Динамические виброгасители представляют собой дополнительную колебательную систему.

На рис. 8.14 представлен агрегат массой M и жесткостью K_2 , имеющий частоту колебаний f . Виброгаситель подбирается по характери-

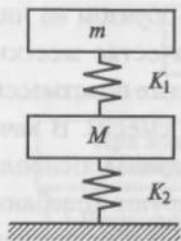


Рис. 8.14. Динамический гаситель колебаний

стикам массы m и жесткости K_1 так, чтобы его собственная частота колебаний f_0 была равна частоте f :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_1}{m}}.$$

Виброгаситель жестко крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата. Недостатком динамического виброгасителя является то, что он действует только при определенной частоте, соответствующей его резонансному режиму колебаний.

Виброгашение связано с ослаблением колебаний посредством присоединения к системе дополнительных реактивных импедансов. Поэтому оно может быть осуществлено также путем изменения упругих характеристик колебательной системы. Увеличение жесткости системы достигают соответствующим изменением конструкции и, в частности, введением ребер жесткости. В последнем случае помимо упругих свойств колебательных систем нарушается синфазность колебаний отдельных поверхностей, снижаются амплитуды смещения отдельных точек. Это в значительной мере способствует снижению амплитуды смещения отдельных точек и снижению уровня вибрации.

Виброизоляция — это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний (рис. 8.15 и 8.16). Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины — источника колебаний — к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека, либо на защищаемый агрегат.

Виброизоляция достигается путем установки агрегатов на специальные упругие устройства (опоры), обладающие малой жесткостью.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи, который имеет физический смысл отношения силы, действующей на основание при наличии упругой связи, к силе, действующей при

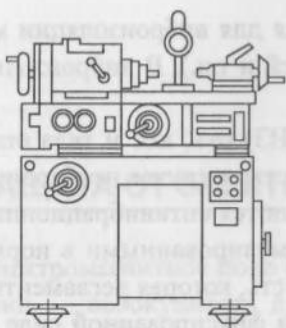


Рис. 8.15. Виброизоляция станка



Рис. 8.16. Виброизоляция рабочего места

жесткой связи. Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при $KП = 1/8 - 1/15$.

Коэффициент передачи может быть рассчитан по формуле:

$$KП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1},$$

где f — частота возмущающей силы; f_0 — собственная частота системы на виброизоляторах.

Оптимальное соотношение между f и f_0 равно 3...4.

Для виброизоляции машин с вертикальной возмущающей силой применяют виброизолирующие опоры 3-х типов: резиновые, пружинные и комбинированные (рис. 8.17).

Пружинные по сравнению с резиновыми имеют ряд преимуществ. Они могут применяться для изоляции как низких, так и высоких частот (обеспечивают любую деформацию), дольше сохраняют постоянство упругих свойств во времени, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры, относительно малогабаритны. Однако металлические пружины имеют тот недостаток, что будучи спроектированы на низкую частоту, они пропускают более высокие.

Резина имеет малую плотность, хорошо крепится к деталям, ей легко придать

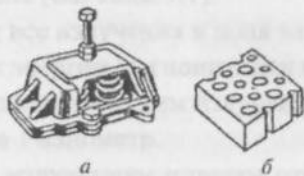


Рис. 8.17. Виброизолирующие опоры:
а — пружинные; б — резиновые

любую форму и она обычно используется для виброизоляции машин малой и средней массы (электродвигателей и т.п.). В виброизоляторах резина работает на сдвиг и (или) сжатие.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) рук, ног и тела оператора от вибрации используются на производстве в случае необходимости. В качестве СИЗ рук от вибрации применяются антивибрационные рукавицы. Основными требованиями, сформулированными в нормативной документации, являются: эффективность, которая регламентируется в частотном диапазоне 8...2000 Гц при фиксированной силе нажатия 50...200 Н; максимальная толщина упругодемпфирующего материала 5...10 мм. В зависимости от области применения средства защиты ног подразделяются на обувь, подметки и наколенники. В них используются специальные вибродемпфирующие материалы, которые ослабляют вибрацию в диапазоне частот 11...90 Гц. Для защиты тела оператора используются нагрудники, пояса и специальные костюмы. Все виды защиты снижают вибрацию максимум на 10 дБ.



9. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет собой особую форму материи — совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного и распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн (ЭМВ). Человек различает только видимый свет, который занимает лишь узкую полоску спектра ЭМВ. Глаз человека не различает ЭМП, длина волны которых больше или меньше длины световой волны, поэтому мы не видим излучений милицейского радара, передающей телевизионной башни, радиоантенны или линии электропередач. Все эти устройства, как и многие другие, использующие электрическую энергию, создают ЭМП, которые вместе с естественными полями Земли и Космоса создают сложную электромагнитную обстановку.

9.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ

Классификация электромагнитных полей, принятая в гигиенической практике, приведена в табл. 9.1.

В табл. 9.2 приведено применение электромагнитных излучений в различных технологических процессах и отраслях.

Электромагнитный спектр включает в себя две основные зоны: ионизирующее и неионизирующее излучение, которые, в свою очередь, подразделяются на отдельные виды излучения (см. табл. 9.1).

Неионизирующее излучение объединяет все излучения и поля электромагнитного спектра, у которых не хватает энергии для ионизации материи. Граница между неионизирующим и ионизирующим излучением устанавливается на длине волны примерно в 1 нанометр.

К неионизирующим электромагнитным излучениям и полям относят ЭМИ радиочастотного и оптического диапазонов, а также условно статические электрические и постоянные магнитные поля, поскольку последние, строго говоря, излучениями не являются.

Таблица 9.1
Классификация ЭМП

Название ЭМП	Название ЭМИ		Диапазон частот	Диапазон длин волн
Статические	—		0	—
Радиочастотные	Крайне низкие	КНЧ	3...30 Гц	100...10 Мм
	Сверхнизкие	СНЧ	30...300 Гц	10...1 Мм
	Инфранизкие	ИНЧ	0,3...3 кГц	1000...100 км
	Очень низкие	ОНЧ	3...30 кГц	100...10 км
	Низкие	НЧ	30...300 кГц	10...1 км
	Средние	СЧ	0,3...3 МГц	1...0,1 км
	Высокие	ВЧ	3...30 МГц	100...10 м
	Очень высокие	ОВЧ	30...300 МГц	10...1 м
	Ультравысокие	УВЧ	0,3...3 ГГц	1...0,1 м
	Сверхвысокие	СВЧ	3...30 ГГц	10...1 см
Крайне высокие	КВЧ	30...300 ГГц	10...1 мм	
				Гипервысокие
Оптические	Инфракрасные		$3...3,75 \times 10^2$ ТГц	
	Видимые		$3,75 \cdot 10^2...7,5 \cdot 10^2$ ТГц	0,8...0,4 мкм
	Ультрафиолетовые		$7,5 \cdot 10^2$ ТГц... $3 \cdot 10^4$ ПГц	400...1 нм
Ионизирующие	Рентгеновское излучение		$3 \cdot 10^2...5 \cdot 10^4$ ПГц	1000...6 пм
	Гамма-излучение		$> 5 \cdot 10^4$ ПГц	< 6 пм

В данной главе рассматриваются электромагнитные поля и излучения радиочастотного диапазона, статические электрические и постоянные магнитные поля.

Физические причины существования ЭМП связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное — вихревое электрическое: обе компоненты — напряженность электрического поля E и напряженность магнитного поля H непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. Этот феномен был описан в 1865 г. Дж. К. Максвеллом в четырех уравнениях, которые известны как уравнения Максвелла.

Таблица 9.2

Применение электромагнитных излучений

Частотно-волновая характеристика		Применение: технологический процесс, установка, отрасль
Частоты	Длины волн	
> 0 до 300 Гц	Свыше 1000 км	Электроприборы, в том числе бытового назначения, высоковольтные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, радиосвязь, научные исследования, специальная связь
0,3...3 кГц	1000...100 км	Радиосвязь, электропечи, индукционный нагрев металла, физиотерапия
3...30 кГц	100...10 км	Сверхдлинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металла (закалка, плавка, пайка), физиотерапия, УЗ-установки, видеодисплейные терминалы (ВДТ)
30...300 кГц	10...1 км	Радионавигация, связь с морскими и воздушными судами, длинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металлов, электрокоррозионная обработка, ВДТ, УЗ-установки
0,3...3 МГц	1...0,1 км	Радиосвязь и радиовещание, радионавигация, индукционный и диэлектрический нагрев материалов, медицина
3...30 МГц	100...10 м	Радиосвязь и радиовещание, международная связь, диэлектрический нагрев, медицина, установки ЯМР, нагрев плазмы
30...300 МГц	10...1 м	Радиосвязь, телевидение, медицина (физиотерапия, онкология), диэлектрический нагрев материалов, установки ЯМР, нагрев плазмы
0,3...3 ГГц	100...10 см	Радиолокация, радионавигация, радиотелефонная связь, телевидение, микроволновые печи, физиотерапия, нагрев и диагностика плазмы
3...30 ГГц	10...1 см	Радиолокация, спутниковая связь, метеолокация, радиорелейная связь, нагрев и диагностика плазмы, радиоспектроскопия
330...300 ГГц	10...1 мм	Радары, спутниковая связь, радиометеорология, медицина (физиотерапия, онкология)

Переменное электромагнитное поле распространяется в виде электромагнитных волн. *Электромагнитные волны* представляют собой взаимосвязанные колебания электрических и магнитных полей, составляющих единое электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью. Термин «излучение» означает энергию, переданную волнами.

Электромагнитные волны характеризуются набором параметров, включающих в себя частоту (f), длину волны (λ), напряженность электрического поля (E), напряженность магнитного поля (H), скорость распространения (c) и вектор плотности потока энергии (S).

Частота f определяется как количество полных изменений электрического или магнитного поля за секунду и выражается в герцах (Гц). Длина волны λ — это расстояние между двумя последовательными гребнями или впадинами волны (максимумами или минимумами).

Скорость электромагнитной волны в свободном пространстве равна скорости света, а скорость в материалах и различных средах зависит от электрических характеристик материала и среды, то есть, от диэлектрической проницаемости ϵ и магнитной проницаемости μ , характеризующих соответственно взаимодействие материала с электрическим и магнитным полями.

Биологические субстанции имеют диэлектрическую проницаемость, существенно отличающуюся от этого показателя для свободного пространства (воздуха) и зависящую от длины волны (особенно в диапазоне радиочастот) и типа ткани. Магнитная проницаемость биологических субстанций эквивалентна проницаемости свободного пространства.

Длина волны и частота колебаний связаны соотношением:

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r \mu_r}},$$

где c — скорость распространения электромагнитных волн в вакууме (воздухе), $c = 3 \cdot 10^8$ м/с; ϵ_r — относительная диэлектрическая проницаемость среды, для воздуха равна 1; μ_r — относительная магнитная проницаемость среды, для воздуха равна 1.

Распространение электромагнитной волны в свободном пространстве проиллюстрировано на рис. 9.1.

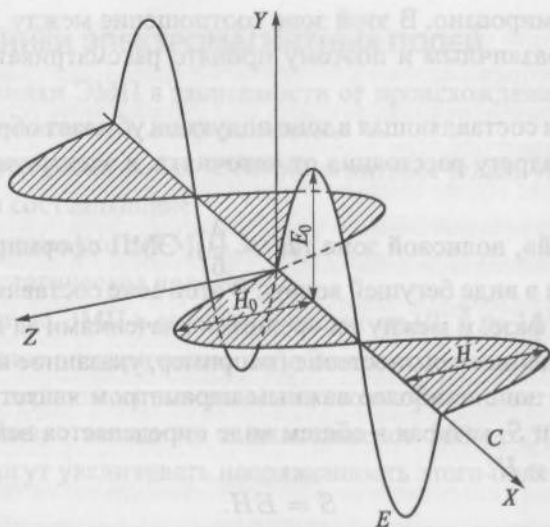


Рис. 9.1. Плоская электромагнитная волна, распространяющаяся со скоростью света в направлении «X»

В электромагнитной волне векторы напряженности электрического E и магнитного H полей всегда колеблются в одинаковых фазах, перпендикулярны друг другу и направлению распространения.

Значения E и H в любой точке связаны соотношением:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H,$$

где ε_0 и μ_0 — соответственно электрическая и магнитная постоянные, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; ε и μ — соответственно электрическая и магнитная проницаемости среды.

В вакууме и воздухе между E и H существует соотношение:

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \cdot H = 377 \cdot H.$$

Важной особенностью ЭМИ является деление его на «ближнюю» и «дальнюю» зоны.

В «ближней» зоне, или зоне индукции, находящейся на расстоянии $R \leq \frac{\lambda}{2\pi} \approx \frac{\lambda}{6}$ от источника излучения (точечного, т.е. источника, геометрические размеры которого много меньше длины волны излучения)

ЭМП не сформировано. В этой зоне соотношение между E и H может быть самым различным и поэтому принято рассматривать каждую из них отдельно.

Магнитная составляющая в зоне индукции убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника, а электрическая — кубу расстояния.

В «дальней», волновой зоне ($R > \frac{\lambda}{6}$), ЭМП сформировано и распространяется в виде бегущей волны. В этой зоне составляющие E и H изменяются в фазе, и между их средними значениями за период существует определенное соотношение (например, указанное выше).

В дальней зоне наиболее важным параметром является плотность потока энергии S , которая в общем виде определяется векторным произведением E и H :

$$S = EH.$$

На практике, как правило, при частотах ниже 300 МГц оцениваются напряженность электрического поля (E , В/м) и напряженность магнитного поля (H , А/м). И то, и другое поле является векторным, то есть характеризуется величиной и направлением в каждой точке. Для низкочастотного спектра магнитное поле часто выражается в терминах магнитной индукции B , единица измерения — тесла (Тл). Когда речь идет о полях в повседневном окружении, то удобно использовать более мелкую единицу — микротесла (мкТл). Перевод А/м в теслы (для полей в воздухе) осуществляется по формуле:

$$1 \text{ [А/м]} \approx 1,25 \text{ [мкТл]}.$$

При частотах выше 300 МГц оценивается плотность потока энергии S (Вт/м²).

Статические электрические поля представляют собой поля неподвижных электрических зарядов, либо стационарные электрические поля постоянного тока. Основными физическими параметрами являются напряженность поля (E , В/м) и потенциалы (φ , В) его отдельных точек.

Постоянные магнитные поля создаются постоянными магнитами, электромагнитами, системами постоянного тока. Основными физическими параметрами, характеризующими ПМП, являются: напряженность H (А/м) и магнитная индукция B (Тл).

9.2. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Все источники ЭМП в зависимости от происхождения подразделяются на *естественные* и *антропогенные*.

В спектре *естественных* электромагнитных полей условно можно выделить три составляющие:

- геомагнитное поле (ГМП) Земли;
- электростатическое поле Земли;
- переменные ЭМП в диапазоне частот от 10^{-3} до 10^{12} Гц.

Естественное электрическое поле Земли создается избыточным отрицательным зарядом на поверхности, его напряженность на открытой местности обычно находится в диапазоне от 100 до 500 В/м. Грозовые облака могут увеличивать напряженность этого поля до десятков – сотен кВ/м.

Геомагнитное поле Земли состоит из основного постоянного поля (его вклад 99%) и переменного поля (1%). Существование постоянно-го магнитного поля объясняется процессами, протекающими в жидком металлическом ядре Земли. В средних широтах его напряженность составляет примерно 40 А/м, у полюсов 55,7 А/м.

Переменное геомагнитное поле порождается токами в магнитосфере и ионосфере. Например, сильные возмущения магнитосферы могут быть вызваны магнитными бурями, многократно увеличивающими амплитуду переменной составляющей геомагнитного поля. Магнитные бури являются результатом проникновения в атмосферу летящих от Солнца со скоростью 1000...3000 км/с заряженных частиц, так называемого солнечного ветра, интенсивность которого обусловлена солнечной активностью (солнечными вспышками и др.).

Свой вклад в формирование естественного электромагнитного фона Земли вносит грозовая активность (0,1...15 кГц). Электромагнитные колебания на частотах 4...30 Гц существуют практически всегда. Можно предположить, что они могут служить синхронизаторами некоторых биологических процессов, поскольку являются резонансными частотами для ряда из них.

В спектр солнечного и галактического излучения, достигающего Земли, входят ЭМИ всего радиочастотного диапазона, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, видимый свет, ионизирующие излучения.

Человеческий организм излучает ЭМП с частотой выше 300 ГГц с плотностью потока энергии $0,003 \text{ Вт/м}^2$. Если общая площадь поверхности среднего человеческого тела $1,8 \text{ м}^2$, то общая излучаемая энергия приблизительно $0,0054 \text{ Вт}$.

В настоящее время впервые в мире российскими учеными выполнена разработка гигиенических рекомендаций, регламентирующих воздействие на человека ослабленных геомагнитных полей. Поводом для подобных исследований послужили жалобы на ухудшение самочувствия и состояния здоровья лиц, работающих в специализированных экранированных сооружениях, в силу своих конструктивных особенностей препятствующих проникновению внутрь них ЭМИ естественного происхождения.

Ослабленные естественные ГМП могут создаваться также в подземных сооружениях метрополитена (уровни естественных ГМП снижены в 2...5 раз), в жилых зданиях, выполненных из железобетонных конструкций (в 1,5 раза), в салонах легковых автомобилей (в 1,5...3 раза), а также в самолетах, банковских хранилищах и т.д.

При нахождении человека в условиях дефицита естественных ЭМП возникает ряд функциональных изменений в ведущих системах организма: возникает дисбаланс основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистонии мозговых сосудов, развиваются изменения со стороны сердечно-сосудистой и иммунной систем и др.

Антропогенные источники ЭМП в соответствии с международной классификацией делятся на две группы:

- источники, генерирующие крайне низкие и сверхнизкие частоты от 0 до 3 кГц;
- источники, генерирующие излучение в радиочастотном диапазоне от 3 кГц до 300 ГГц, включая СВЧ-излучение.

К первой группе относятся, в первую очередь, все системы производства, передачи и распределения электроэнергии (линии электропередач — трансформаторные подстанции, электростанции, системы электропроводки, различные кабельные системы); офисная электро- и электронная техника, транспорт на электроприводе: железнодорожный транспорт и его инфраструктура, городской — метро, троллейбусный, трамвайный.

Протяженность ЛЭП в нашей стране составляет более 4,5 млн км. Источником излучения энергии в окружающее пространство являются провода ЛЭП. Несмотря на то, что электромагнитная энергия поля промышленной частоты (50 Гц) в значительной мере поглощается почвой, напряженность поля под проводами и вблизи них может быть значительной и зависит от класса напряжения ЛЭП, нагрузки, высоты подвески, расстояния между проводами, растительного покрова, рельефа под линией.

Источниками ЭМП в диапазоне 3 кГц...300 ГГц являются передающие радиочастоты, радиостанции НЧ, СЧ, КВЧ диапазонов, радиостанции FM (87,5...10⁸ МГц), мобильные телефоны, радиолокационные станции (метеорологические, аэропортов), установки СВЧ-нагрева, ВДТ и персональные компьютеры и др.

Воздействию высоких уровней ЭМИ, создаваемых, например, передающими радиочастотами (ПРЦ) во многих случаях подвергаются не только служащие ПРЦ, но и люди, находящиеся в прилегающих домах. ПРЦ включают в себя одно или несколько технических зданий, в которых находятся радиопередатчики и антенные поля, на которых располагаются до нескольких десятков антенно-фидерных систем. Размещение ПРЦ может быть различным, например, в Москве характерно размещение в непосредственной близости или среди жилой застройки (например, Октябрьский ПРЦ).

Радиолокационные станции имеют высокую мощность и оснащены, как правило, остронаправленными антеннами кругового обзора, что приводит к значительному увеличению интенсивности ЭМИ СВЧ-диапазона и создает на местности зоны большой протяженности с высокой плотностью потока энергии. Наиболее неблагоприятные условия отмечаются в жилых районах городов, в черте которых размещаются аэропорты — Иркутск, Сочи, Ростов-на-Дону и др.

В настоящее время в России несколько миллионов человек пользуются сотовой связью. Сотовая связь состоит из сети базовых станций и ручных персональных радиотелефонов. Базовые станции расположены на расстоянии от 1 до 15 км друг от друга, образуя между собой так называемые «соты» посредством радиорелейной связи. Они обеспечивают связь с персональными радиотелефонами на частотах 450, 800, 900

и 1800 МГц. Мощность передатчиков находится в диапазоне от 2,5 до 320 Вт (как правило, 40 Вт).

Антенны базовых станций располагаются на высоте 15–50 м от поверхности Земли, в основном, на крышах зданий. При их расположении на крышах общественных, административных или жилых зданий осуществляется контроль электромагнитной обстановки, однако они не рассматриваются как потенциальные источники опасности, поскольку излучение боковых лепестков базовых антенн имеет небольшое значение.

Ручные радиотелефоны сотовой связи имеют мощность 0,2...7 Вт. Выходная мощность коррелируется с частотой: чем выше частота, тем меньше выходная мощность.

Для уменьшения последствий рекомендуется не прижимать телефон к уху, или прикладывать его во время разговора то к одному, то к другому уху и непрерывно говорить не более 2...3 минут. Некоторые ученые предлагают изменить конструкцию радиотелефона так, чтобы антенна была направлена вниз относительно уха, а еще лучше в сторону от говорящего.

Источниками ЭМП в широком диапазоне частот являются *ВДТ* и *персональные компьютеры*. На рабочих местах пользователей компьютеров с мониторами на базе электронно-лучевых трубок фиксируются достаточно высокие уровни ЭМП, что говорит об опасности их биологического действия, а распределение полей сложно и неодинаково на различных рабочих местах. Спектральная характеристика поля на рабочем месте пользователя компьютера и типичная карта электромагнитной обстановки приведены на рис. 9.2–9.4.

В промышленности высокочастотные ЭМИ используются для индукционного и диэлектрического нагрева материалов (закалка, плавка, напыление металлов, нагрев пластмасс, склейка пластиков, термообработка пищевых продуктов и др.).

Например, вблизи промышленных генераторов для высокочастотной закалки металлов, сушки древесины и т.п. напряженность электрического поля на рабочих местах может достигать нескольких сот вплоть до тысячи В/м, а напряженность магнитного поля — десятков А/м.

Источниками постоянных магнитных полей на рабочих местах являются: электромагниты и соленоиды постоянного тока, импульс-

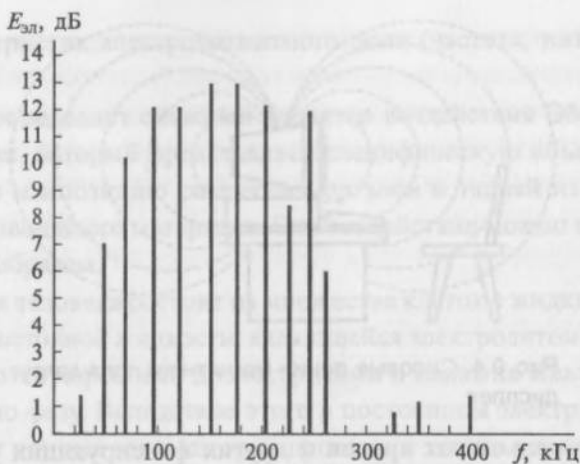


Рис. 9.2. Спектральная характеристика переменного электрического поля на рабочем месте пользователя. Монитор СМ-102, Тайвань

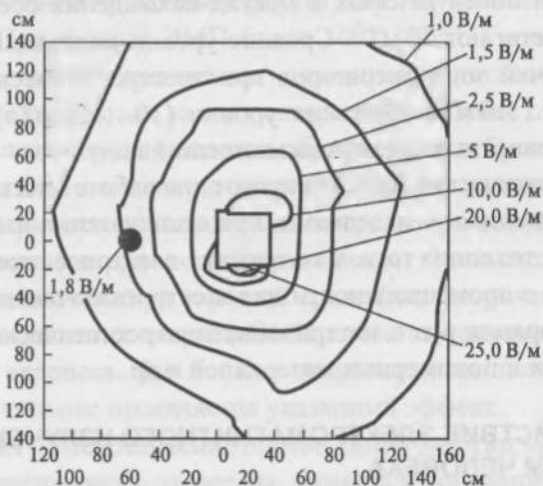


Рис. 9.3. Пример распределения переменного электрического поля на рабочем месте пользователя

ные установки полупериодного и конденсаторного типа, магнитопроводы в электрических машинах и аппаратах, литые и металлокерамические магниты, используемые в радиотехнике. Постоянные магниты и электромагниты широко используются в приборостроении, в магнит-

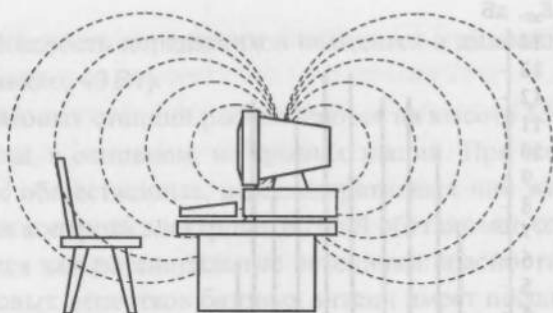


Рис. 9.4. Силовые линии магнитного поля вокруг дисплея

ных шайбах подъемных кранов и других фиксирующих устройствах, в устройствах для магнитной обработки воды, установках ядерного магнитного резонанса и др. Мощными источниками постоянного магнитного поля являются магнитогидродинамические генераторы, уровни магнитных полей которых в местах нахождения обслуживающего персонала достигают 50 мТл. Средние уровни постоянных магнитных полей в рабочей зоне операторов при электролитических процессах составляют 5...10 мТл. Высокие уровни (10...100 мТл) создаются в салонах транспортных средств на магнитной подушке.

Электростатические поля возникают при работе с легко электризуемыми материалами и изделиями, при эксплуатации высоковольтных установок постоянного тока. Статические электрические поля широко используются в промышленности для электрогазоочистки, электростатической сепарации руд и материалов, электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов и др.

9.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Взаимодействие внешних электромагнитных полей с организмом человека осуществляется путем наведения внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека зависит от следующих основных параметров:

- размер, форма, анатомическое строение тела;
- электрические и магнитные свойства тканей (электрическая и магнитная проводимость и проницаемость);

- характеристик электромагнитного поля (частота, интенсивность и др.).

Все это определяет сложный характер воздействия ЭМИ на организм человека, который представляет специфическую объемно-пространственную композицию различных органов и тканей из диэлектрического и проводящего материала. Это воздействие можно представить следующим образом.

Организм человека состоит из множества клеток с жидким содержанием и межклеточной жидкости, являющейся электролитом. Мембраны клеток являются хорошими диэлектриками и надежно изолируют внутриклеточную фазу. Вследствие этого в постоянном электрическом поле возникают ионные токи, которые протекают только по межклеточной жидкости.

В переменных ЭМП мембраны клеток теряют свойства диэлектриков. С возрастанием частоты внутриклеточная среда все больше участвует в общей ионной проводимости, что ведет к увеличению поглощения энергии. При частоте ЭМП более $10^6 \dots 10^7$ Гц ионная проводимость среды остается практически постоянной, а поглощение энергии продолжает увеличиваться за счет потерь на колебание образующихся дипольных молекул среды (главным образом воды и белков).

Таким образом, поглощение энергии ЭМИ в тканях осуществляется за счет электрического сопротивления среды при возникновении токов проводимости (потери ионной проводимости) и за счет трения (вращения) дипольных молекул в вязкой среде (диэлектрические потери). Следствием поглощения энергии ЭМИ является тепловой эффект, т.е. нагрев тканей человека. Чем больше напряженность поля и время воздействия, тем сильнее проявляется указанный эффект.

Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависит также от формы, размера и соотношения размеров тела с длиной волны излучения. С этих позиций в спектре ЭМИ можно выделить 3 области:

- ЭМИ с частотой до 30 МГц;
- ЭМИ с частотой от 30 МГц до 10 ГГц;
- ЭМИ с частотой более 10 ГГц.

Для первой области характерно быстрое падение величины поглощения с уменьшением частоты (приблизительно пропорционально

квадрату частоты). Для второй области характерно наличие ряда максимумов поглощения, при которых тело как бы втягивает в себя поле и поглощает энергии больше, чем приходится на его поперечное сечение. Это приводит к возникновению так называемых «горячих пятен». Для человека условия возникновения локальных максимумов поглощения в голове имеют место на частотах 750...2500 МГц, а максимум, обусловленный резонансом с общим размером тела, лежит в диапазоне частот 50...300 МГц.

При воздействии на организм человека ЭМИ частотой более 10 ГГц практически вся энергия поглощается в поверхностных слоях биоструктур.

Энергия проникшего в организм поля многократно отражается и преломляется в многослойной структуре тела с разной толщиной слоев тканей. Вследствие этого энергия ЭМП поглощается неодинаково, чем объясняется неодинаковое воздействие на разные ткани.

Тепловая энергия, возникшая в тканях человека, увеличивает общее тепловыделение организма. Избыточная теплота отводится до определенного предела путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. При интенсивности ЭМИ более 10 мВт/см², называемой тепловым порогом, организм не справляется с отводом образующейся теплоты, и температура тела повышается.

Наиболее чувствительны к облучению органы и ткани человека, обладающие слабо выраженной терморегуляцией (мозг, глаза, почки и др.). Перегревание тканей и органов ведет к их заболеваниям, а повышение температуры тела на 1°С и выше может привести к необратимым изменениям.

При воздействии ЭМП высоких частот, и особенно СВЧ, на живой организм имеет место и нетепловое воздействие, которое является результатом ряда микропроцессов, протекающих под действием резонансных эффектов взаимодействия внешних электромагнитных полей с внутренними полями организма.

Воздействие ЭМИ приводит к различным морфологическим и функциональным изменениям в организме человека. При кратковременном воздействии ЭМИ незначительной интенсивности эти изменения, как правило, являются обратимыми, однако при больших интенсивностях облучения или при систематическом облучении с малыми, но превышающими ПДУ интенсивностями — необратимыми.

Негативное воздействие ЭМП на человека выражается в виде торможения рефлексов, изменения биоэлектроактивности головного мозга, нарушения памяти, развития синдрома хронической депрессии, понижения кровяного давления, замедления сокращений сердца, изменения состава крови в сторону увеличения лейкоцитов и уменьшения эритроцитов, нарушений в печени и селезенке, помутнения хрусталика глаза, выпадения волос, ломкости ногтей. К ЭМП чувствительны также иммунная и репродуктивная системы.

В последнее время опубликован ряд работ о возможности развития под влиянием ЭМП аутоиммунитета, являющегося серьезной патологией иммунной системы. Аутоиммунитет основан на том, что в организме образуются антитела, направленные против собственных тканей, клеток и их составных частей, обладающие повреждающим действием.

Существуют также данные о связи ЭМИ с онкологической заболеваемостью, причем это касается как микроволнового, так и сверхдлинного диапазонов. Например, установлена более высокая частота онкологических заболеваний у военнослужащих, обслуживающих радары. Считается, что одной из причин возникновения лейкемий у детей также являются ЭМИ.

Субъективные критерии отрицательного воздействия ЭМП — головные боли, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушения сна, одышка, ухудшение зрения, повышение температуры тела.

9.4. НОРМИРОВАНИЕ ЭМП

Для предупреждения заболеваний, связанных с систематическим воздействием ЭМП, СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» устанавливают предельно допустимые уровни ЭМП, а также требования к проведению контроля уровней ЭМП на рабочих местах, методам и средствам защиты работающих.

9.4.1. Нормирование геомагнитного поля

Временные допустимые уровни ослабления геомагнитного поля (ГМП) предусматривают оценку его интенсивности внутри помещения и в открытом пространстве на территории, прилегающей к месту его расположения, с последующим расчетом коэффициента ослабления ГМП.

Интенсивность ГМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в Тл.

Коэффициент ослабления интенсивности ГМП равен отношению интенсивности ГМП открытого пространства (B_0 или H_0) к его интенсивности внутри помещения ($B_{в}$ или $H_{в}$):

$$K = |H_0| : |H_{в}|,$$

где $|H_0|$ — модуль вектора напряженности магнитного поля в открытом пространстве; $|H_{в}|$ — модуль вектора напряженности магнитного поля на рабочем месте в помещении.

Временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещениях в течение смены не должен превышать 2.

9.4.2. Нормирование электростатических полей

Нормирование электростатических полей (ЭСП) осуществляется на основании СанПиН 2.2.4.1191-03 и ГОСТ 12.1.045-84 (2001) «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

Предельно допустимая величина напряженности ЭСП на рабочих местах устанавливается в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня. Напряженность электростатического поля на рабочих местах обслуживающего персонала не должна превышать следующих величин:

- при воздействии до 1 часа — 60 кВ/м;
- при воздействии свыше 1 часа за смену величина $E_{ПДУ}$ определяется по формуле:

$$E_{ПДУ} = \frac{60}{\sqrt{t}},$$

где t — время воздействия (ч).

В диапазоне напряженностей 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ($t_{доп}$) определяется по формуле:

$$t_{доп} = (60/E_{факт})^2,$$

где $E_{факт}$ — измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

При напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

9.4.3. Нормирование постоянных магнитных полей

Оценка и нормирование ПМП осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно в зависимости 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 (H) в А/м или в единицах магнитной индукции (B) в мТл. ПДУ напряженности ПМП за 8-часовой рабочий день не должен превышать 8 кА/м при общем воздействии и 12 кА/м при локальном.

9.4.4. Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП ПЧ)

Промышленная частота токов в нашей стране составляет 50 Гц. Поскольку соответствующая частоте 50 Гц длина волны равна 6000 км, человек подвергается воздействию ЭМП в ближней зоне. В связи с этим гигиеническая оценка ЭМП ПЧ осуществляется отдельно по электрическому и магнитному полям.

Нормируемым параметром электрического поля является напряженность электрического поля (E) в кВ/м, магнитного поля — напряженность магнитного поля (H) в А/м или индукция магнитного поля (B) в мкТл. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.002-99 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» и СанПиН 2.2.4.1191-03 ПДУ ЭП ПЧ для полного рабочего дня составляет 5 кВ/м, а максимальный ПДУ для воздействия не более 10 мин — 25 кВ/м. В интервале интенсивностей 5...20 кВ/м допустимое время пребывания (t) определяется по формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2.$$

Допустимое время пребывания в электрическом поле может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность электрического поля E не должна превышать 5 кВ/м.

Предельно допустимые уровни напряженности периодических (синусоидальных) магнитных полей в зависимости от времени пребывания персонала для условий общего и локального (на конечности) воздействия приведены в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Предельно допустимые уровни МП ПЧ

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, H (А/м)/ B (мкТл) при воздействии	
	Общем	Локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

9.4.5. Нормирование ЭМП радиочастот (РЧ)

Основными нормативными документами, регламентирующими допустимые уровни воздействия ЭМП РЧ, в настоящее время являются:

- ГОСТ 12.1.006-99 «ССБТ. ЭМП радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;
- СанПиН 2.2.4./2.1.8.055-96 «ЭМИ радиочастотного диапазона»;
- СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

В диапазоне частот 10... 30 кГц основными нормируемыми параметрами являются напряженность электрического (E) и магнитного (H) полей, временной фактор учитывается в меньшей степени. ПДУ воздействия ЭМП соответственно составляют: 500 В/м и 50 А/м для полного рабочего дня и 1000 В/м и 100 А/м — для воздействия до 2-х часов за рабочий день.

Таблица 9.4

ПДУ энергетических экспозиций за рабочий день

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот (МГц)			
	0,03...3	3,0...30	30,0...300	300...300 000
ЭЭ _Е , (В/м) ² ч	20 000	7000	800	—
ЭЭ _Н , (А/м) ² ч	200	Не разработаны	Не разработаны	—
ЭЭ _{пду} , (мкВт/см ²)ч	—	—	—	200

В диапазоне частот свыше 30 кГц используется энергетический подход. Наряду с параметрами E , H , ППЭ (плотность потока энергии) нормируется энергетическая экспозиция за рабочий день (табл. 9.4). Энергетическая экспозиция выражается в диапазоне частот до 300 МГц произведением квадрата E или H на время воздействия на организм; в диапазоне частот выше 300 МГц — произведением ППЭ излучения на время воздействия:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 T, \quad (\text{В/м})^2 \text{ч};$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 T, \quad (\text{А/м})^2 \text{ч};$$

$$\text{ЭЭ}_{\text{пду}} = \text{ППЭ} T, \quad (\text{Вт/м}^2) \text{ч}.$$

Предельно допустимые уровни интенсивности ЭМИ РЧ ($E_{\text{пду}}$, $H_{\text{пду}}$, ППЭ_{пду}) в диапазоне частот 30 кГц–300 ГГц определяются в зависимости от времени воздействия T , исходя из предельно допустимой энергетической экспозиции — ЭЭ_{пду}:

$$E_{\text{пду}} = \sqrt{\frac{\text{ЭЭ}_{E \text{ пду}}}{T}};$$

$$H_{\text{пду}} = \sqrt{\frac{\text{ЭЭ}_{H \text{ пду}}}{T}};$$

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \frac{\text{ЭЭ}_{\text{ппэ пду}}}{T}.$$

При этом в любом случае они не должны превышать значений, установленных в качестве максимально допустимых (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Максимально допустимые уровни напряженности и плотности потока энергий электромагнитных полей

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)			
	0,03...3	3,0...30	30,0...300	300...300 000
E , (В/м)	500	300	80	—
H , (А/м)	50	Не разработаны	Не разработаны	—
ППЭ, мкВт/см ²	—	—	—	1000 5000*

* Для условий локального облучения кистей рук

9.4.6. Нормирование ЭМП, создаваемых ВДТ, ПЭВМ и системами сотовой связи

Особенности спектральной характеристики излучений ВДТ, ПЭВМ (представлен достаточно широкий спектр частот) и условия использования радиотелефонов с максимальным приближением к голове пользователя вызвали необходимость разработки для них отдельных гигиенических регламентов.

В соответствии с требованиями ГН 2.1.8/2.2.4.019-94 «Временные допустимые уровни воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи» для пользователей телефонами сотовой связи ПДУ ЭМИ составляет 100 мкВт/см² (1 Вт/м²).

ПДУ ЭМП, создаваемых ПЭВМ установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (табл. 9.6).

Таблица 9.6

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц... 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц... 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц... 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц... 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

9.5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЭМП

Основные требования к проведению контроля уровней ЭМИ РЧ установлены в СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «ЭМИ радиочастотного диапазона». Гигиеническая оценка облучаемости лиц, подвергающихся воздействию ЭМИ РЧ, проводится на основании определения двух параметров:

- интенсивности ЭМИ;
- времени воздействия ЭМИ.

Интенсивность ЭМИ определяется путем измерения напряженности электрического и магнитного полей в диапазоне частот ниже 300 МГц и плотности потока энергии ЭМИ в диапазоне частот выше 300 МГц.

Время воздействия излучения определяется на основании документов, регламентирующих профессиональные обязанности работников: технологических журналов и карт, а в случае необходимости — с помощью специальных хронометражных исследований.

Контроль уровней ЭМИ на рабочих местах производится не реже одного раза в год, а также при вводе в действие новых установок, при внесении изменений в конструкцию и режим работы действующих установок, после проведения ремонтных работ, при внесении изменений в средства защиты от ЭМИ, при организации новых рабочих мест.

Измерения уровней ЭМИ проводятся для всех рабочих режимов установки при максимальной используемой мощности. Измерения выполняются на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала на расстояниях от источников ЭМП, соответствующих нахождению тела работающих, на нескольких уровнях от поверхности пола или земли с определением максимального значения напряженности или плотности потока энергии для каждого рабочего места.

Контроль уровней ЭМИ необходимо проводить приборами, прошедшими государственную поверку и занесенными в государственный реестр средств измерения.

Для измерения уровней ЭМИ в диапазоне частот до 300 МГц используются приборы, предназначенные для измерения среднеквадратического значения напряженности электрического и магнитного полей, а для измерений в диапазоне частот выше 300 МГц — средних значений плотности потока энергии. Краткие сведения о некоторых наиболее распространенных приборах представлены в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Средства измерения электромагнитных полей радиочастот

Наименование прибора	Измеряемый диапазон частот	Пределы измерений	Погрешность
Измеритель напряженности ближнего поля NFM-1	ЭП: 0,06... 300 МГц МП: 0,1... 10 МГц	ЭП: 2... 1500 В/м МП: 1... 10 А/м	$\pm 20\%$
Измеритель напряженности поля ПЗ-16 (ПЗ-15; ПЗ-17)	ЭП: 0,01... 300 МГц МП: 0,01... 30 МГц	ПЗ-16 ЭП: 1... 1000 В/м МП: 0,5... 16 А/м ПЗ-15, ПЗ-17 ЭП: 1... 3000 В/м МП: 0,5... 500 А/м	± 3 дБ
Измеритель плотности потока энергии ПЗ-9	0,3... 37,5 ГГц	0,3... 8600 мкВт/см ²	$\pm 40\%$
Измеритель плотности потока энергии ПЗ-18	0,3... 39,65 ГГц	(0,5... 5) мкВт/см ² — (5... 10) мкВт/см ²	± 2 дБ

По конструктивному исполнению различают приборы двух типов:

- приборы направленного действия (с антеннами, требующими учета поляризации поля);
- приборы с изотропными датчиками, не требующими учета направления поля.

При использовании приборов первого типа (NFM-1, ПЗ-9) антенну в точке измерения поворачивают до получения максимального отсчета по шкале. Для измерения напряженности электрического поля используют датчик в виде антенны — диполя. Переменное магнитное поле измеряется с помощью замкнутой рамки, состоящей из ряда витков тонкого провода. Под действием переменного магнитного поля в рамке по закону электромагнитной индукции наводится электродвижущая сила, значение которой фиксируется измерительным устройством.

Приборы направленного действия не пригодны для оценки сложных полей, в том числе создаваемых несколькими источниками. Средства измерения ЭМИ с изотропными датчиками (ПЗ-15; ПЗ-16; ПЗ-17; ПЗ-18) лишены этого недостатка и могут применяться для оценки дальних и ближних полей, в том числе создаваемых несколькими источниками.

9.6. СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП

При несоответствии требованиям норм интенсивности ЭМП на рабочих местах в зависимости от диапазона частот, характера выполняемых работ, уровня облучения применяются различные системы защиты, которые можно разделить на две группы: пассивные и активные.

К пассивным системам защиты от ЭМИ относятся:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- рациональное размещение установок в рабочем помещении;
- выделение зон излучения;
- применение средств предупреждающей сигнализации (световая, звуковая);
- установление рациональных режимов эксплуатации установок и работы обслуживающего персонала.

К активным системам защиты от ЭМИ относятся:

- уменьшение параметров излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника излучения;
- экранирование рабочего места;
- применение средств индивидуальной защиты.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне и применяется обычно в тех случаях, когда нет возможности снизить интенсивность облучения до допустимых значений другими способами. Допустимое время пребывания в поле зависит от интенсивности облучения, что заложено непосредственно в санитарных нормах.

Защита расстоянием применяется, когда невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. В этом случае увеличивают расстояние между источником излучения и обслуживающим персоналом. Этот метод защиты основан на быстром уменьшении интенсивности поля с расстоянием.

Для ЭМП радиочастот в дальней зоне плотность потока энергии S (Вт/м²) определяется по формуле:

$$S = \frac{P}{4\pi R^2},$$

где P — мощность источника, Вт; R — расстояние до источника, м. В ближней зоне $E \equiv R^{-3}$, $H \equiv R^{-2}$.

Рациональное размещение установок в рабочем помещении используется, в первую очередь, для источников высокочастотных полей.

Электромагнитная энергия, излучаемая отдельными элементами установок при неполном экранировании или отсутствии экранов распространяется в помещениях, отражаясь от стен и перекрытий, частично проходит сквозь них и в небольшой степени рассеивается. Отраженная энергия увеличивает плотность ЭМП в помещениях.

На основании того, что E и H в зоне индукции заметно ослабевают с расстоянием, установлено, например, что на каждую действующую установку, расположенную в отдельном помещении, должно приходиться не менее 25 м^2 при мощности до 30 кВт и не менее 40 м^2 при большей мощности. В помещении не должны находиться посторонние металлические предметы, чтобы не увеличивать напряженности полей за счет отражения.

Для защиты пользователей компьютеров от ЭМИ СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлено, что площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки должна составлять не менее 6 м^2 , с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) — $4,5 \text{ м}^2$. Расстояние между боковыми поверхностями соседних мониторов должно составлять не менее 1,2 м, а между тыльной поверхностью одного монитора и экраном другого — не менее 2,0 м. Наиболее рациональным является размещение компьютеров по периметру помещения.

Выделение зон излучения производится на основании инструментальных замеров интенсивности ЭМИ. Источники ЭМИ ограждают или отмечают границу зоны яркой краской на полу помещения.

Например, охранная зона для ЛЭП промышленной частоты, отсчитываемая от проекции крайних фаз, составляет для ВЛ 220 кВ — 25 м, 750 кВ — 40 м.

Установление рационального режима работы персонала и источников ЭМИ. Например, одним из способов снижения уровня излучаемой энергии является правильный выбор генератора, т.е. для определенного технологического процесса с конкретной мощностью необходимо использовать источник соответствующей мощности, а не завышенной, включение установок производить лишь на время работы и т. д.

Организация работы с ПЭВМ осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А — работа по считыванию информации с экрана ВДТ с предварительным запросом; группа Б — работа по вводу информации, группа В — творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (табл. 9.8).

Т а б л и ц а 9.8

Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПЭВМ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, час	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	До 20 000	До 15 000	До 2,0	50	80
II	До 40 000	До 30 000	До 4,0	70	110
III	До 60 000	До 40 000	До 6,0	90	140

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него.

Если характер работы требует постоянного взаимодействия с ПЭВМ без переключения на другие виды деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10...15 минут через каждые 45...60 минут работы.

Продолжительность непрерывной работы с ВДТ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час.

При работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 часов), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов следует увеличить на 30%.

Уменьшение параметров излучения непосредственно в самом источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности.

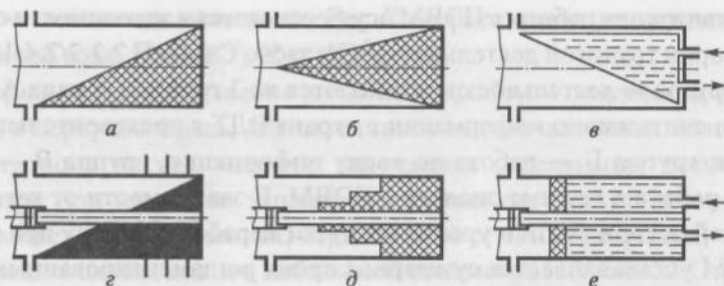


Рис. 9.5. Конструкции поглотителей мощности для волноводов и коаксиальных линий: скошенные (*a, c*); клинообразные (*b, в*); ступенчатые (*d*); в виде шайбы (*e*)

Поглотители мощности ослабляют электромагнитное излучение в 10^5 и более раз. Они представляют собой коаксиальные или волноводные линии. Поглотителем энергии служат графитовые или специальные углеродистые составы, пластмассы и другие материалы, в которых энергия электромагнитных излучений преобразуется в тепловую. Для охлаждения поглотителей мощности применяют охлаждающие ребра (рис. 9.5, *c*) или проточную воду (рис. 9.5, *в, e*).

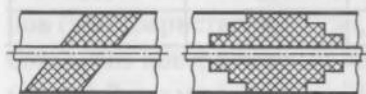


Рис. 9.6. Постоянные аттенюаторы

Уровень мощности до необходимого значения можно снизить с помощью аттенюаторов, которые бывают переменными или постоянными (рис. 9.6, 9.7). Аттенюаторы работают по принципу поглощения электромагнитных колебаний материалами с большим коэффициентом поглощения (резина, полистирол и др.). В постоянных аттенюаторах степень ослабления мощности является постоянной величиной, а в переменных может изменяться. Переменные аттенюаторы ножевого и пластинчатого типов изготавливают из диэлектрика, покрытого металлической пленкой, и

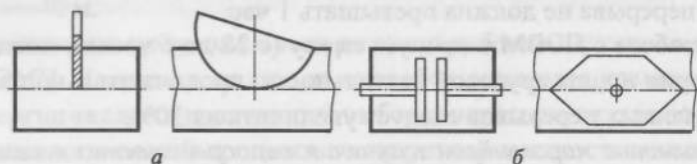


Рис. 9.7. Рис. 9.7. Переменные аттенюаторы: *a* — ножевого типа; *б* — пластинчатого типа

помещают параллельно электрическим силовым линиям ЭМП. Регулировка величины ослабления мощности производится путем изменения положения «ножа» или пластин.

Наиболее эффективным и распространенным методом защиты от воздействия ЭМП является экранирование самого источника или рабочего места.

Эффективность экранирования определяется структурой ЭМП и конструкцией экрана, прежде всего его толщиной и материалом.

Качество экранирования оценивается с помощью функций экранирования K и обратного действия B , определяемых по приведенным ниже формулам:

$$K = \frac{E^+}{E} \quad \text{и} \quad K = \frac{H^+}{H};$$

$$B = \frac{E^-}{E} \quad \text{и} \quad B = \frac{H^-}{H},$$

где E , H — соответственно напряженность электрического и магнитного полей в рассматриваемой точке при отсутствии экрана; E^+ , H^+ — напряженность электрического и магнитного полей в той же точке при наличии экрана; E^- , H^- — напряженность отраженного электрического и магнитного полей.

Прохождение гармонической электромагнитной волны сквозь плоский экран бесконечной длины схематично показано на рис. 9.8.



Рис. 9.8. Экранирование электромагнитных волн плоским экраном: а — прохождение волны сквозь экран; б — примерный амплитудный баланс

На практике эффективность экранирования оценивают, как правило, в децибелах и определяют по формулам:

$$\mathcal{E} = 20 \lg \frac{E}{E^+}, \quad \mathcal{E} = 20 \lg \frac{H}{H^+}, \quad \mathcal{E} = 20 \lg \frac{S}{S^+},$$

где S, S^+ — плотность потока энергии ЭМП в данной точке соответственно при отсутствии и наличии экрана.

Экраны делятся на две группы:

- отражающие;
- поглощающие.

Защитное действие отражающих экранов основано на том, что воздействующее ЭМП создает в экране вихревые токи, наводящие в нем вторичное поле, по амплитуде почти равное, а по фазе противоположное экранируемому полю. Результирующее поле, возникающее при сложении этих двух полей быстро убывает в экране, проникая в него на незначительную глубину.

Отражающие экраны изготавливают из хорошо проводящих материалов — стали, меди, латуни, алюминия.

Глубина проникновения ЭМП высоких и сверхвысоких частот очень мала (десятые и сотые доли миллиметра), поэтому толщину экрана выбирают в этом случае по соображениям прочности.

Конструкция замкнутого экрана, его размеры и форма, как правило, определяются экранируемым объектом. Наиболее распространенными типами экранов являются сферические, цилиндрические и плоские.

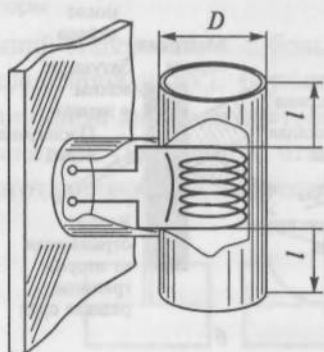


Рис. 9.9. Экранирование индуктора

В качестве примера на рис. 9.9 приведено экранирование полым металлическим цилиндром (толщиной не менее 0,5 мм) индуктора, являющегося мощной (8...200 кВт) электротермической установкой, широко используемой для нагрева и плавки металлов и работающей в диапазоне частот 60 кГц... 5,4 МГц.

В ряде случаев для экранирования высокочастотных полей применяют металлические сетки, обладающие значительно более низкими экранирующими

свойствами, чем сплошные экраны. Они позволяют ослабить плотность потока энергии максимум на 20...30 дБ (в 100...1000 раз). Однако их использование дает возможность производить осмотр и наблюдение экранируемых установок, вентиляцию и освещение экранированного пространства.

Высокая эффективность экранирования достигается при использовании сотовых решеток, вид которых и способ установки на окна приведен на рис. 9.10 и 9.11.

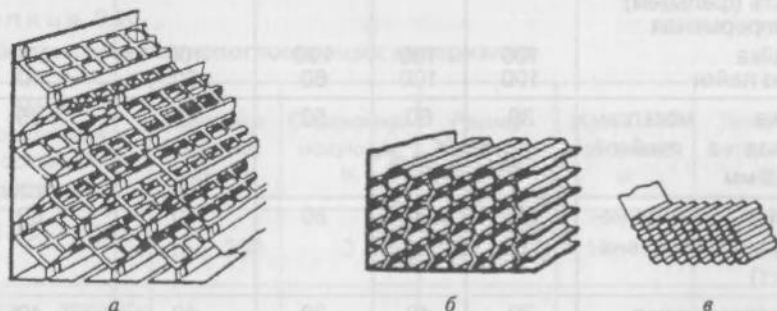


Рис. 9.10. Сотовые решетки, применяемые для экранирования ЭМП в частотных диапазонах:

а — до 1 ГГц; *б* — до 10 ГГц; *в* — до 35 ГГц

Для экранирования применяют также токопроводящие краски и материалы с металлизированной поверхностью (например, цинком). Токопроводящие краски создают на основе пленкообразующего материала с добавлением проводящих составляющих, пластификатора, отвердителя. В качестве токопроводящих элементов используют коллоидное серебро, графит, сажу, оксиды металлов, порошки меди, алюминия.

Эффективность экранирования источников ЭМП экранами различной конструкции приведена в табл. 9.9.

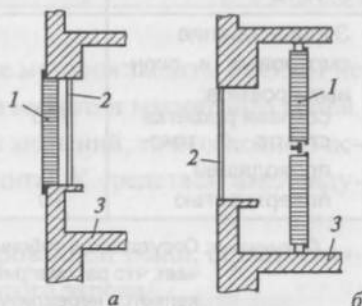


Рис. 9.11. Установка сотовых решеток на окна:

а — с наружной стороны; *б* — с внутренней стороны; 1 — сотовая решетка; 2 — оконное стекло; 3 — пол

Таблица 9.9

Эффективность экранирования различных экранов, дБ

Материал, конструкция экрана	Диапазон частот, МГц				
	0,15...3	3...30	30...300	300...3000	3000...10 000
Сталь листовая: сварка непре- рывным швом листы, скреп- ленные болтами (шаг 50 мм)	100	100	100	100	100
	75	60	—	—	—
Жесть (фальцем): непрерывная пайка без пайки	100	100	100	100	100
	100	100	60	50	40
Сетка металли- ческая с ячейкой 1–1,5 мм	80	60	50	40	25
Фольга (алюминие- вая) (склейка вна- хлест)	100	80	80	70	60
Токопроводящая краска (сопротивле- ние 6 Ом)	70	40	30	40	40
Металлизация (расход металла 0,3 кг/м ²)	100	80	60	50	40
Экранирование смотровых и окон- ных проемов: сотовая решетка стекло с токо- проводящей поверхностью	100	100	100	—	—
	70	30	—	30	30

Примечание: Отсутствие в таблице цифровых значений для отдельных экранов означает, что рассматриваемый вариант применять не рекомендуется или он является нереализуемым.

В конструктивном отношении экранирующие устройства могут представлять собой также камеры или шкафы, в которые помещают передающую аппаратуру, кожухи, ширмы, защитные козырьки, перегородки и др.

Отражающий экран обязательно должен быть заземлен.

Экраны, поглощающие электромагнитное излучение, изготавливаются в виде тонких резиновых ковриков, эластичных или жестких листов поролон или волокнистой древесины, пропитанной определенным составом, ферромагнитных пластин. В последнее время все более широкое распространение получают керамико-металлические композиции. Коэффициент отражения указанных материалов не превышает 1...3%. Характеристики некоторых радиопоглощающих материалов приведены в табл. 9.10.

Таблица 9.10

Характеристики радиопоглощающих материалов

Марка поглотителя, основной материал	Диапазон рабочих волн, см	Отраженная мощность, %	Размер пластины, м·10 ⁻³	Масса 1 м ² материала, кг	Толщина материала, мм
СВЧ-068, феррит	15...200	3	100 × 100	18...20	4
«Луч», древесное волокно	15...150	1...3	600 × 1000	—	—
В2Ф2, резина	0,8...4	2	345 × 345	4...5	11...14
«Болото», поролон	0,8...100	1...2	—	—	—

Если применение рассмотренных выше методов защиты от ЭМП не позволяет снизить напряженность электрического и магнитного полей, плотность потока энергии до нормативных значений, то необходимо использование индивидуальных средств защиты. К средствам индивидуальной защиты от ЭМП относятся:

- комбинезоны и халаты из металлизированной ткани, осуществляющие защиту человека по принципу сетчатого экрана;
- защитные очки с металлизированными стеклами, например, со стеклами, покрытыми бесцветной прозрачной пленкой диоксида олова, которая дает ослабление энергии до 30 дБ.

10. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Ионизирующие излучения — это любые излучения, которые создаются при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении ядерных частиц в веществе и способны прямо или косвенно вызывать ионизацию среды — образование заряженных атомов или молекул — ионов.

10.1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОРАЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Человек подвергается воздействию ионизирующих излучений от природных источников космического и земного происхождения, при эксплуатации и обслуживании радиоизотопных, ядерно-энергетических и ядерно-силовых установок, перевозках радионуклидов и т.п. Источники ионизирующего излучения представляют потенциальную угрозу здоровью и жизни людей.

Степень поражения организма человека ионизирующим излучением определяется многими факторами, основными из которых являются:

- вид ионизирующего излучения;
- доза облучения;
- путь воздействия ионизирующего излучения на человека (внутреннее или наружное облучение);
- поведение радионуклида в организме человека, орган накопления радионуклида.

10.1.1. Виды ионизирующего излучения

Все ионизирующие излучения по своей природе подразделяются на корпускулярные [альфа-частицы, бета-частицы, нейтроны, протоны (ядра водорода), дейтроны (ядра тяжелого водорода — дейтерия), тяжелые ионы (ядра других элементов)] и электромагнитные (гамма-, рентгеновское).

Альфа-частицы представляют собой поток ядер гелия, состоящих из двух протонов и двух нейтронов, испускаемых веществом при радиоактивном распаде или при ядерных реакциях. Альфа-частицы вылетают из радиоактивного ядра со скоростью 14 000...20 000 км/с. Энергия этих частиц не превышает нескольких МэВ, в среднем 4...5,5 МэВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$). Альфа-излучение обладает высокой ионизирующей способностью (в воздухе на 1 см пути образует несколько десятков тысяч пар ионов) и малой проникающей способностью. Например, пробег альфа-частиц достигает в воздухе 8...9 см, в живой ткани — несколько десятков микрометров. Альфа-частицы поглощаются листом бумаги.

Бета-частицы — электроны или позитроны, вылетающие из ядра при радиоактивном распаде со скоростью, близкой к скорости света (250 000...270 000 км/с).

Энергия бета-частиц не превышает нескольких МэВ. Они имеют проникающую способность в сотни раз большую, чем альфа-частицы, так как обладают значительно меньшей массой и при одинаковой с альфа-частицами энергии меньшим зарядом. Ионизирующая способность бета-частиц значительно меньше (примерно на два порядка), чем у альфа-частиц.

Типичными процессами взаимодействия альфа- и бета-частиц с веществом являются отрыв электрона от атома (ионизация) или перевод электрона с более глубокой, т.е. ближе расположенной к ядру оболочки, на более удаленную (возбуждение атома). Примерно половина энергии, переданной ионизирующим излучением веществу, в процессе взаимодействия расходуется на ионизацию, а половина — на возбуждение.

Альфа- и бета-частицы, проходя через вещество, взаимодействуют преимущественно с электронами атомов и молекул среды, отталкивая или притягивая электроны атомов или молекул в зависимости от их заряда. Вероятность взаимодействия с ядром существенно меньше, поскольку поперечные размеры ядра примерно в 10...100 тысяч раз меньше поперечного размера атома.

Для ионизации атому необходимо сообщить энергию, превышающую силы электростатического притяжения электрона к ядру. Для атомов различных химических элементов она варьируется от 4 до 25 эВ (для электронов, находящихся на внешней орбите, эта энергия мини-

мальна). Например, энергия фотонов источников видимого излучения составляет 2,0...2,5 эВ, т.е. существенно ниже потенциала ионизации атома любого химического элемента.

Энергия излучений, испускаемых при ядерных превращениях, варьируется в пределах от десятков тысяч до миллионов электронвольт. Вследствие чего, проходя через вещество альфа- и бета-частицы способны создать сотни тысяч ионизированных и возбужденных атомов. Этим обстоятельством и обусловлен особый характер воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты.

Гамма-излучение — это коротковолновое электромагнитное излучение (длина волны менее 10^{-10} м), испускаемое ядром во время перехода от высокоэнергетического состояния на более низкое, при этом количество протонов и нейтронов в ядре неизменно.

Ядро может оказаться в высоком энергетическом состоянии, например, после альфа- или бета-распада (т.е. гамма-лучи не являются самостоятельным видом радиоактивности, а сопровождают альфа- и бета-распады). Гамма-излучение также образуется при присоединении нейтрона и жестком столкновении нейтронов с ядром атома. Наиболее энергетически сильные гамма-лучи наблюдаются в космических частицах.

Гамма-излучение называют также фотонным излучением. Его скорость равна 300 000 км/с.

Энергия гамма-излучения, как правило, находится в пределах 0,01...3 МэВ. Оно обладает наибольшей проникающей способностью (например, проходит сквозь слой свинца толщиной 5 см) и относительно слабой ионизирующей способностью.

Рентгеновское излучение (X-лучи) — электромагнитное излучение, занимающее область спектра между гамма- и УФ-излучением в пределах длин волн от 10^{-12} до 10^{-5} см.

Различают тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.

Тормозное излучение — это электромагнитное излучение с непрерывным спектром, испускаемое быстрыми заряженными частицами в результате их торможения в электрическом поле. Наиболее распространенным источником рентгеновского (тормозного) излучения является рентгеновская трубка, в которой сильно ускоренные электрическим полем электроны бомбардируют анод (металлическую мишень из тяже-

рых металлов, например, вольфрама или платины), испытывая на нем резкое торможение.

Характеристическое рентгеновское излучение — это электромагнитное излучение с линейчатым спектром, возникающее после ионизации атома с выбрасыванием электрона с одной из его внутренних оболочек, при столкновениях атома с быстрой заряженной частицей или при поглощении им кванта электромагнитного излучения. Например, при выбивании электрона гамма-квантом из одной из внутренних оболочек атома, освободившееся место заполняется электронами из вышележащих оболочек, что сопровождается характеристическим рентгеновским излучением. Характеристическое излучение испускается также и анодом в рентгеновской трубке при достаточно большой энергии бомбардирующих анод электронов.

В отличие от гамма-лучей, происходящих из атомных ядер, X-лучи возникают из взаимодействия электронов.

Рентгеновское излучение обладает малой ионизирующей и большой проникающей способностью.

Гамма- и рентгеновское излучения, представляющие собой поток фотонов, относятся к классу косвенно ионизирующего излучения. Фотон, как известно, не обладает зарядом, поэтому непосредственно ионизации не производит. В процессе прохождения через вещество он взаимодействует в основном с электронами атома, передавая им часть или всю свою энергию. Образованные, так называемые, вторичные электроны в последующих процессах взаимодействия производят ионизацию. Таким образом, ионизация происходит не в первичных актах взаимодействия фотонов с веществом, а как результат передачи энергии веществу вторичными заряженными частицами.

Фотоны рентгеновских и гамма-лучей взаимодействуют с веществом и вызывают ионизацию по меньшей мере четырьмя различными способами.

1. Фотоэлектрический эффект (наиболее вероятный тип взаимодействия с веществом фотонов низких энергий).
2. Эффект Комптона (присущий, прежде всего, фотонам средних энергий).
3. Возникновение электронно-позитронной пары частиц (возможно только для фотонов с энергией, превышающей 1,02 МэВ).

4. Ядерный фотоэффект — выброс из ядра одного из нуклонов, чаще всего нейтрона (возможен только в том случае, если энергия фотона превышает энергию связи нуклонов в ядре (7...8 МэВ)).

Нейтроны — нейтральные частицы, входящие в состав всех атомных ядер. Образование свободных нейтронов возможно только в результате ядерных реакций (например, при бомбардировке атомных ядер бериллия, лития, бора альфа-частицами, при расщеплении урана).

Нейтроны, являясь электрически нейтральными частицами, не испытывают кулоновского отталкивания и поэтому могут легко проникать через электронные оболочки атомов в ядра, вызывая разнообразные ядерные превращения.

Характер ядерных реакций под действием нейтронов, их проникающая способность, зависит от их энергии и состава атомов вещества, с которым они взаимодействуют.

Нейтроны любых энергий взаимодействуют с ядрами атомов среды, напоминая столкновение бильярдных шаров. Ядра атомов, получившие в результате такого взаимодействия часть кинетической энергии нейтрона (ядра отдачи) выскакивают из электронной оболочки, и, будучи положительно заряженными, при своем движении в веществе производят ионизацию. Ядра отдачи — это лишь один из результатов взаимодействия нейтронов с веществом, который присущ, в первую очередь, нейтронам, обладающим большой энергией (больше 200 кэВ), так называемым быстрым нейтронам. Кроме того, при взаимодействии нейтронов с веществом возможны ядерные реакции, сопровождаемые вылетом заряженных частиц различного типа и фотонов, производящих в дальнейшем ионизацию, возможно также деление ядра. При расщеплении тяжелое ядро поглощает нейтрон и распадается на два более легких ядра, почти всегда радиоактивных.

Открытие явления деления ядра урана под воздействием нейтронов позволило осуществить неконтролируемую (ядерная бомба) и контролируемую (ядерный реактор) ядерные реакции, что обусловило возможность практического использования атомной энергии.

10.1.2. Дозы облучения

Ионизирующее излучение, распространяясь в среде, передает ей свою энергию, которая затрачивается на ионизацию и возбуждение атомов и молекул вещества. Поэтому для характеристики меры воздей-

ствия ионизирующего излучения на вещество принимается величина поглощенной энергии в единице массы вещества, называемая *поглощенной дозой* D .

$$D = \frac{dW}{dm},$$

где dW — средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, Дж; dm — масса вещества, кг.

Единицей поглощенной дозы ионизирующего излучения в Международной системе единиц является грей (Гр).

Изменение дозы излучения в единицу времени называется *мощностью дозы* \dot{D} :

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}.$$

В системе СИ единица мощности поглощенной дозы — 1 Гр/с.

Биологическое действие ионизирующего излучения тем больше, чем больше происходит в веществе актов ионизации под воздействием излучения, т.е. чем больше величина поглощенной дозы. При однократном облучении всего тела человека зависимость «биологический эффект — поглощенная доза» определяется следующим образом:

- до 0,25 Гр — видимых нарушений нет;
- 0,25... 0,50 Гр — незначительные быстро проходящие изменения в составе крови, медицинского вмешательства не требуется;
- 0,50... 1,0 Гр — изменения в составе крови, нарушение трудоспособности;
- 1,0... 2,0 Гр — появление начальных признаков лучевой болезни, выживание вполне вероятно;
- 3,0... 5,0 Гр — возникновение острой лучевой болезни (50% смертельный исход);
- 6,0 Гр и более — 100% смертельный исход (выживание невозможно даже при применении самой современной терапии).

Поглощенная доза в полной мере не отражает действия ионизирующего излучения на живой организм, так как биологический эффект зависит не только от величины поглощенной энергии, но и от ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения в организме, плотность ионизации и др.).

При воздействии малых доз возможный ущерб здоровью, проявляемый в виде отдаленных последствий, зависит прежде всего от *линейной*

полной энергии (ЛПЭ) L , равной отношению средней энергии $d\bar{e}$, переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl , к длине этого пути:

$$L = \frac{d\bar{e}}{dl},$$

где $d\bar{e}$ означает полную энергию, теряемую частицей во всех столкновениях с электронами. Единица ЛПЭ — кэВ/мкм.

В целях обеспечения радиационной безопасности, когда реализуются условия облучения в малых дозах, введена дозиметрическая величина — эквивалентная доза H_{TR} , позволяющая оценить возможный ущерб здоровью человека при хроническом воздействии ионизирующего излучения различного состава.

Эквивалентная доза H_{TR} равна произведению средней поглощенной дозы D_{TR} , созданной данным видом излучения в органе или ткани T , на взвешивающий коэффициент W_R (являющийся функцией ЛПЭ) для излучения R :

$$H_{TR} = W_R D_{TR}.$$

Значения W_R для различных видов излучения приведены в табл. 10.1.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения:

$$H_T = \sum_R H_{TR}.$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв).

Из представленных данных следует, что биологическая эффективность, например, альфа-частиц в 20, а тепловых нейтронов в 5 раз больше, чем бета-частиц и гамма-излучения. Следовательно, возможный ущерб здоровью человека, соответствующий эквивалентной дозе в 1 Зв, будет реализован при поглощенной дозе 1 Гр для бета-частиц и гамма-излучения, при поглощенной дозе 0,2 Гр для тепловых нейтронов ($W_R = 5$) и поглощенной дозе 0,05 Гр — для альфа-частиц.

В ряде случаев облучению подвергается не все тело, а один или несколько органов (например, при внутреннем облучении). В силу того,

Таблица 10.1

Значения коэффициентов W_R для отдельных видов излучений

Вид излучения	W_R
Фотоны любых энергий	1,0
Электроны и мюоны любых энергий	1,0
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ (тепловые)	5,0
от 10 до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2,0 МэВ	20
от 2,0 до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны (кроме протонов отдачи) с энергией более 2,0 МэВ	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

что органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки эффекта облучения всего организма или отдельных его органов используется понятие эффективной дозы E , которая также применима только для хронического облучения в малых дозах.

Эффективная доза E — основная дозиметрическая величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека или отдельных органов с учетом их радиочувствительности. E равна сумме произведений эквивалентной дозы в органе или ткани H_T на соответствующий взвешивающий коэффициент W_T для данного органа или ткани:

$$E = \sum_T W_T H_T.$$

Единица эквивалентной дозы зиверт (Зв).

Значения взвешивающих коэффициентов W_T приведены в табл. 10.2.

Из представленных данных следует, что при облучении, например, только щитовидной железы ($W_T = 0,05$) эффект по отдаленным последствиям будет составлять всего 5% от того эффекта, который может быть реализован при облучении всего тела в той же дозе.

Таблица 10.2

Значения коэффициентов W_T для различных органов и тканей

Орган или ткань	W_T
Гонады	0,20
Красный костный мозг, легкие, толстый кишечник, желудок	0,12
Молочные железы женщин, щитовидная железа, печень, пищевод, мочевого пузыря	0,05
Клетки костных поверхностей, кожа	0,01
Прочие органы	0,05
$\sum W_T = 1$	

10.1.3. Путь воздействия ионизирующего излучения на человека

Человек может подвергаться внешнему и внутреннему облучению.

Уровень внешнего воздействия существенно зависит от времени пребывания в зоне воздействия излучения. По мере удаления от источника интенсивность потока излучения уменьшается.

Внешнее облучение альфа- и бета-частицами возможно при контакте открытых участков тела, при загрязнении кожных покровов радиоактивными веществами. В этом случае облучению подвергается эпидермис.

При внутреннем облучении радиоактивные вещества поступают в организм человека ингаляционно или перорально.

После попадания в легкие радиоактивные вещества током крови разносятся по всему организму. Крупные частицы (до 0,1 мкм) оседают в трахеобронхиальной области, а меньшие частицы — в пространстве легочных альвеол, откуда через кровь поступают в различные органы и ткани организма. Из верхних дыхательных путей радионуклиды через определенный промежуток времени удаляются из организма в результате очистительных процессов. Скорость перехода радиоактивных веществ из легких в другие системы организма тем больше, чем лучше

растворимость вдыхаемых аэрозолей в физиологических жидкостях организма, в частности в лимфе крови.

При пероральном поступлении радиоактивные вещества попадают в желудок, откуда всасываются в кровь и разносятся по различным органам и тканям. Чем меньше растворимость радионуклида, тем большее его количество проходит транзитом и выводится из организма.

10.1.4. Поведение радионуклидов в организме человека

Различные химические элементы в зависимости от их роли в физиологических процессах имеют тенденцию преимущественно накапливаться в определенных органах. Например, йод накапливается в щитовидной железе, цезий — в мышцах, полоний — в селезенке, почках, натрий — равномерно по всему организму, радий, стронций, фосфор — в костной ткани. Радионуклиды данного химического элемента ведут себя в организме человека аналогичным образом, т.е. поступив в кровь из легких или ЖКТ радионуклид накапливается преимущественно в том органе, где депонируется его нерадиоактивный аналог (табл. 10.3).

Время нахождения того или иного химического элемента в организме зависит от того, насколько интенсивно он участвует в обменных

Т а б л и ц а 10.3

Органы накопления различных радионуклидов

Наименование радионуклида	Вид излучения	Орган накопления
Йод-131	Бета, гамма	Щитовидная железа, легкие, ЖКТ
Церий-144	Бета, гамма	Кость, легкие, печень
Стронций-90	Бета, гамма	Кость, легкие, ЖКТ
Цезий-137	Бета, гамма	Все тело, печень, селезенка, мышцы
Плутоний-239	Альфа, гамма	Легкие, костная ткань, ЖКТ
Америций-241	Альфа, гамма	Почки, кость, легкие, ЖКТ
Кюрий-245	Альфа, гамма	Кость, легкие
Уран-235	Альфа, гамма	Почки, кость, легкие
Торий-232	Альфа, гамма	Кость, почки, легкие, ЖКТ

процессах. Например, такие химические элементы как радий, стронций практически остаются в организме в течение всей жизни, а йод, полоний, цезий довольно быстро выводятся из организма.

Для радионуклидов время уменьшения их содержания в организме определяется эффективным периодом полувыведения $T_{эф}$ (время, в течение которого количество радионуклида в организме уменьшится вдвое):

$$T_{эф} = \frac{T_{1/2} T_6}{T_{1/2} + T_6},$$

где T_6 — период биологического полувыведения, т.е. время, в течение которого количество данного элемента уменьшается вдвое вследствие физиологических процессов; $T_{1/2}$ — период полураспада, т.е. время, за которое исходное число радиоактивных ядер уменьшится вдвое в результате естественного радиоактивного превращения ядер, происходящего самопроизвольно (периоды полураспада для радиоактивных элементов колеблются от десятиmillionных долей секунды до многих миллиардов лет).

В табл. 10.4 приведены значения эффективного периода полувыведения для ряда радионуклидов.

Роль различных органов в поддержании нормальной жизнедеятельности организма различна. Поэтому при попадании в организм степень лучевого поражения будет зависеть не только от величины дозы, но и от

Т а б л и ц а 10.4

Эффективные периоды полувыведения из различных органов для некоторых радионуклидов

Радионуклид	Орган накопления	$T_{эф}$, сут	$T_{1/2}$, сут	T_6 , сут
Тритий	Все тело	12	$4,5 \cdot 10^3$	12
Натрий-24	Все тело	11	0,63	0,6
Йод-131	Щитовидная железа	138	8,0	7,6
Цезий-137	Мышцы	140	$1,1 \cdot 10^4$	140
Церий-144	Все тело	563	290	191
Полоний-210	Селезенка	60	138,4	42

того, в каком органе преимущественно произошло накопление радионуклида.

Если радиоактивный распад данного радионуклида сопровождается альфа- или бета-излучением, вся энергия излучения будет поглощена в том органе, где накоплен радионуклид, и другие органы не будут подвергаться лучевому воздействию. Если радиоактивный распад сопровождается гамма-излучением, то облучаться будут и другие органы и ткани организма. Однако доза излучения, создаваемая гамма-излучением, будет мала по сравнению с дозой, создаваемой альфа- и бета-частицами.

10.2. ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Источник ионизирующего излучения — радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать ионизирующее излучение.

Согласно НРБ-99 и ОСПОРБ-99 на рис. 10.1 приведена классификация источников ионизирующего излучения, в соответствии с которой из

Тип	Класс	Определение
Искусственный	Изъятый	Источник, создающий при любых условиях обращения с ним тривиальные ущербы (дозы)
	Техногенный	Источник ионизирующего излучения специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности, на который распространяется действие Норм и Правил
Природный	Природный (нетехногенный)	Источник ионизирующего излучения природного происхождения, на который распространяется действие Норм и Правил
	Изъятый	Источник, создающий при любых условиях обращения с ним тривиальные ущербы (дозы)
	Исключенный	Источник, облучением которого невозможно управлять

Рис. 10.1. Классификация источников ионизирующего излучения (выделена область регулирования радиационной безопасности)

множества природных и искусственных источников выделены четыре категории. Определения природного и техногенного источников даны НРБ-99, а понятия исключенного и изъятого из области регулирования источника неявно присутствуют в п. 1.4. Нормы полностью соответствуют международным определениям. Отнесение источников к определенному классу зависит от управляемости и потенциальной опасности источника, опасности облучения при выходе такого источника из-под контроля. В соответствии с приведенной классификацией требования НРБ-99 и ОСПОРБ-99 не распространяются на источники ионизирующего излучения, облучением которых невозможно управлять и источники, создающие при любых условиях обращения с ними тривиальные ущербы.

Природные (не техногенные) источники ионизирующего излучения существуют с момента образования планеты. К ним относятся космическое излучение и естественно-радиоактивные нуклиды (ЕРН), содержащиеся в земной коре и объектах окружающей среды.

Эффективная доза, создаваемая космическими излучениями на уровне моря, составляет 0,32 мЗв в год.

Есть основания полагать, что на заре формирования нашей планеты в земной коре имелись радионуклиды практически всех химических элементов, но до настоящего времени сохранились в заметных количествах те радионуклиды, которые обладают большими периодами полураспада, в первую очередь, такие как калий-40 ($T_{1/2} = 1,3$ млрд лет), уран-238 ($T_{1/2} = 4,5$ млрд лет), уран-235 (0,7 млрд лет) и торий-232 (14 млрд лет).

Основной вклад во внешнее облучение людей излучением естественных радионуклидов, содержащихся в почве, вносят калий-40, а также радий и его радиоактивные продукты распада.

Для 95% населения земного шара годовая эффективная доза внешнего облучения, обусловленная гамма-излучением естественных радионуклидов, составляет в среднем 0,35 мЗв. Мощность эффективной дозы от природных источников на территории России находится в пределах 0,05–0,12 мкЗв/ч.

Эффективная доза внутреннего облучения, формируемая естественными радионуклидами (калием-40, полонием-210, радием и продуктами его распада), составляет примерно 0,33 мЗв.

В процессе использования той или иной технологии человеком возможно локальное изменение распределения естественных источников

радиации, что повышает уровень облучения (*природные (техногенные) источники* излучения). Такое повышенное облучение возникает:

- при полетах на самолете;
- в результате выбросов естественных радионуклидов при сжигании каменного угля и природного газа;
- при использовании фосфорных удобрений в сельском хозяйстве и продуктов переработки фосфоритов в промышленности (фосфориты содержат продукты распада урана-238).

Дополнительное облучение от рассмотренных источников в глобальных масштабах пока еще невелико и составляет около 2% от годовой эффективной дозы, обусловленной естественным радиационным фоном. Однако при некоторых видах человеческой деятельности этот вклад может стать существенным по сравнению с естественным фоном. В частности, это касается увеличения применения фосфатных удобрений, использования фосфогипса в строительстве, отвалов урановой руды в дорожном строительстве и т.д.

Дополнительное облучение человека наблюдается также вследствие его пребывания в помещении. Основным радиоактивным элементом, накапливающимся в помещении, является радон, поступающий из почвы, из используемой воды и природного газа. Эффективная доза, обусловленная накоплением радона в помещениях, составляет 1,6 мЗв в год.

Искусственные (техногенные) источники излучения — это источники ионизирующего излучения, созданные самим человеком (рентгеновские аппараты, ускорители, ядерные реакторы, термоядерные установки, искусственно-радиоактивные радионуклиды). По мере расширения масштабов использования атомной энергии число таких источников и их мощность растут.

Что касается такого глобального техногенного источника радиации, как радионуклиды (в основном цезия-137, стронция-90), выпадающие на поверхность Земли из стратосферы, где они накопились в результате испытаний атомного оружия, то их вклад в настоящее время составляет 1...2% от естественного фона. В период интенсивных испытаний атомного оружия в воздухе эквивалентная доза, обусловленная глобальными выпадениями достигала 0,6...0,7 мЗв/год. Снижению роли этого фактора способствовало запрещение в 1963 г. испытаний атомного оружия в трех средах (атмосфере, под водой и в космосе).

После Чернобыльской катастрофы особое внимание уделяется такому техногенному источнику, как атомные электростанции. Однако опыт эксплуатации АЭС показывает, что при нормальной работе атомных реакторов радиоактивные выбросы настолько малы, что даже вблизи АЭС практически невозможно обнаружить повышенные, по сравнению с естественным фоном, уровни радиации.

Источники ионизирующих излучений применяются не только при производстве ядерной энергии и ядерного оружия, но и для решения многих научных и производственных задач. Применение некоторых из них в отдельных отраслях промышленности указано в табл. 10.5.

В качестве примера на рис. 10.2 приведена модель воздействия естественных и искусственных источников ионизирующего излучения на

Таблица 10.5

Источники ионизирующих излучений, применяемые в некоторых отраслях промышленности

Виды работ	Перечень задач	Источник излучения	Регистрируемое излучение
Машино-, аппарато- и приборострое- ние	Дефектоскопия и рентгено-структурный анализ	Ускорители, ^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{170}Tm Бетатроны с энерги- ей от 6 до 35 МэВ	X-лучи, β , нейтроны
Эксплуатация строитель- ных машин, строительство трубопрово- дов	Исследование износа деталей машин, вы- явление дефектов при сварке, контроль плот- ности строительных конструкций. Опре- деление влажности грунтов и стройматери- алов	^{45}Ca , ^{210}Po , ^{82}Br , ^{32}P , ^{59}Fe , ^{125}Sn , ^{51}Cr , ^{187}W , ^{204}Tl , ^{192}Ir , ^{60}Co , ^{137}Cs и др.	α , β , γ , X-лучи
Бурение неф- тяных и газо- вых скважин	Контроль за движением бурового раствора по колонне и цемента в за- трубном пространстве, исследовательские ра- боты, обнаружение тре- щин и раковин в обору- довании и др.	Искусственные источники α и β излучений: ^{210}Po , ^{235}U , ^{239}Pu , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{226}Ra Радиоактивные изо- топы ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{239}Pu и др.	α , β α , β , γ

Виды работ	Перечень задач	Источник излучения	Регистрируемое излучение
Геофизические исследования нефтегазовых скважин	Комплекс промыслово-геофизических исследований для получения информации о разрезе путем измерений уровней и спектров излучений Наладка ядерно-геофизической аппаратуры	^{210}Po , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{226}Ra , нейтроны, бериллиевый и радий-бериллиевый источники	α , β , γ , нейтроны
		Искусственные источники гамма-излучения: ^{75}Se , ^{170}Tm , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{60}Co	γ
		Изотопные нейтронные источники, генераторы нейтронов, ядерный реактор	нейтроны, γ

работников при добыче и подготовке нефти в нефтегазодобывающем управлении (на площадке установки подготовки нефти и площадке насосов и труб поддержания пластового давления).

10.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

10.3.1. Механизм действия ионизирующего излучения

Биологическое действие ионизирующего излучения можно условно разделить на:

1. Первичные физико-химические процессы, возникающие в молекулах живых клеток.
2. Нарушение функций целого организма как следствие первичных процессов.

Первичные процессы обусловлены поглощением энергии ионизирующего излучения в живой ткани, воздействие которого на организм человека может быть прямым и косвенным.

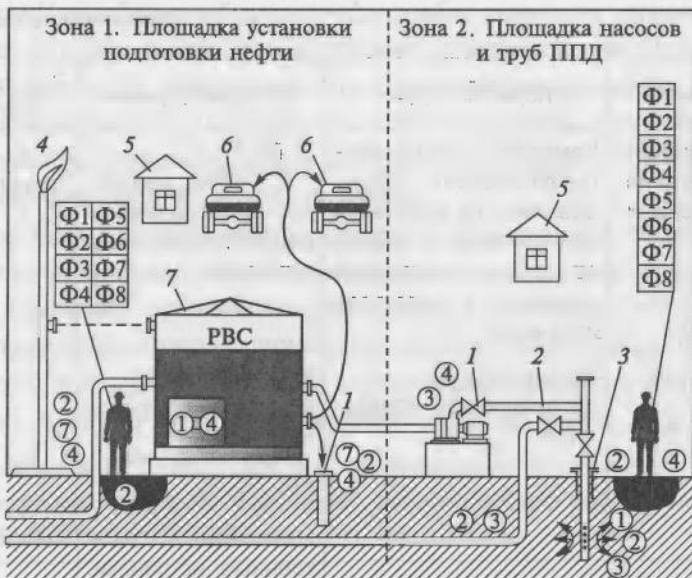


Рис. 10.2. Модель воздействия радионуклидов на работников при добыче и подготовке нефти:

Оборудование, здания и сооружения обозначены цифрами: 1 — колодец промышленного стока; 2 — насос поддержания пластового давления (ППД); 3 — скважина ППД; 4 — трубопровод ППД; 5 — производственное помещение; 6 — транспортно-технологические машины; 7 — отстойник (PBC).

Цифрами в сером кружке обозначен механизм накопления и перераспределения радионуклидов: 1 — выделение радионуклидов из пластовой воды; 2 — попадание радионуклидов в грунт в местах протечки пластовой воды, россыпи нефтешлама, местах размещения радионуклиды на стенках трубопроводов, насосов, арматуры; 3 — образование отложений, содержащих радионуклиды в земляных амбарах (в прошлые годы); 4 — выделение радона из отложений, нефтешлама, грунта, пластовой воды, попутного газа; 5 — образование консистентных нефтешламов в емкостном оборудовании с малым содержанием радионуклидов; 6 — образование сыпучих нефтешламов в емкостном оборудовании с повышенным содержанием радионуклидов; 7 — россыпь сыпучих и пролив консистентных нефтешламов на грунт, осаждение аэрозолей.

Радиационный фактор: Ф1 — внешнее гамма-облучение от нефтешлама через стенки оборудования; Ф2 — внешнее гамма-облучение от загрязненного грунта площадки; Ф3 — внешнее гамма-облучение в производственном помещении с повышенным фоном; Ф4 — внешнее гамма-облучение от открытого нефтешлама при зачистке и ремонте оборудования; Ф5 — внешнее бета-облучение от открытого нефтешлама; Ф6 — внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение радоном, торонам и их дочерними продуктами; Ф7 — внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение радионуклидами от вдыхаемой пыли; Ф8 — внутреннее альфа-, бета- и гамма-облучение радионуклидами через загрязненные руки

Прямое воздействие излучения заключается в процессах ионизации и возбуждения атомов и молекул. В возбужденном состоянии молекула может находиться $10^{-13} \dots 10^{-14}$ с. В течение этого времени энергия возбуждения может трансформироваться в колебательную и сконцентрироваться на одной из химических связей, что приведет к развалу молекулы и отрыву от нее какого-либо фрагмента. Следствием акта ионизации является быстрое изменение электромагнитного поля молекулы, приводящее к разрыву 10...15 химических связей. Прямое действие ионизирующего излучения может вызвать расщепление молекул белка, разрыв наименее прочных связей, отрыв радикалов.

Под косвенным действием ионизирующего излучения понимают радиационно-химические изменения, обусловленные продуктами радиолиза воды (из которой на 60...70% по массе состоит тело человека), образующими свободные радикалы H^* и OH^* . В присутствии кислорода образуется также свободный радикал гидропероксида HO_2^* и пероксида водорода, являющихся сильными окислителями.

Свободные радикалы обладают высокой химической активностью. Они вступают в химические реакции с молекулами белка, ферментов и других структурных элементов биологической ткани, в результате чего нарушаются обменные процессы, подавляется активность ферментных систем, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные организму — токсины. Индуцированные свободными радикалами химические реакции развиваются и вовлекают в этот процесс многие сотни и тысячи молекул, не затронутых излучением. Это приводит к нарушению деятельности отдельных функций или систем организма в целом.

Никакой другой вид энергии (тепловой, электрической и др.), поглощенной биологическим объектом в том же количестве, не приводит к таким изменениям, какие вызывает ионизирующее излучение. Например, при дозе излучения, вызывающей гибель живого организма, эквивалентная величина тепловой энергии не больше энергии, заключенной в стакане горячего чая.

Для человека крайне тяжелая степень лучевой болезни при общем остром облучении гамма-излучением соответствует поглощенной энергии 6 Грей или 420 Дж на все тело (70 кг). Если эту энергию подвести в виде тепла, то она повысит температуру тела не более чем на $0,01^\circ C$.

Под действием первичных процессов в клетках возникают функциональные изменения, подчиняющиеся уже биологическим законам жизни и гибели клеток, наиболее важными из которых являются:

- повреждение механизма деления и хромосомного аппарата облученной клетки;
- блокирование процессов обновления и дифференцирования клеток;
- блокирование процессов и последующей физиологической регенерации тканей.

Изменения на клеточном уровне, гибель клеток приводят к таким нарушениям в тканях, в функциях отдельных органов, которые вызывают различные негативные последствия для организма или его гибель.

10.3.2. Эффекты облучения

При оценке опасности облучения, которой могут подвергаться отдельные контингенты людей, радиационные эффекты принято дифференцировать на соматические и генетические.

К соматическим (телесным) эффектам относятся те изменения в состоянии здоровья, которые произошли у данного индивидуума в результате облучения. Соматические эффекты проявляются в виде:

- детерминированных эффектов, возникающих через сравнительно короткий промежуток времени (часы, дни);
- вероятностных (стохастических) эффектов, проявляющихся не сразу, в отдаленные сроки жизни.

К детерминированным относятся такие клинически выявляемые вредные биологические эффекты, как, например, лучевая болезнь различной тяжести, локальные лучевые повреждения отдельных органов и тканей и др.

Для детерминированных эффектов характерно наличие связи между уровнем облучения и реакцией организма. Они имеют порог, ниже которого эффект отсутствует, а выше — тяжесть эффекта зависит от дозы.

Детерминированные эффекты проявляются при достаточно высоком или аварийном облучении всего тела или отдельных органов. Порог эффекта зависит от органа или ткани.

При однократном облучении всего тела в дозе до 0,5 Зв детерминированные эффекты не проявляются — нельзя обнаружить какие-либо

изменения в состоянии здоровья человека, а также изменение крови, которая, в первую очередь, реагирует на лучевое воздействие. Различные формы лучевой болезни развиваются при дозах выше 1 Зв. Крайне тяжелая форма лучевой болезни, приводящая к смертельному исходу в 100% случаев наблюдается при дозе, превышающей 6 Зв. Причиной смерти являются инфицированные заболевания и кровоизлияния.

При систематическом облучении в дозах, не вызывающих острой лучевой болезни, но значительно превышающих предельно допустимый уровень, может развиваться хроническая лучевая болезнь, наиболее характерными признаками которой являются изменения в составе крови (уменьшение числа лейкоцитов, малокровие) и некоторые симптомы со стороны нервной системы.

Реакция организма на облучение может проявиться и в отдаленные сроки — через 10...20 лет (стохастические эффекты). Такими реакциями могут быть лейкозы, злокачественные опухоли различных органов и тканей, сокращение продолжительности жизни (старение, ведущее к преждевременной смерти, не связанное с какой-либо определенной причиной).

Стохастические эффекты облучения не имеют дозового порога возникновения, пропорциональна дозе только вероятность их возникновения, а тяжесть их проявления от дозы не зависит. Так, например, не исключается образование злокачественных новообразований, индуцированных излучением, и при малых дозах облучения.

При воздействии ионизирующего излучения на организм может произойти повреждение наследственных структур, в результате которых неблагоприятные последствия облучения проявляются в последующих поколениях. Это так называемые генетические эффекты. Генетические эффекты также как и стохастические, не исключаются при малых дозах и условно не имеют порога.

Под воздействием ионизирующего излучения могут возникать стойкие нарушения половых клеток, приводящие к мутациям, т.е. к появлению у облученных людей потомства с другими признаками. Такие изменения признаков могут быть как полезными, так и вредными. Большинство мутаций являются вредными.

Генетические эффекты появляются не всегда. Так, например, не обнаружено генетических последствий у 70 тыс. детей, родители которых пережили атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки.

Накопленные к настоящему времени данные дают основание полагать, что удвоение числа генетических нарушений у новорожденных может наблюдаться при дозе 1 Зв. Вероятность выхода генетических последствий на единицу дозы примерно в 3 раза меньше, чем соматических.

10.4. НОРМИРОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Допустимые уровни облучения людей при различных аспектах использования атомной энергии в виде основных пределов доз регламентированы Законом РФ «О радиационной безопасности населения» и «Нормами радиационной безопасности» НРБ-99. Приведенные в указанных документах нормативы базируются на рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите, изложенных в Публикациях 60 и 61 и принятых в 1990 г.

Регламентируемые НРБ-99 значения устанавливаются для двух категорий облучаемых лиц:

- 1) персонал (группы А и Б);
- 2) население.

К персоналу группы А относятся лица, которые непосредственно работают с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. К персоналу группы Б — лица, которые в процессе производственной деятельности непосредственно не работают с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, но по размещению рабочих мест могут подвергаться радиационному воздействию.

Для указанных категорий облучаемых лиц установлено три класса нормативных требований к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях:

- 1) основные пределы доз, приведенные в табл. 10.6;
- 2) допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, одного пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: допустимые среднегодовые объемные активности и среднегодовые удельные активности, допустимая среднегодовая плотность потока и др.;
- 3) контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.) устанавливаются администрацией учреждения по согласова-

нию с органами Госсанэпиднадзора. Их значения учитывают достигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивают условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Таблица 10.6

Основные пределы доз облучения в нормальных условиях эксплуатации источника излучения

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	Персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

* — допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам. ** — Основные пределы доз персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А.

Основные пределы доз не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, установленных в табл. 10.6.

В НРБ-99 регламентируется только годовой предел дозы, т.е. не накладывается ограничений на уровень облучения за рабочий день, неделю, квартал. Это значит, что разрешается и однократное облучение в дозе равной годовому пределу. Накладывается ограничение лишь на облучение женщин в возрасте до 45 лет в течение календарного года в целях уменьшения вероятности генетических последствий. Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за

Таблица 10.7

Параметры для определения значений нормируемых эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей

Нормируемая величина	Параметр чувствительной области облучаемого органа или ткани
Эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	Тонкий слой, расположенный на глубине 300 мг/см^2 под поверхностью органа
Эквивалентная доза облучения кожи	При облучении кожи всего тела за исключением кожи ладоней — плоский слой с площадью сечения в 1 см^2 и толщиной 5 мг/см^2 , расположенный под покровным слоем толщиной 5 мг/см^2 . При облучении кожи ладоней — плоский слой с площадью сечения 1 см^2 и толщиной 5 мг/см^2 , расположенный под покровным слоем толщиной 40 мг/см^2 .
Эквивалентная доза облучения на поверхности нижней части области живота женщин	Тонкий слой, расположенный на глубине 1000 мг/см^2

Примечание: Толщина слоя вещества d , через которое проходит излучение, измеряется в г/см^2 или мг/см^2 : $d = r\rho$, где r — толщина поглотителя, см; ρ — плотность вещества, г/см^3 . Например, если $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ (биологическая ткань), то значение $d = 300 \text{ мг/см}^2$ эквивалентно толщине слоя в 3 мм.

год не должно превышать 1/20 предела годового поступления для персонала.

Нормами регламентируется также эффективная доза для персонала, накопленная за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 МЗв .

НРБ-99 разрешается планируемое повышение облучения персонала в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения при ликвидации или предупреждении аварии с разрешения территориальных или федеральных органов Госсанэпиднадзора. В случае облучения персонала в условиях планируемого повышенного облучения нормируются дозиметрические величины, представленные в табл. 10.8.

В НРБ-99 установлены также требования к защите от природного облучения в производственных условиях.

Эффективная доза облучения природными источниками всех работников в производственных условиях не должна превышать 5 МЗв в год.

Таблица 10.8

Нормируемые величины планируемого повышенного облучения

Нормируемая величина	Граничное значение, мЗв
Эффективная доза повышенного облучения	200
Эквивалентная доза повышенного облучения:	
хрусталика глаза	600
кожи	2000
кистей и стоп	2000

10.5. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Радиационная безопасность — это состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Система законодательного и методического обеспечения радиационной безопасности представлена на рис. 10.3.

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

Принцип обоснования — запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением.

Принцип оптимизации — поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз (ниже пределов, установленных НРБ-99) облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения.

Принцип нормирования заключается в непревышении допустимых пределов индивидуальных доз облучения, установленных НРБ-99.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается выполнением следующих организационных и инженерно-технических мероприятий:



Рис. 10.3. Иерархическая система законодательного и методического обеспечения радиационной безопасности

- применением средств коллективной защиты;
- применением средств индивидуальной защиты;
- ограничением допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другими показателями;
- обучением работников правилам безопасной работы с источниками излучения;
- уменьшением мощности источников до минимальных величин (защита количеством);
- сокращением времени работы с источником (защита временем);
- увеличением расстояния от источников до работающих (защита расстоянием);
- проведением контроля профессионального облучения;
- организацией системы информации о радиационной обстановке;
- проведением эффективных мероприятий по защите персонала при планировании повышенного облучения в случае угрозы и возникновения аварии.

10.5.1. Средства защиты от ионизирующего излучения

Для защиты от ионизирующих излучений применяются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Классификация средств коллективной защиты от ионизирующего излучения дана в ГОСТ 12.4.120-83 (88) «ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования» и приведена на рис. 10.4.

Средства коллективной защиты должны исключать непосредственный контакт персонала с радиоактивными веществами или уменьшать воздействие ионизирующих излучений на работающих до допустимых уровней. Они должны быть устойчивыми к механическим, химическим, температурным и атмосферным воздействиям; обладать стойкостью к применяемым веществам, реактивам, десорбирующим кислым и щелочным растворам и иметь гладкую поверхность и влагостойкие слабосорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений.

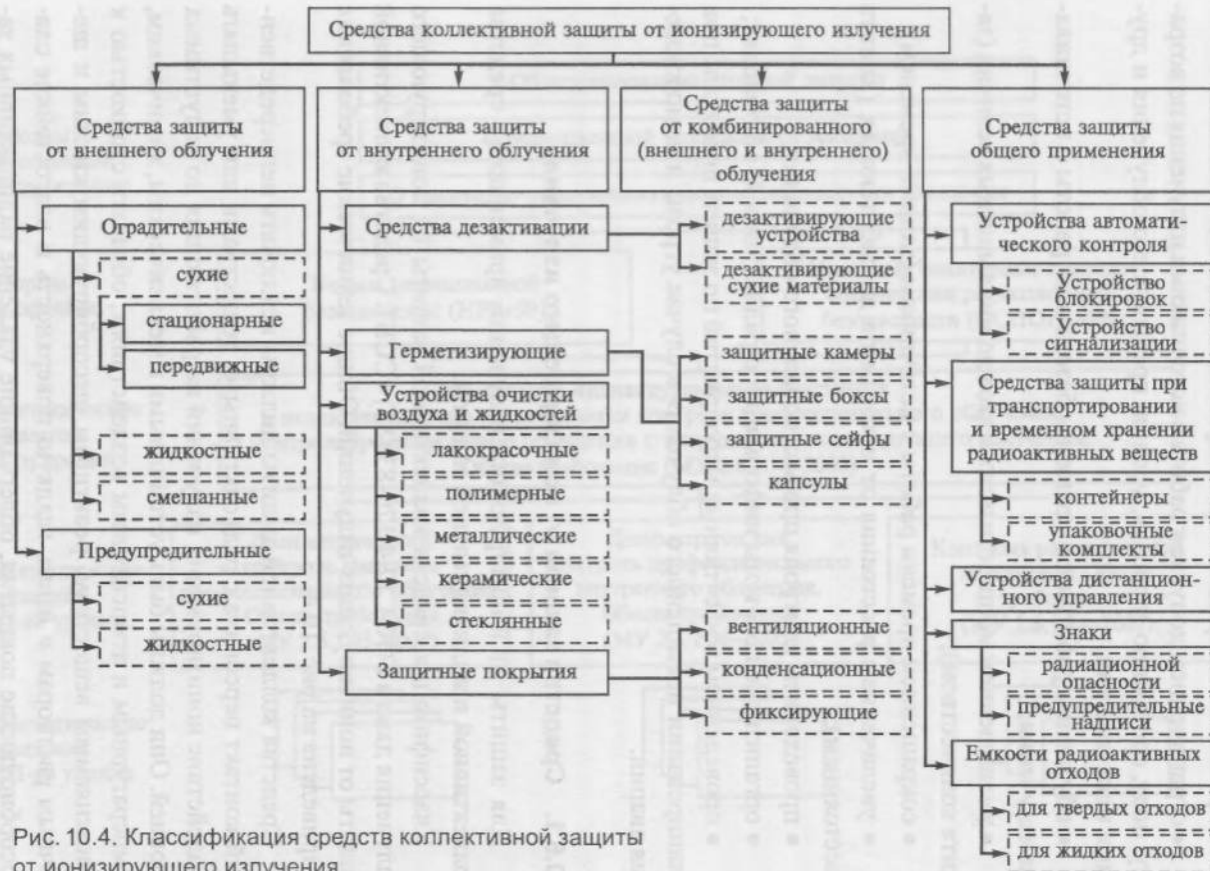


Рис. 10.4. Классификация средств коллективной защиты от ионизирующего излучения

Наиболее широко используемым средством коллективной защиты от ионизирующего излучения является экранирование. Под термином «экран» понимают передвижные или стационарные оградительные устройства (например, щиты), предназначенные для поглощения или ослабления ионизирующего излучения. Экранами служат также стенки сейфов для хранения радиоактивных изотопов, стенки боксов, защитных камер и др.

Эффективность экранов определяется, в первую очередь, материалом, из которого они выполнены, и толщиной.

Выбор материала для защитного экрана производится с учетом защитных и механических свойств, плотности и стоимости.

Защитные свойства экрана определяются, прежде всего, преобладающим видом излучения.

Для защиты от альфа-излучения достаточен слой воздуха в несколько сантиметров, т.е. небольшое удаление от источника. Применяют также тонкую фольгу, лист бумаги, экраны из плексигласа и стекла, толщиной в несколько миллиметров.

Бета-частицы, так же как альфа-частицы, обладая очень высокой плотностью ионизации, теряют свою энергию и поглощаются в сравнительно тонких слоях вещества. Однако они при прохождении через вещество расходуют свою энергию не только на ионизационные, но и радиационные потери, заключающиеся в торможении бета-частиц внешним полем ядер или электронов поглотителя, приводящим к образованию тормозного излучения. В связи с этим экраны для защиты от бета-излучения изготавливают из материалов с малой атомной массой (например, алюминия), которые дают наименьшее тормозное излучение.

Защитные свойства материалов от нейтронного излучения определяются их замедляющей и поглощающей способностью, степенью активации.

Быстрые нейтроны наиболее эффективно замедляются веществами с малым атомным номером. К таким материалам относятся графит, а также водородосодержащие вещества (легкая и тяжелая вода, пластмассы, полиэтилен, парафин). Защита из воды конструктивно выполняется в виде секционных баков из стали и других материалов.

Для эффективного поглощения тепловых нейтронов применяются соединения с бором — борная сталь, бораль, борный графит, карбид бора, а также кадмий, бетон (на лимонитовых и других рудах).

Гамма-излучение наиболее эффективно ослабляется материалами с большим атомным номером и высокой плотностью (свинец, сталь, бетон на магнетитовых рудах, свинцовое стекло).

Для комбинированной защиты от нейтронов и гамма-излучения используют смеси тяжелых материалов с водой или водородосодержащими материалами, а также экраны, состоящие из нескольких слоев из тяжелых и легких материалов (свинец–полиэтилен, железо–вода и др.).

Толщина защитных экранов из различных материалов определяется в первую очередь интенсивностью излучения, расстоянием персонала от источника и временем пребывания в зоне воздействия излучения.

Для определения толщины защиты от фотонного излучения на практике широко применяются универсальные таблицы, построенные на основании расчетных и экспериментальных данных. Входными параметрами этих таблиц являются энергия фотонов E и кратность ослабления k , под которой понимают отношение эквивалентной дозы или мощности эквивалентной дозы при отсутствии защиты к аналогичным величинам за защитным экраном толщиной d (табл. 10.9).

Т а б л и ц а 10.9

Толщина защитного экрана d , см, из различных материалов

k	Энергия гамма-излучения, МэВ					
	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0	10,0
Бетон ($\rho = 2,3 \text{ г/см}^3$)						
1,5	2,6	8,2	8,5	8,81	10,0	11,7
10	8,2	25,8	29,9	37,6	47,5	54,0
100	11,5	39,9	50,5	65,7	84,5	105,1
1000	15,5	55,2	70,4	92,7	120,9	155,0
10^5	30,5	82,8	106,8	144,4	191,4	248,9
10^7	64,0	110,3	142,0	194,9	259,4	340,5
Железо ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$)						
1,5	0,5	1,8	2,3	2,5	2,5	2,2
10	2,1	6,2	8,5	11,0	12,5	12,0
100	3,8	10,2	14,7	19,7	23,4	23,6
1000	5,0	14,7	20,4	28,0	33,7	35,2
10^5	8,5	22,7	31,8	43,5	53,0	57,7
10^7	11,6	30,5	42,4	58,6	72,8	79,3

k	Энергия гамма-излучения, МэВ					
	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0	10,0
Свинец ($\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$)						
1,5	0,05	0,2	0,8	1,2	1,2	0,9
10	0,3	1,6	3,8	5,9	6,4	4,2
100	0,5	3,0	7,0	11,3	12,1	8,7
1000	0,7	4,4	10,2	16,5	17,8	13,3
10^5	1,15	7,2	16,5	26,2	28,9	22,9
10^7	1,7	10,1	22,5	35,8	39,9	32,5
Вольфрам ($\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$)						
1,5	0,04	0,28	0,70	1,00	0,8	0,5
10	0,21	1,1	2,4	3,8	4,1	2,9
100	0,38	2,1	4,5	7,0	8,0	5,7
1000	0,52	3,0	6,5	10,2	11,9	8,7
10^5	0,83	5,0	10,7	16,6	19,5	14,6
10^7	1,2	7,0	14,9	22,8	27,0	20,5

Для определения толщины защиты от нейтронов, например, из воды на практике широко применяются номограммы. На рис. 10.5, а показана номограмма первого типа, связывающая мощность данного источника S_0 , расстояние от источника до точки детектирования R и толщину водной защиты d . Номограмма построена для продолжительности облучения 36 часов в неделю и предельно допустимой дозы для персонала, равной 1 мЗв/неделя.

На рис. 10.5, б приведена номограмма второго типа, которая показывает зависимость кратности ослабления k от толщины водной защиты для различных источников нейтронов.

Все лица, работающие с источниками излучения или посещающие участки, где производятся такие работы, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты в соответствии с видом и классом работ.

При работах 1 класса (наиболее опасных) и при отдельных работах второго класса работающие обеспечиваются основным комплектом СИЗ, включающим: спецбелье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спецобувь, шапочку, перчатки, полотенца и одноразовые носовые платки, а также средства защиты органов дыхания.

Фильтрующие средства защиты органов дыхания применяются при работах в условиях возможного аэрозольного загрязнения воздуха по-

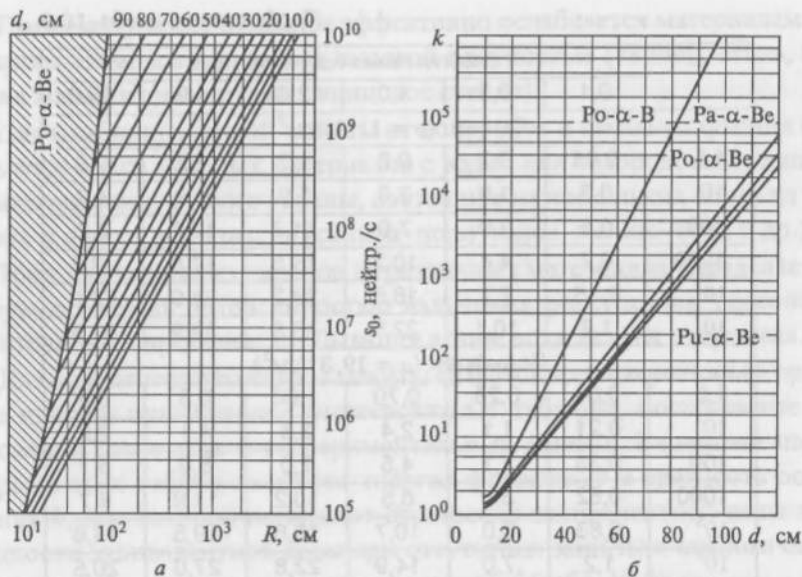


Рис. 10.5. *а* — номограмма для расчета водной защиты от нейтронов Po-α-Be-источника; *б* — номограмма для расчета защиты от нейтронов по кратности ослабления водой для различных источников

мещений радиоактивными веществами (работа с порошками, выпаривание радиоактивных растворов и др.). При работах, когда возможно загрязнение воздуха помещения радиоактивными газами или парами (ликвидация аварий, ремонтные работы и т.п.), или когда применение фильтрующих средств не обеспечивает радиационную безопасность, применяются изолирующие защитные средства: пневмокостюмы, пневмошлемы, а в отдельных случаях — автономные изолирующие аппараты.

При выходе из помещений, в которых проводятся работы с радиоактивными веществами, проверяется чистота спецодежды и других СИЗ, они снимаются и при выявлении радиоактивного загрязнения направляются на дезактивацию, а сам работник моется под душем.

В случаях, когда неизбежно облучение в дозах, превышающих предельно допустимые, осуществляется профилактика методом фармакохимической защиты. Вещества, которые при введении в организм за определенное время до облучения снижают в той или иной степени радиационное поражение, называют радиозащитными или радиопротекторами.

Радиопротекторы действуют эффективно, если они введены в организм перед облучением и присутствуют в нем в момент облучения. Например, известно, что йод накапливается в щитовидной железе. Поэтому, если есть опасность попадания в организм радиоактивного йода I^{131} , то заблаговременно вводят йодистый калий или стабильный йод I . Накапливаясь в щитовидной железе, эти нерадиоактивные разновидности йода препятствуют отложению в ней опасного в радиоактивном отношении I^{131} . Для защиты от стронция Cs^{137} , проникающего в костную ткань, рекомендуется употреблять продукты, содержащие кальций (фасоль, молоко и др.).

Существует много других радиопротекторов, имеющих различный механизм действия. Одним из важнейших механизмов, влияющих на радиочувствительность при использовании радиопротекторов, является также кислородный эффект. Под кислородным эффектом понимают усиление лучевого поражения при повышении концентрации кислорода в облучаемой среде во время действия излучения и напротив — ослабление радиационных нарушений при тканевой гипоксии. Наиболее эффективными в качестве радиопротекторов являются серосодержащие вещества (цистамин, цистафос, гаммафос и др.); биологически активные амины (мексамин, индралин и др.).

Препараты, используемые в качестве радиопротекторов, должны обладать следующими основными свойствами:

- быть достаточно эффективными и не вызывать побочного действия;
- действовать быстро и сравнительно продолжительное время;
- быть нетоксичными;
- не вызывать даже кратковременного снижения работоспособности;
- не обладать куммулятивным действием и не снижать устойчивости организма к другим факторам.

10.6. КОНТРОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Профессиональное облучение — это облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Контроль профессионального облучения является одной из главных частей системы обеспечения радиационной безопасности и заключается:

- в получении информации о радиационной обстановке в помещениях и на рабочих местах в организации;
- в получении информации об уровнях доз облучения персонала.

Целью контроля доз профессионального облучения является достоверное определение доз облучения персонала для определения соответствия условий труда требованиям НРБ-99 и подтверждения того, что радиационная безопасность персонала обеспечена должным образом.

Для контроля профессионального облучения применяют:

- групповой дозиметрический контроль, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) с учетом времени пребывания персонала в этом помещении;
- индивидуальный дозиметрический контроль облучения, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника, либо индивидуального поступления радионуклидов в организм каждого работника.

Групповой дозиметрический контроль используется для определения доз облучения персонала только в условиях нормальной эксплуатации источника ионизирующих излучений:

- для определения доз профессионального облучения персонала группы А, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочих местах не превышает или по прогнозу не может превысить уровня введения индивидуального дозиметрического контроля;

- для определения доз облучения персонала группы Б. Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля облучения персонала приведены в табл. 10.10. Уровни введения ИДК устанавливаются равными или выше значений уровня 1, но ниже уровня 2 в соответствии с принципами обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки.

Индивидуальный дозиметрический контроль используется:

- для определения доз облучения персонала группы А в условиях нормальной эксплуатации источника излучения, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочем месте превышает или по прогнозу может превысить уровень введения индивидуального дозиметрического контроля;

Таблица 10.10

Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля

Контролируемая величина	Уровень 1, мЗв	Уровень 2, мЗв
Годовая эффективная доза внешнего облучения фотонами	0,5	1
Годовая эффективная доза внешнего облучения любым излучением кроме фотонного	1	5
Годовая эффективная доза внутреннего облучения	1	5
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	20	50
Годовая эквивалентная доза облучения кожи, кистей и стоп	20	50
Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет	0,1	0,2

• для определения доз облучения всех лиц, работающих с источниками ионизирующего излучения в условиях планируемого повышенного облучения.

Проведение индивидуального и группового дозиметрического контроля осуществляется в соответствии с МУ 2.6.1.16-2000, МУ 2.6.1.25-2000, МУ 2.6.1.26-2000 (рис. 10.3).

Для измерения ионизирующего излучения применяются приборы, соответствующие требованиям ГОСТ 29074-91 «Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования» и ГОСТ 28271-89 «Приборы радиометрические и дозиметрические носимые. Общие технические требования и методы испытаний».

Технические средства, входящие в состав аппаратуры контроля радиационной обстановки, классифицируются по ряду признаков, в том числе по функциональному назначению, контролируемому радиационному параметру, виду ионизирующего излучения, временному характеру контроля, месту проведения контроля, назначению при эксплуатации и т.д. По назначению по эксплуатации технические средства подразделяются на:

- образцовые (специально разработанные или рабочие средства, аттестованные в качестве образцовых);

- рабочие (измерители, мониторы, измерители-сигнализаторы);

- индикаторные.

По применяемой классификации приборы, измеряющие характеристики ионизирующих излучений, делятся на дозиметры, радиометры и спектрометры.

К дозиметрам относятся приборы для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения, переносимой ионизирующим излучением или переданной им человеку, определенному органу или ткани человека, находящимся в поле его действия.

Радиометр — это прибор для измерения содержания радионуклидов в теле, в отдельных тканях и на поверхности кожных покровов человека, на единицу объема или поверхности различных сред (воздуха, воды, пищевых продуктов и др.).

Спектрометр — это прибор или установка для измерения ионизирующих излучений, предназначенные для получения информации о распределении ионизирующего излучения по одному или более параметрам, характеризующим источники и поля излучений.

Спектрометры позволяют не только зарегистрировать потоки альфа-, бета-частиц и гамма-квантов, но определить энергии частиц и фотонов гамма-излучения. По существу спектрометры, используемые при радиационном контроле, являются селективными радиометрами. По спектру излучения, выходящему из источника, можно определить радионуклидный состав пробы. Спектрометры используются для определения содержания радионуклидов в воде, пищевых продуктах, стройматериалах и т.д.

При проведении контроля профессионального облучения используются дозиметры и дозиметры-радиометры.

Дозиметры делятся на два больших класса по назначению: инспекционные и индивидуальные. Инспекционные дозиметры предназначены для определения дозовых характеристик полей ионизирующего излучения и измеряют дозу, которую получил бы человек, находясь в точке измерения. Индивидуальные дозиметры находятся на теле человека и измеряют дозу, полученную конкретным человеком в поле ионизирующего излучения.

Дозиметры состоят из двух основных частей: детектора и измерительного устройства, которые либо постоянно связаны между собой, либо соединяются на время измерения.

Детекторами называются приборы и устройства для регистрации элементарных частиц (нейтронов, электронов и т.д.), а также рентгеновского излучения и гамма-квантов.

Принцип действия детекторов заключается в преобразовании энергии ионизирующего излучения в пропорциональный электрический заряд (электронные детекторы). Это происходит либо за счет непосредственной ионизации заряженными частицами газа или материала полупроводникового детектора, либо благодаря индуцированному светопропусканию или фотоэффекту в сцинтилляционных счетчиках. Незаряженные частицы, такие, как нейтроны, могут детектироваться за счет процессов, которые приводят к образованию заряженных частиц. К этим процессам относятся соударения с легкими атомами или ядерные реакции. Регистрация фотонов происходит за счет фотоэффекта, комптоновского эффекта и образования пар. Возникающие при этом электроны детектируются методами, которые описаны выше для случая ионизации.

Различные типы детекторов сильно различаются по энергии, которая необходима для образования одной пары электрон-ион или электрон-дырка:

- сцинтилляционный детектор — 300 эВ;
- газовый детектор — 25 эВ;
- полупроводниковый детектор — 3 эВ (Si — 3,66 эВ; Ge — 2,96 эВ).

На рис. 10.6 приведена блок-схема дозиметрического прибора, основанного на ионизационном методе.

Принцип действия такого дозиметра заключается в следующем. Ионизирующее излучение производит ионизацию газовой среды в детекторе (ионизационная камера, газоразрядный счетчик), где образуется ионизационный ток. В усилителе ионизационный ток усиливается, а в каскаде формирования импульсов происходит калибровка импульсов одинаковых по форме и длительности. Интегратор формирует усредненное значение тока, пропорциональное частоте следования импульсов, которые измеряются на регистрирующем устройстве (микроамперметр, цифровой индикатор).

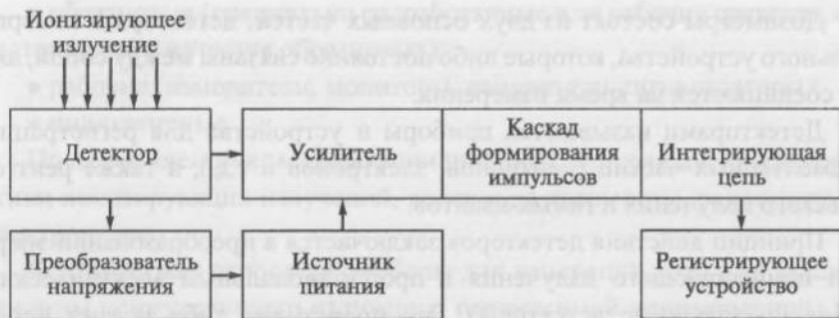


Рис. 10.6. Блок-схема дозиметрического прибора

В табл. 10.11 приведен перечень некоторых дозиметрических приборов, отвечающих нормативным требованиям и занесенных на настоящий момент в Госреестр средств измерений РФ (средства измерения вносятся в Госреестр сроком на 5 лет).

10.7. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Источник излучения (радиационный объект) до начала его эксплуатации принимается комиссией в составе представителей:

- заинтересованной организации;
- органов государственного надзора за радиационной безопасностью;
- органа исполнительной власти субъекта РФ (для объектов I–II категорий т.е. для объектов, радиационное воздействие которых при аварии соответственно возможно на население и в пределах территории СЗЗ).

Деятельность организаций, связанная с использованием источников излучения, не допускается без наличия лицензии, выдаваемой в порядке, установленном законодательством РФ.

Получение, хранение источников излучения и проведение с ними работ разрешается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с источниками излучения требованиям ОСПОРБ-99, которое выдает орган санитарно-эпидемиологического надзора на срок не более 5 лет.

Таблица 10.11

Дозиметрические приборы

Название и тип прибора	Измеряемые характеристики
<i>Дозиметры с газовыми детекторами</i>	
Дозиметры-радиометры МКГ-01	МАЭД и АЭД непрерывного рентгеновского и гамма-излучений; плотность потока бета-излучения. Диапазоны измерений: МАЭД от 0,10 до 500 мкЗв/ч в диапазоне энергий фотонов от 15 кэВ до 3,0 МэВ и от 501 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч в диапазоне энергий фотонов от 65 кэВ до 3,0 МэВ; АЭД — от 0,10 мкЗв до 1,0 Зв; плотность потока бета-частиц с энергией свыше 0,25 МэВ от $0,10 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ до $200 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ при фоновом гамма-излучении не более 0,25 мкЗв/ч.
<i>Дозиметры со сцинтилляционными детекторами</i>	
Дозиметры-радиометры ДКС-96	МАЭД и АЭД фотонного излучения, плотности потока альфа- и бета-излучений, мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения. Диапазоны измерений: МАЭД фотонного излучения — от 0,1 мкЗв/ч до 1 Зв/ч; АЭД — от 1,0 мкЗв до 1,0 Зв в диапазоне энергий от 0,015 до 10 МэВ; плотность потока альфа-частиц — от 0,1 до $10^4 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, плотность потока бета-излучения — от 10 до $10^5 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, мощность эквивалентной дозы нейтронов — от 0,1 до 10 000 мкЗв/ч.
<i>Дозиметры с полупроводниковыми детекторами</i>	
Дозиметры программируемые персональные RAD52S	Индивидуальная эквивалентная доза $H_p(10)$ фотонного излучения и ее мощность. Диапазоны измерений: от 1 мкЗв до 999 мЗв; от 50 мкЗв/ч до 3 Зв/ч.

Оборудование, контейнеры, упаковки, аппараты, передвижные установки, транспортные средства, содержащие источники излучения, должны иметь знак радиационной опасности (рис. 10.7), являющийся предупредительным и предназначенный для привлечения внимания к объектам радиационной опасности.

При нарушении требований ОСПОРБ-99 органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора могут полностью или



Рис. 10.7. Знак радиационной опасности

частично приостановить в организации работу с источниками излучения, а также отозвать санитарно-эпидемиологическое заключение до истечения срока его действия.

В случае изменения конструкции источника излучения необходимо получить новое санитарно-эпидемиологическое заключение.

К моменту получения источника излучения эксплуатирующая организация утверждает список лиц, допущенных к работе с ним, обеспечивает необходимое обучение и инструктаж, назначает приказом по организации лиц, ответственных за учет и хранение источников излучения, за организацию сбора, хранения и сдачу радиоактивных отходов, за производственный контроль за радиационной безопасностью.

К работе с источниками излучения (персонал группы А) допускаются лица, не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний. Перед допуском к работе с источниками излучения персонал должен пройти обучение, инструктаж и проверку знаний правил безопасности ведения работ и действующих в организации инструкций.

При проведении работ с источниками излучения не допускается выполнение операций, не предусмотренных инструкциями по эксплуатации и радиационной безопасности, за исключением действий, направленных на принятие экстренных мер по предотвращению аварий и других обстоятельств, угрожающих здоровью работающих.

Эксплуатирующая организация обеспечивает сохранность источников излучения и должна создать такие условия их получения, хранения, использования и списания с учета, при которых исключается возможность их утраты или бесконтрольного использования.

Все поступившие в организацию источники излучения регистрируются в приходно-расходном журнале, а сопроводительные документы передаются в бухгалтерию для оприходования.

Выдаются источники излучения ответственным лицом из мест хранения по требованию с письменного разрешения руководителя органи-

зации или лица, им уполномоченного. Выдача и возврат источников также регистрируется в приходно-расходном журнале.

Ежегодно комиссия, назначенная руководителем организации, производит инвентаризацию радиоактивных веществ, радиоизотопных приборов, аппаратов, установок. В случае обнаружения хищений и потерь источников администрация обязана немедленно информировать вышестоящую организацию и органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Источники излучения, не находящиеся в работе, хранятся в специально отведенных местах или в оборудованных хранилищах, обеспечивающих их сохранность и исключающие доступ к ним посторонних лиц.

Радионуклиды, при хранении которых возможно выделение радиоактивных газов, паров или аэрозолей, хранятся в вытяжных шкафах, боксах, камерах, с очистными фильтрами на вентсистемах, в закрытых сосудах, выполненных из несгораемых материалов, с отводом образующихся газов.

Радионуклидные источники излучения, не пригодные для дальнейшего использования, должны своевременно списываться и сдаваться на переработку или захоронение.

Транспортирование радионуклидных источников должно осуществляться на специальных транспортных средствах, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение. Уровни радиоактивного загрязнения поверхности транспортных средств не должны превышать значений, установленных ОСПОРБ-99.

Вывод из эксплуатации источника излучения (радиационного объекта) осуществляется после разработки детального проекта, согласованного с органами государственного надзора за радиационной безопасностью.

Проект вывода из эксплуатации радиационного объекта должен содержать:

- подготовку необходимого оборудования для проведения демонтажных работ;
- методы и средства дезактивации демонтируемого оборудования;
- порядок утилизации радиоактивных отходов.

При выводе радиационного объекта из эксплуатации оцениваются ожидаемые индивидуальные и коллективные дозы облучения персонала и населения.

Работы по выводу из эксплуатации объекта выполняются специально подготовленным персоналом объекта или персоналом других организаций, имеющих соответствующую лицензию.

10.8. ЛИКВИДАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Радиоактивными отходами называются не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные в НРБ-99.

В частности, к газообразным радиоактивным отходам относятся не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах с объемной активностью, превышающей допустимую объемную активность, значения которой приведены в НРБ-99.

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства при поступлении с водой, приведенных в НРБ-99.

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, грунт, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы, в которых удельная активность радионуклидов больше значений приведенных в НРБ-99, а при неизвестном радионуклидном составе удельная активность больше:

- 100 кБк/кг — для источников бета-излучения;
- 10 кБк/кг — для источников альфа-излучения;
- 1,0 кБк/кг — для трансурановых радионуклидов.

Радиоактивные отходы подразделяются по удельной активности на 3 категории (табл. 10.12):

- низкоактивные;
- среднеактивные;
- высокоактивные.

Таблица 10.12

Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов

Категория отходов	Удельная активность, кБк/кг		
	Бета-излучающие радионуклиды	Альфа-излучающие радионуклиды (исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	Менее 10^3	Менее 10^2	Менее 10
Среднеактивные	От 10^3 до 10^7	От 10^2 до 10^6	От 10 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5

Газообразные радиоактивные отходы выдерживаются и очищаются на фильтрах для снижения их активностей до уровней, регламентируемых допустимым выбросом, после чего удаляются в атмосферу.

Система обращения с твердыми и жидкими радиоактивными отходами включает их сбор, сортировку, упаковку, временное хранение, кондиционирование (концентрирование, отверждение, прессование, сжигание), транспортирование, длительное хранение и (или) захоронение (т.е. безопасное размещение отходов без намерения последующего их извлечения).

Сбор радиоактивных отходов производится непосредственно в местах их образования отдельно от обычных отходов с учетом:

- категории отходов;
- агрегатного состояния;
- физических и химических характеристик;
- природы (органические, неорганические);
- периода полураспада радионуклидов, находящихся в отходах (менее 15 суток, более 15 суток);
- взрыво- и огнеопасности;
- принятых методов переработки отходов.

Жидкие радиоактивные отходы собираются в специальные емкости, железобетонные резервуары, облицованные стальным листом. В организациях, где возможно образование значительного количества жидких отходов (более 200 л в день), может использоваться система спецканализации, в которую не должны попадать нерадиоактивные стоки.

Для сбора, временного хранения и выдержки твердых радиоактивных отходов используются сборники-контейнеры, которые помещаются в специальные защитные колодцы или ниши в случае, если у их поверхности доза гамма-излучения превышает 2 мГр/ч.

Радиоактивные отходы, содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 15 суток, собираются отдельно от других радиоактивных отходов и выдерживаются в местах временного хранения для снижения активности до уровней, не превышающих допустимых. После чего твердые отходы удаляются как обычные промышленные отходы, а жидкие сливаются в хозяйственно-бытовую канализацию или используются организацией в системе оборотного хозяйственно-технического водоснабжения.

Самовоспламеняющиеся и взрывоопасные радиоактивные отходы перед отправкой на захоронение должны быть переведены в неопасное состояние.

Транспортировка радиоактивных отходов производится в механически прочных герметичных упаковках на специально оборудованных транспортных средствах при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий и способов транспортировки санитарным правилам.

Переработку, долговременное хранение и захоронение радиоактивных отходов производят специализированные организации по обращению с радиоактивными отходами.

Захоронение высокоактивных, среднеактивных и низкоактивных отходов осуществляется раздельно.

Выбор места захоронения радиоактивных отходов производится с учетом гидрогеологических, геоморфологических, тектонических и сейсмических условий. При этом должна быть обеспечена радиационная безопасность населения и окружающей среды в течение всего срока изоляции отходов с учетом долговременного прогноза.

Эффективная доза облучения населения, обусловленная радиоактивными отходами, включая этапы хранения и захоронения, согласно ОСПОРБ-99 не должна превышать 10 мкЗв/год.

11. ЗАЩИТА ОТ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

11.1. ХАРАКТЕРИСТИКА И ИСТОЧНИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Лазер (оптический квантовый генератор) — это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного излучения.

Термин *лазер* (англ. laser, составленное из первых букв фразы Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) — означает усиление света в результате вынужденной эмиссии излучения. Хотя лазерный процесс теоретически был предсказан А. Эйнштейном в 1916 г., первый успешный рубиновый лазер продемонстрирован Т. Мейманом только в 1960 г. В последние годы лазеры вышли из исследовательских лабораторий в промышленные, медицинские и офисные учреждения, на строительные площадки и даже в домашнее хозяйство.

Во многих устройствах, например, проигрывателях для видеодисков и системах оптико-волоконной связи, мощность лучистой энергии лазеров заключена внутри самого изделия. Однако в некоторых промышленных, исследовательских или медицинских приборах созданная лазерами лучистая энергия «открыта» и может создать потенциальную опасность для глаз и кожи.

Поскольку лазерный процесс может создать мощный коллимированный (заключенный в ограниченном телесном угле) луч оптического излучения (в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной области спектра), то лазер может быть опасным даже на больших расстояниях. Тем не менее, лазеры могут безопасно использоваться при соответствующем уровне контроля опасности.

Лазеры работают на дискретной длине волны, поэтому большинство лазеров являются монохроматическими. Для лазеров нетипична эмиссия нескольких волн дискретной длины. Например, аргоновый лазер испускает несколько разных линий в пределах около ультрафиолетового и видимого спектра. Но обычно подобный лазер создается для эмиссии только зеленой линии (длина волны 514,5 нм) и/или голубой линии (длина волны 488 нм).

Все лазеры состоят из трех основных конструкционных блоков:

1. Активная среда (твердая (рубин), жидкая (органические красители) или газообразная (гелий, неон, углекислый газ)), которая определяет возможную длину волн эмиссии;

2. Источник энергии (например, газовый разряд, электрический ток, импульсная лампа или химическая реакция);

3. Оптический резонатор (простейший оптический резонатор состоит из двух параллельно расположенных зеркал).

Принцип действия лазера основан на свойстве атома (сложной квантовой системы) излучать фотоны при переходе из возбужденного состояния в основное (с меньшей энергией).

При нормальных условиях число атомов, находящихся в веществе в возбужденном состоянии, значительно меньше числа атомов, находящихся на основном энергетическом уровне.

В лазерах с помощью специальных приемов и путем подачи на активную среду энергии накачки (свет, высокочастотное электромагнитное поле и др.) добиваются того, что число атомов, находящихся в возбужденном состоянии, становится значительно больше числа атомов, находящихся на основном энергетическом уровне.

Лавинообразный переход атомов за очень короткое время из возбужденного состояния в основное приводит к возникновению лазерного излучения.

Основной особенностью лазерного излучения является его когерентность, т.е. строгая согласованность по частоте и фазе. Это позволяет на сравнительно малой площади получать большие значения плотности энергии.

Лазерное излучение широко используют в промышленности, в частности, при сварке тугоплавких металлов и сплавов, в процессе резки металлов, пластмасс, в фотофизике, фотохимии, спектроскопии, хирургии, для создания оптических эффектов при проведении музыкальных шоу и др. Типы и характеристики некоторых лазеров указаны в табл. 11.1.

11.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ ОПАСНОСТИ

Современные стандарты лазерной безопасности во всем мире следуют практике классификации всех лазерных устройств по классам опасности. В России «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров» № 5804-91 установлено 4 класса опасности лазеров.

Таблица 11.1

Типы и характеристики лазеров

Рабочее вещество (активная среда, тип лазера)	Длина волны, мм	Режим работы	Мощность, Вт	Частота следования импульсов, Гц	Длительность импульсов	Область применения
Эксимерные лазеры	< 0,4	Импульсный	10	$1 \dots 10^4$	10 нс	Фотофизика, фотохимия, спектроскопия
Аргон	0,48	Непрерывный	1...30	—	—	Испарение
	0,51	Импульсный	1...25	$1 \dots 10^3$	5...100 мкс	
Гелий-неон	0,63	Непрерывный	0,001... ...0,03	—	—	Юстировка, нивелирование
Рубин	0,69	Импульсный	1...20	1	0,3...6 мс	Сварка, сверление
Углекислый газ	10,6	Непрерывный	$10 \dots 10^4$	—	—	Резание, сварка, термообработка
		Импульсный	1...250	$1 \dots 10^3$	50...150 мс	Легирование, сверление, сварка
		С модуляцией добротности	$10 \dots 10^4$	200...500	30...300 мкс	Испарение, сварка

Примечания: Непрерывное лазерное излучение — излучение, существующее в любой момент времени наблюдения. Импульсное излучение — излучение, существующее в ограниченном интервале времени, меньшем времени наблюдения

Лазеры 1 класса не могут испускать потенциально опасного лазерного излучения и не представляют опасности для здоровья. Лазеры 2–4 классов создают возрастающую (по мере роста класса) опасность для глаз и кожи. Такая система классификации полезна, поскольку для ка-

ждого класса лазеров предписаны свои меры безопасности. Для лазеров более высокого класса требуются более строгие меры безопасности.

К 1 классу относятся полностью безопасные лазеры, т. е. такие лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи. Большинство лазеров, полностью изолированных от человека (например, лазерные записывающие устройства для компакт-дисков), относятся к классу 1. Для лазеров класса 1 не требуется никаких мер безопасности.

Ко 2 классу относятся лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз или кожи человека коллимированным пучком (опасность при облучении кожи существует только в 1 и 3 спектральных диапазонах); диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз во всех диапазонах. Примерами лазеров класса 2 являются лазерные указки и некоторые регулировочные лазеры.

Лазеры 3 класса — это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см.

Лазеры этого класса создают опасность для глаз, поскольку реакция естественного отвращения, состоящая из мигательного рефлекса (приблизительно 0,1...0,15 секунд), поворота глаз и движения головы и длящаяся 0,25 секунд недостаточно быстра, чтобы ограничить экспозицию сетчатки безопасным в данный момент уровнем. Ущерб может быть также причинен и другим структурам глаза (например, роговице и хрусталику). Диффузно отраженное ЛИ не представляет опасности для кожи. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующие излучение с длиной волны от 1400 до 10^5 нм. Примерами лазеров класса 3 являются многие исследовательские лазеры и военные лазерные дальномеры.

Лазеры 4 класса — лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность не только для глаз, но и для кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности. Фактически, все хирургические лазеры и лазеры для обработки материалов, используемые для сварки и резки, если они не закрыты защитной оболочкой, относятся к классу 4. Все лазеры со средней выходной мощностью более 0,5 Вт также относятся к классу 4.

Класс лазера по степени опасности определяется на основании его выходной энергии (мощности) и предельно допустимых уровней при однократном воздействии генерируемого излучения. Например, лазер, генерирующий непрерывное излучение в I диапазоне длин волн ($180 < \lambda \leq 380$ нм), относится ко второму классу опасности, если выполняется условие:

$$P(t) \leq \pi \cdot 10^{-2} E_{\text{ПДУ}}(t),$$

где $E_{\text{ПДУ}}(t)$ — предельно допустимая облученность при однократном воздействии излучения в течение времени t , Вт/м⁻²; $P(t)$ — выходная мощность лазера, Вт.

Длительность воздействия непрерывного излучения в I диапазоне длин волн при определении класса опасности лазера принимается равной 10 с.

Опасные и вредные производственные факторы, возникающие при эксплуатации лазеров различных классов опасности, приведены в табл. 11.2.

11.3. НОРМИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Нормирование лазерного излучения (ЛИ) осуществляется на основании «Санитарных норм и правил устройства и эксплуатации лазеров» № 5804-91.

Согласно этому документу ПДУ ЛИ устанавливаются для двух условий облучения глаз и кожи — однократного и хронического в трех диапазонах длин волн:

- I — от 180 до 380 нм (УФ область);
- II — от 380 до 1400 нм (видимая и ближняя ИК);
- III — от 1400 до 10⁵ нм (дальняя ИК).

Нормируемыми параметрами лазерного излучения являются:

- энергетическая экспозиция H — величина, определяемая интегралом облученности во времени, (Дж/м²);
- облученность E — отношение потока излучения, падающего на малый участок поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади этого участка, (Вт/м²).

Значения H и E принимаются усредненными по ограничивающей апертуре, диаметр которой принимается равным $1,1 \cdot 10^{-3}$ м при воздействии лазерного излучения на глаза в I и III диапазонах длин волн

Таблица 11.2

Опасные и вредные производственные факторы, возникающие при эксплуатации лазеров

Опасные и вредные производственные факторы	Класс лазера			
	1	2	3	4
Лазерное излучение:				
прямое, зеркально отраженное	-	+	+	+
диффузно отраженное	-	-	+	+
Повышенная напряженность электрического поля	-(+)	+	+	+
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	-	-	-(+)	+
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	-	-	-(+)	+
Повышенная яркость света	-	-	-(+)	+
Повышенные уровни шума и вибрации	-	-	-(+)	+
Повышенный уровень ионизирующих излучений	-	-	-	+
Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ- и СВЧ-диапазонов	-	-	-	-(+)
Повышенный уровень инфракрасной радиации	-	-	-(+)	+
Повышенная температура поверхностей оборудования	-	-	-(+)	+
Химические опасные и вредные производственные факторы	При работе с токсичными веществами			

Примечания: Обозначения: + имеют место всегда; - отсутствуют; -(+) наличие зависит от конкретных технических характеристик лазера и условий его эксплуатации. Диффузно отраженное лазерное излучение — это лазерное излучение, отраженное от поверхности, соизмеримой с длиной волны по всевозможным направлениям в пределах полусферы. Зеркально отраженное — лазерное излучение, отраженное под углом, равным углу падения излучения.

и при воздействии на кожу и $7 \cdot 10^{-3}$ м при воздействии на глаза во II диапазоне. Ограничивающая апертура — круглая диафрагма, ограничивающая поверхность, по которой производится усреднение облученности или энергетической экспозиции.

Наряду с энергетической экспозицией и облученностью регламентируются также энергия W (Дж) и мощность излучения P (Вт), прошедшего через ограничивающие апертуры указанного выше диаметра.

Указанные энергетические параметры связаны соотношениями:

$$H_{\text{ПДУ}} = \frac{W_{\text{ПДУ}}}{S_a};$$

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{P_{\text{ПДУ}}}{S_a},$$

где S_a — площадь ограничивающей апертуры, м^2 .

При установлении ПДУ лазерного излучения учитывается длительность его воздействия, а также характер: импульсное или непрерывное; коллимированное или неколлимированное (рассеянное или диффузно отраженное).

В качестве примера в табл. 11.3 приведены предельно допустимые значения энергии $W_{\text{ПДУ}}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения во II спектральном диапазоне ($380 < \lambda \leq 1400$ нм).

Если на глаза или кожу воздействуют источники лазерного излучения с различными спектральными, временными или пространственными характеристиками, действие их является аддитивным в следующих случаях:

- воздействие на кожу излучения любых длин волн (от 180 до 10^5 нм);
- воздействие на передние среды глаза излучения в I и III диапазонах длин волн;
- воздействие на сетчатку глаза излучения во II диапазоне длин волн.

Предельно допустимая суммарная энергия или мощность излучения от нескольких источников в этом случае определяется следующими формулами:

$$W_{\text{ПДУ}}^{\Sigma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{W_{\text{ПДУ}}^i}};$$

Таблица 11.3

Соотношения для определения $W_{\text{ПДУ}}$ при однократном воздействии на глаза коллимированного лазерного излучения в спектральном диапазоне II ($380 < \lambda \leq 1400$ нм). Длительность воздействия менее 1 с.

Ограничивающая апертура — $7 \cdot 10^{-3}$ м

Спектральный интервал λ , нм	Длительность воздействия t , с	$W_{\text{ПДУ}}$, Дж
$380 < \lambda \leq 600$	$t \leq 2,3 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2,3 \cdot 10^{-11} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-8}$
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$5,9 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$600 < \lambda \leq 750$	$t \leq 6,5 \cdot 10^{-11}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$6,5 \cdot 10^{-11} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
	$5,0 < t \leq 1,0$	$1,2 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$750 < \lambda \leq 1000$	$t \leq 2,5 \cdot 10^{-10}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$2,5 \cdot 10^{-10} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-7}$
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$3,0 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$
$1000 < \lambda \leq 1400$	$t \leq 10^{-9}$	$\sqrt[3]{t^2}$
	$10^{-9} < t \leq 5,0 \cdot 10^{-5}$	10^{-6}
	$5,0 \cdot 10^{-5} < t \leq 1,0$	$7,4 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{t^2}$

$$P_{\text{ПДУ}}^{\Sigma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_{\text{ПДУ}}^i}}$$

где n — число источников лазерного излучения, действие которых аддитивно; i — условный порядковый номер источника; $W_{\text{ПДУ}}^i$, $P_{\text{ПДУ}}^i$ — предельно допустимые значения энергии, мощности каждого источника; C_i — относительный энерговклад каждого источника, определяемый по формуле:

$$C_i = \frac{W^i}{\sum_{i=1}^n W^i} = \frac{P^i}{\sum_{i=1}^n P^i},$$

где W^i , P^i — энергия, мощность источника с порядковым номером i .

Приведенные формулы можно применять в тех случаях, когда длительность экспозиции или импульсов излучения рассматриваемых источников имеют один и тот же порядок.

11.4. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Воздействие лазерного излучения на организм человека имеет сложный характер и до конца еще не изучено.

Эффект воздействия лазерного излучения зависит от параметров лазерного излучения:

- энергетических — энергетической освещенности или энергетической экспозиции облучаемой ткани;
- пространственных — распределения интенсивности лазерного излучения в облучаемом участке ткани;
- временных — длительности воздействия при непрерывном облучении и длительности импульсов, частоты повторения импульсов и длительности серии импульсов при импульсном излучении;
- анатомо-физиологических особенностей облучаемой ткани.

Отличительной особенностью лазерного излучения от других видов излучения является монохроматичность, когерентность и направленность.

Монохроматичность и когерентность ЛИ не меняют существенно механизма повреждений излучением. Явление теплопроводности в тканях и присущие глазу постоянные мелкие движения разрушают интерференционную картину уже при длительности воздействия, превышающей несколько микросекунд. Вследствие этого ЛИ пропускается и поглощается биотканями по тем же законам, что и некогерентное, и не вызывает в тканях каких-либо специфических эффектов. Поскольку органические молекулы, из которых состоит биологическая ткань, имеют широкий спектр абсорбируемых частот, то нет оснований считать, что монохроматичность лазерного излучения повышает опасность поражения ткани.

Направленность лазерного излучения (распространяющегося в пределах малого телесного угла) сильно влияет на специфику его поражающего действия. При небольшом расстоянии до лазера направленность его излучения ведет к очень маленькому размеру пятна лазерного излучения на сетчатке глаза. Большая направленность излучения приводит

также к тому, что внутриволновая освещенность слабо убывает с расстоянием, вследствие чего опасность для зрения может сохраняться на очень больших расстояниях от лазера, вплоть до десятков километров.

Основным фактором, определяющим биологический эффект воздействия лазерного излучения, является его интенсивность. Под интенсивностью лазерного излучения понимают высокие значения величин, которые описывают энергетические параметры излучения, такие как мощность, плотность излучения и др.

Энергия ЛИ, поглощенная тканями, преобразуется в другие виды энергии: тепловую, энергию фотохимических процессов, энергию электронных переходов, механическую, что может вызывать ряд эффектов: тепловой, ударный, светового давления, образование в пределах клетки микроволнового электрического поля. В зависимости от характеристик лазерного излучения удельный вес, вносимый в суммарное повреждение каждым из эффектов, может быть различным.

Спецификой наиболее важного теплового эффекта воздействия лазерного излучения является то, что в тканях нагрев до высоких температур происходит лишь в некоторых слоях, а при воздействии коротких импульсов — только в некоторых элементах клеток, в то время как среднее по всей клетке приращение температуры мало. Для лазерного ожога, вызванного импульсом, характерно наличие резких границ пораженного участка.

Ударное действие лазерного излучения наблюдается при больших уровнях освещенности и при работе лазеров с длительностями импульсов порядка 10...12 с. Возникновение ударного эффекта происходит вследствие изменения агрегатного состояния тканевой воды, теплового расширения без изменения агрегатного состояния и явления отдачи при испарении вещества с поверхности облучаемой ткани. В результате этих явлений в ткани возникает резкое повышение давления, что приводит к ее повреждению.

Лазерное излучение представляет особую опасность для тех тканей, которые максимально поглощают излучение. Наиболее уязвимым для лазерного излучения является орган зрения человека.

Сетчатка глаза, наиболее важная его структура, может быть поражена лазерами видимого и ближнего ИК диапазонов, поскольку в силу специфики «своей работы» она наиболее чувствительна к воздей-

ствию электромагнитных излучений видимого диапазона спектра. Лазерное УФ и дальнее ИК излучения не достигают сетчатки, но могут повредить роговицу, радужку, хрусталик.

Роговая оболочка, хрусталик и стекловидное тело содержат большое количество жидкости, поэтому они обладают повышенной поглощающей способностью к УФ и дальнему ИК излучениям. Вследствие этого их повреждения могут наступать при сравнительно небольших интенсивностях. Степень повреждения радужной оболочки в некоторой мере зависит от ее окраски. Зеленые и голубые глаза более уязвимы, чем карие. Ультрафиолетовое излучение приводит к развитию кератита. Нагрев хрусталика, возникающий в результате воздействия лазерного излучения, ведет к образованию катаракты.

Основным механизмом поражения сетчатки при малой длительности облучения является тепловой. Повышение температуры сетчатки определяется главным образом энергетической экспозицией. Достигая сетчатки, ЛИ фокусируется преломляющей системой глаза, при этом плотность энергии на сетчатке становится в 1000...10 000 раз больше, чем в луче, падающем на глаз. Импульсное лазерное излучение ($0,1 \dots 10^{-14}$ с) способно вызвать повреждение органа зрения за значительно более короткий промежуток времени, чем тот, который необходим для срабатывания защитных физиологических механизмов (мигательный рефлекс 0,1 с).

При большой длительности облучения сетчатки глаза в действие вступает фотохимический механизм поражения, для которого характерна зависимость от длины волны — коротковолновое излучение оказывается более опасным, чем длинноволновое.

Степень поражения глаза в зависимости от энергетической экспозиции, временных параметров излучения, длины волны излучения может меняться в широких пределах — от быстропроходящих функциональных расстройств (ослепление при вспышке, послеобразы) до тяжелых разрушений, сопряженных с выбросом фрагментов в стекловидное тело и кровотечением. Гибель клеток фоторецептора приводит к необратимому нарушению зрения, поскольку эти клетки не восстанавливаются.

Вторым критическим органом к действию ЛИ являются кожные покровы. Взаимодействие лазерного излучения с кожей зависит от длины волны и пигментации кожи. Отражающая способность кожного покрова

в видимой области спектра высокая. Ли дальней ИК области начинает сильно поглощаться кожей, поскольку это излучение активно поглощается водой, которая составляет 80% содержимого большинства тканей, что приводит к возникновению опасности ожогов кожи.

При большой интенсивности облучения возможны повреждения не только кожи, но и внутренних тканей и органов. Эти повреждения имеют характер отеков, кровоизлияний, а также свертывания или распада крови.

Длительное хроническое воздействие низкоэнергетического (на уровне или менее ПДУ) диффузно отраженного лазерного излучения может приводить к развитию неспецифических сдвигов в состоянии здоровья лиц, обслуживающих лазеры. Это, прежде всего, невротические состояния и сердечно-сосудистые расстройства. Наиболее характерными клиническими синдромами, обнаруживаемыми у работающих с лазерами, являются астенический, астеновегетативный и вегетососудистая дистония.

11.5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Комплекс методов и средств определения значений параметров лазерного излучения в заданной точке пространства с целью выявления степени опасности и вредности для организма человека называется дозиметрией лазерного излучения.

Сущность дозиметрического контроля лазерного излучения заключается в оценке тех характеристик излучения, которые определяют его способность вызывать биологические эффекты, и сопоставлении их с нормируемыми величинами.

Методы проведения дозиметрического контроля установлены в МУ № 5309-90 и частично рассмотрены в СанПиН № 5804-91, утвержденными Минздравом.

В основе методов лазерной дозиметрии лежит принцип наибольшего риска. В соответствии с ним оценка степени опасности проводится для наихудших, с точки зрения биологического воздействия, условий, то есть измерение уровней лазерного облучения осуществляется при работе лазера в режиме максимальной мощности, определенной условиями эксплуатации. В процессе поиска и наведения измерительного прибора

на объект излучения должно быть найдено такое положение, при котором регистрируются максимальные уровни лазерного излучения. При работе лазера в импульсно-периодическом режиме измеряются энергетические характеристики максимального импульса серии.

Для измерения лазерного излучения существуют специальные средства измерения — лазерные дозиметры. На рис. 11.1 приведена классификация дозиметров лазерного излучения по ряду признаков, определяющих их функциональные, технические и эксплуатационные свойства.

Дозиметрами индикаторного типа обеспечивается световая или звуковая индикация превышения ПДУ облучения в точке контроля для каких-то конкретных режимов и условий работы лазерной установки.

Измерительные дозиметры являются более универсальными приборами и предназначены для измерения значений нормируемых параметров в широком спектральном, энергетическом и временном диапазонах.

Дозиметры анализирующего типа позволяют не только измерять интенсивность лазерного излучения в плоскости изображения оптической системы, но и производить анализ распределения освещенности в изображении источников прямого, отраженного и рассеянного излучения.

Для измерения энергетических и временных параметров лазерного излучения в заданной точке пространства при определении степени опасности облучения организма человека используют, как правило, дозиметры измерительного типа. Структурная схема наиболее распространенного прибора — измерителя для лазерной дозиметрии ИЛД-2 приведена на рис. 11.2.

В схему прибора входят сменные фотоприемные устройства ФПУ «А» и ФПУ «В» (на схеме не показан) с рабочими спектральными диапазонами 0,49...1,15 мкм и 2...11 мкм соответственно. На схеме показан только ФПУ «А» и электронный блок преобразования и регистрации (БПР). ФПУ «А» включает сменные апертурные диафрагмы 1, сменные ослабители излучения 2, оптический блок 3, кремниевый фотодиод 7 (типа ФД-24К), блок согласования 9. При измерении длительности импульсов излучения на выходе блока 3 устанавливается малоинерционный фотодиод 8. Модуляция непрерывного сигнала осуществляется полудиском 5, одновременно модулируется световой поток источника

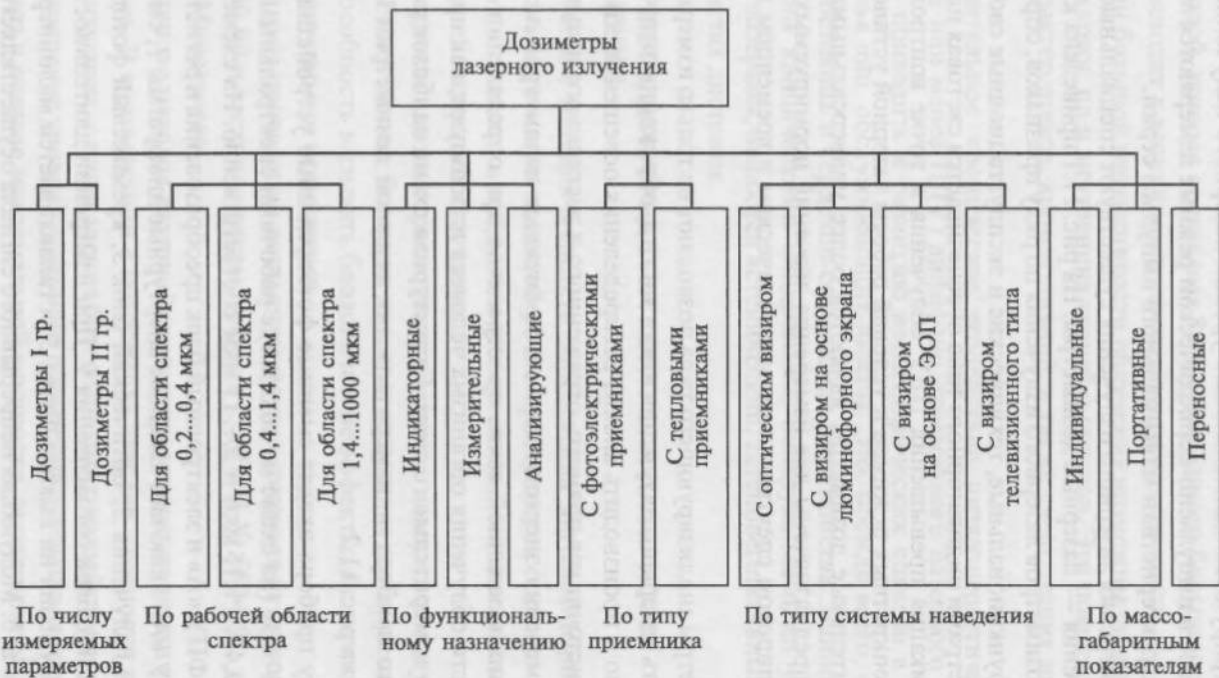


Рис. 11.1. Классификация дозиметров лазерного излучения

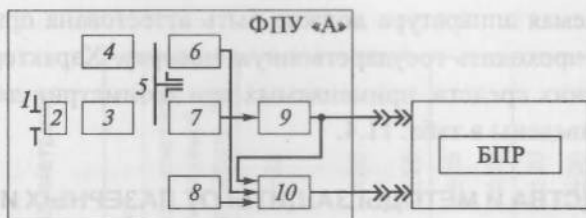


Рис. 11.2. Структурная схема измерителя ИЛД-2

опорного излучения 4, попадающий на фотодиод 6. Сигналы с выходов фотодиодов 6, 8 и блока 9 подаются на блок согласования 10 и далее на блок преобразования и регистрации.

Лазерный дозиметр должен определять, какой будет энергетическая экспозиция сетчатки глаза человека, поэтому он должен представлять собой модель усредненного глаза. В связи с этим в оптическую систему лазерного дозиметра входит объектив с фокусным расстоянием, равным фокусному расстоянию глаза, диаметром входного зрачка, равным диаметру зрачка человека, и угловым размером кружка рассеивания в плоскости изображения около 1 мрад, имитирующим восприятие глазом человека источников лазерного излучения в зависимости от их угловых размеров.

Приемниками лазерного излучения являются, в конкретном случае, фотодиоды. В общем случае в качестве приемников лазерного излучения, как правило, используются:

- в спектральном диапазоне 0,2...0,4 мкм — кремниевые фотодиоды, с повышенной чувствительностью в синей части спектра;
- в спектральном диапазоне 0,4...1,4 мкм — кремниевые и германиевые фотодиоды, а также пироэлектрики;
- в спектральном диапазоне 1,4...12 мкм — тепловые приемники (болометры, радиационные термоэлементы, пироэлектрики).

Применяемые приемники лазерного излучения для контроля уровня облучения глаза имеют контрастно-частотную характеристику (КЧХ), аналогичную КЧХ оптической системы глаза.

Дозиметры лазерного излучения должны соответствовать требованиям ГОСТа 24469-80. При измерениях энергетических параметров лазерного излучения предел допускаемой погрешности не должен превышать 30%.

Применяемая аппаратура должна быть аттестована органами Госстандарта и проходить государственную поверку. Характеристики основных рабочих средств, применяемых при дозиметрии лазерного излучения, приведены в табл. 11.4.

11.6. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Защита персонала от лазерного излучения осуществляется техническими, организационными и санитарно-гигиеническими методами и средствами.

К основным организационным мероприятиям относятся:

- рациональное размещение лазерных установок;
- ограничение времени воздействия излучения;
- обучение персонала;
- проведение инструктажей;
- выбор, планировка и внутренняя отделка помещений;
- организация рабочего места.

К техническим мероприятиям относятся:

- применение коллективных средств защиты;
- применение индивидуальных средств защиты;

Санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические методы включают:

- контроль за уровнями опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах;
- контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров.

Технические средства защиты применяются для предотвращения воздействия или снижения уровня излучения до допустимых значений, не ограничивая при этом технологических возможностей лазеров и не снижая работоспособность человека. Их защитные характеристики должны оставаться неизменными в течение установленного срока эксплуатации.

К средствам коллективной защиты от лазерного излучения относятся:

- оградительные устройства (экраны, щиты, смотровые окна, световоды, перегородки, камеры, кожухи, козырьки, бленды и др.), подразделяемые:

Таблица 11.4

Технические характеристики основных рабочих средств измерений, применяемых при дозиметрии лазерного излучения

Тип прибора	Рабочая длина волны, мкм	Характеристики в режиме измерения энергетической экспозиции				
		Длительность импульсов, с	Максимальная частота повторения, Гц	Длительность воздействия, с	Диапазон измерений, Дж/м ²	Предел основной допускаемой погрешности, %
ИЛД-2М	0,63; 0,69; 1,06	$10^{-8} \dots 10^{-2}$	500	—	$1,4 \cdot 10^{-5} \dots 10^4$	± 18
	0,49... 1,15	$10^{-8} \dots 10^{-2}$	500	—	$1,4 \cdot 10^{-5} \dots 10^{-1}$	± 30
	1,06	$10^{-6} \dots 10^{-2}$	25	—	$10^{-1} \dots 10^3$	± 16
ЛДМ-3	0,26; 0,34	$10^{-8} \dots 10^{-2}$	500	—	$10^{-5} \dots 10^4$	± 25
	0,26; 0,34	—	—	$1 \dots 10^5$	$10^{-3} \dots 10^6$	± 30
ЛДОК	0,53... 1,15	10^{-8}	—	—	$10^{-4} \dots 10^3$	± 20
	10,6	10^{-6}	—	—	$1 \dots 10^3$	± 20

- по принципу ослабления на поглощающие; отражающие и комбинированные;
- по степени ослабления на непрозрачные и частично прозрачные;
- предохранительные устройства, подразделяемые по конструктивному исполнению на:
 - оптические устройства для визуального наблюдения и юстировки с вмонтированными светофильтрами;
 - юстировочные лазеры;
 - телеметрические и телевизионные системы наблюдения;
 - индикаторные устройства;
 - устройства автоматического контроля и сигнализации;
 - устройства дистанционного управления;
 - символы органов управления.

Средства индивидуальной защиты от лазерного излучения включают:

- средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки, насадки);
- средства защиты рук (перчатки);
- специальную одежду (халаты из хлопчатобумажной или бязевой ткани).

При выборе средств индивидуальной защиты необходимо учитывать рабочую длину волны излучения и оптическую плотность светофильтра.

Оптическая плотность — десятичный логарифм величины обратной коэффициенту пропускания. Коэффициент пропускания — отношение потока излучения, прошедшего сквозь тело, к потоку излучения, упавшего на него.

Оптическая плотность светофильтров, применяемых в защитных очках, щитках и насадках, должна удовлетворять требованиям:

$$D_{\lambda} \geq \lg \frac{H_{\max}(E_{\max})}{H_{\text{пду}}(E_{\text{пду}})},$$

или (для диапазона свыше 380 до 1400 нм)

$$D_{\lambda} \geq \lg \frac{W_{\max}(P_{\max})}{W_{\text{пду}}(P_{\text{пду}})},$$

где H_{\max} , E_{\max} , W_{\max} , P_{\max} — максимальные значения энергетических параметров лазерного излучения в рабочей зоне; $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$, $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ — предельно допустимые уровни энергетических параметров при хроническом облучении.

Характеристика выпускаемых промышленностью защитных очков от лазерного излучения приведена в табл. 11.5. В тех случаях, когда лазерное излучение представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица, необходимо применять защитные лицевые щитки.

Таблица 11.5
Защитные очки от лазерного излучения

Марка очков	Марка светофильтра	Диапазон защиты, нм	Оптическая плотность
ЗН22-72-СЭС 22	СЭС 22	630...680	3
		680...1200	6
		1200...1400	3
ЗНД4-72-СЭС22-ОС23-1	СЭС 22	630...680	3
		680...1200	6
		1200...1400	3
	ОС23-1	400...530	6
ЗН62-Л17	Л17	600...1100	2
		530	1
ЗН62-ОЖ	ОЖ	200...510	3

Средства индивидуальной защиты глаз и лица применяются только в тех случаях (пусконаладочные, ремонтные, экспериментальные работы), когда коллективные средства не обеспечивают безопасность персонала.

Применение различных средств защиты от лазерного излучения в зависимости от класса опасности лазера приведено в табл. 11.6.

Таблица 11.6

Средства защиты от лазерного излучения

Средства защиты	Класс опасности лазера				Примечание
	1	2	3	4	
Оградительные устройства (кожухи, экраны и т.д.)	-	-(+)	+	+	Должны снижать уровни опасных и вредных производственных факторов до безопасных значений
Дистанционное управление	-	-	+	+	Применяется во всех возможных случаях
Устройства сигнализации	-	-	+	+	Для лазеров видимого диапазона спектра
	-	-(+)	+	+	Для лазеров УФ диапазона спектра
	-	-	-	+	Для лазеров ИК диапазона спектра
Маркировка знаком лазерной опасности	-	+	+	+	Лазеры, зона прохождения луча, граница ЛОЗ
Кодовый замок	-	-	+	+	На дверях помещений, пульте управления
Защитные очки, снижающие уровень диффузного излучения на роговице глаза до ПДУ	-	+	+	+	При времени воздействия больше 0, 2, 5 с
	-	-	+	+	Всегда, когда средства коллективной защиты не обеспечивают безопасных условий труда
Защитная одежда	-	-	-	+	При соответствующей опасности
Юстировочные очки, снижающие уровень коллимированного излучения на роговице до ПДУ	-	+	+	+	Ограничено — при выполнении юстировки, наладки и ремонтно-профилактических работах

Примечание: ЛОЗ (лазерно-опасная зона) — часть пространства, в пределах которого уровень лазерного излучения превышает предельно допустимый уровень. Юстировка лазера — это совокупность операций по регулировке оптических элементов лазерного изделия для получения требуемых пространственно-энергетических характеристик лазерного излучения.

12. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Профессиональным заболеванием называется заболевание, вызванное воздействием на работающего вредных производственных факторов.

К профессиональным заболеваниям относят:

- заболевания, в возникновении которых главная роль принадлежит определенному профессиональному фактору. Вне контакта с ним заболевание возникнуть не может. Например, при силикозе — пыли диоксида кремния, при вибрационной болезни — вибрации, при острых и хронических интоксикациях — токсичным веществам;

- некоторые общие заболевания, в развитии которых установлена причинная связь с воздействием определенных факторов производственной среды и трудового процесса. Например, туберкулез у медицинских работников, имеющих контакт с больными туберкулезом, лейкозы у работающих с бензолом и источниками ионизирующего излучения, заболевания опорно-двигательного аппарата (бурситы) — у шахтеров.

Основными причинами профессиональных заболеваний могут быть интенсивное кратковременное или длительное воздействие вредных факторов в результате аварии, нарушения нормального технологического режима, неправильная организация производственного процесса, неисправность или отсутствие коллективных средств защиты, не использование или неправильное использование средств индивидуальной защиты и др.

В России ежегодно получают профессиональные заболевания около 10 тыс. человек: 11345 чел. в 2001 г., 11277 чел. в 2002 г., 10280 чел. в 2003 г., 10195 чел. в 2004 г., 8156 чел. в 2005 г.

Для сравнения — в Японии ежегодно регистрируется около 15 тыс. случаев профессиональных заболеваний, в США — около 190 тыс.

Однако, к сожалению, эти цифры не являются доказательством превосходства условий труда в нашей стране, а отражают несовершенство системы диагностики профессиональных заболеваний. Профессио-

нальная патология выявляется не полностью и происходит на поздних стадиях развития заболевания. Неполное выявление и регистрация больных с профессиональной патологией обусловлены отсутствием правовых и экономических санкций за сокрытие профессиональных заболеваний, недостатками организации и качества проведения медицинских профилактических осмотров работающих. При этом 98,78% от общего числа профзаболеваний приходится на хронические заболевания, приводящие к ограничению профессиональной пригодности и инвалидности.

Профессиональной заболеваемостью называется показатель числа больных с впервые установленными профессиональными заболеваниями и отравлениями, рассчитанный, как правило, на 10 000 работающих, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов. Так, в 2000 г. показатель профессиональной заболеваемости составил 1,81, а в 2001 г. — 2,24, в 2002 г. — 2,23, в 2003 г. — 2,13, в 2004 г. — 1,99 и в 2005 г. — 1,61 (рис. 12.1). Это означает, что из каждых 100 000 работающих примерно 16 человек получили диагноз профессиональное заболевание.

Наиболее высокие уровни профессиональной заболеваемости (данные 2005 г.) регистрируются в угольной промышленности (28,87), цветной (12,74) и черной (8,59) металлургии, машиностроении (энергетическом — 7,50, тяжелом — 7,31, строительно-дорожном — 5,39). Более низкие показатели профессиональной заболеваемости характерны для

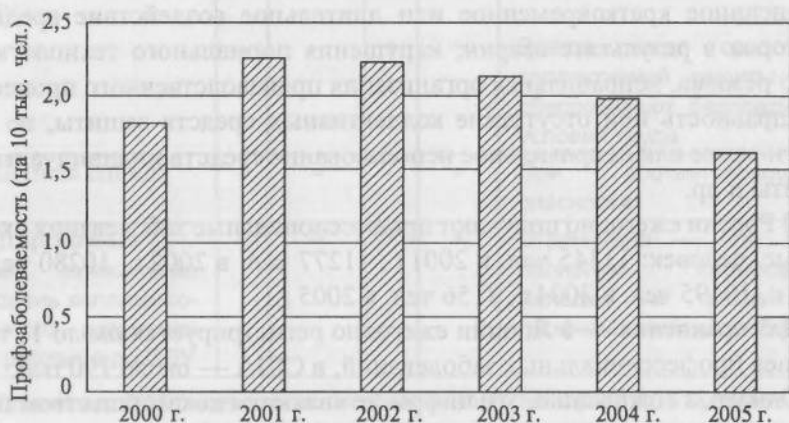


Рис. 12.1. Динамика профессиональной заболеваемости

нефтегазового комплекса России: в газовой промышленности — 2,17, в нефтедобывающей — 2,73, (2005 г.)^{*}.

Наиболее высокие уровни профессиональной заболеваемости (данные 2002 г.) регистрируются в угольной промышленности (42,15), машиностроении (энергетическом — 18,18, тяжелом — 11,27, строительно-дорожном — 9,98), цветной (13,87) и черной (11,05) металлургии. Сравнительно низкие показатели профессиональной заболеваемости характерны для нефтегазового комплекса России: в газовой промышленности — 1,15, в нефтедобывающей — 1,56, в нефтеперерабатывающей — 1,09 (2002 г.).

12.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Список профессиональных заболеваний (Приложение 5 к Приказу Минздравмедпрома России от 14.03.96 г. № 90) содержит наименование болезней в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опасные вредные вещества и производственные факторы, воздействие которых может приводить к возникновению профессиональных заболеваний, и примерный перечень работ, производств, где возможны указанные заболевания.

Согласно Списку по этиологическому признаку, т.е. характеру производственного фактора, вызвавшего заболевание, профессиональные заболевания подразделяются на 7 групп:

1. Заболевания, вызываемые воздействием химических факторов: острые и хронические интоксикации, болезни кожи.

2. Заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей: пневмокониозы, биссиноз, профессиональный бронхит, эмфизема, тотальные дистрофические заболевания верхних дыхательных путей.

3. Заболевания, вызываемые воздействием физических факторов: ионизирующих излучений, неионизирующих излучений, лазерных излучений, вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, электроофтальмия, катаракта, декомпрессионная (кессонная) болезнь и ее последствия, перегрев, переохлаждение и др.

4. Заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем: невроты, радикулиты, заболевания опорно-двигательного аппарата и др.

^{*} Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2005 году».

5. Заболевания, вызываемые действием биологических факторов: инфекционные и паразитарные заболевания, однородные той инфекции, с которой работники находятся в контакте во время работы (туберкулез, вирусный гепатит, чесотка, сифилис и др.), микозы (грибковые заболевания) открытых участков кожи, дисбактериоз.

6. Аллергические заболевания: конъюнктивит, ринит, экзема, бронхиальная астма и др.

7. Новообразования: опухоли кожи, полости рта и органов дыхания, опухоли печени, рак желудка, лейкозы, опухоли мочевого пузыря, опухоли костей.

В структуре хронических профзаболеваний преобладают заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, вибрационная болезнь, заболевания органов слуха (табл. 12.1).

Т а б л и ц а 12.1

Структура профессиональных заболеваний (в %)

№ п/п	Заболевание	% от общего числа	
		2004 г.	2005 г.
1	Заболевания, связанные с воздействием физических факторов (шум, вибрация)	36,8	38,6
2	Заболевания органов дыхания под действием промышленных аэрозолей	29,3	27,0
3	Заболевания опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы	17,3	18,2
5	Заболевания (интоксикации), вызванные воздействием химических факторов	7,5	8,1
5	Инфекционные и паразитарные заболевания (биологический фактор)	6,6	6,3
6	Аллергические заболевания	2,0	1,4
7	Профессиональные новообразования	0,5	0,4

12.2. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Расследование и учет профессиональных заболеваний производятся в соответствии с «Положением о расследовании и учете профессиональных заболеваний», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2000 г. № 967.

В соответствии с Положением расследованию и учету подлежат все впервые выявленные острые и хронические профессиональные заболевания (отравления).

Профессиональные заболевания, возникающие в течение короткого промежутка времени (одной смены или рабочего дня), называются острыми, а возникающие в течение более длительного срока — хроническими.

Профессиональное заболевание в соответствии с Федеральным законом «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» является страховым случаем.

Работник или его доверенное лицо имеет право на личное участие в расследовании.

При установлении предварительного диагноза — острое профессиональное заболевание врач медпункта или другого медицинского учреждения обязан в течение 24 часов направить экстренное извещение в центр госсанэпиднадзора и сообщение работодателю по форме, установленной Минздравом РФ. Центр госсанэпиднадзора в течение суток со дня получения экстренного сообщения приступает к выяснению обстоятельств и причин возникновения заболевания. В результате составляется санитарно-гигиеническая характеристика условий труда работника, которая направляется в учреждение здравоохранения по месту жительства или прикрепления работника. Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда составляется по форме, утверждаемой Минздравом РФ.

Учреждение здравоохранения на основании клинических данных о состоянии здоровья работника и санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз — острое профессиональное заболевание и составляет медицинское заключение.

При установлении предварительного диагноза — хроническое профессиональное заболевание извещение направляется в центр госсанэпиднадзора в 3-дневный срок, а на составление санитарно-гигиенической характеристики условий труда отводится 2 недели. Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз — хроническое профессиональное заболевание в месячный срок обязано направить работника в центр профессиональной патологии. Центр профпатологии устанавливает заключительный диагноз — хроническое профессиональное заболевание и в 3-дневный срок направляет соответствующее извещение в центр госсанэпиднадзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившего больного.

Работодатель обязан организовать расследование обстоятельств и причин возникновения у работника профессионального заболевания.

Работодатель в течение 10 дней с даты получения извещения об установлении заключительного диагноза профессионального заболевания образует комиссию по расследованию в составе: главный врач центра госсанэпиднадзора (председатель комиссии), представитель работодателя, специалист по охране труда, представитель учреждения здравоохранения и представитель профкома. Комиссия устанавливает обстоятельства и причины профессионального заболевания, определяет виновных и меры по предотвращению профессиональных заболеваний. По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания по прилагаемой форме. Работодатель обязан в месячный срок после завершения работы комиссии издать приказ о конкретных мерах по предупреждению профессиональных заболеваний.

Акт о случае профессионального заболевания составляется в 3-дневный срок по истечении срока расследования в 5 экземплярах: для работника, работодателя, центра госсанэпиднадзора, центра профпатологии и страховщика. Акт подписывается членами комиссии, утверждается главным врачом центра госсанэпиднадзора и заверяется печатью центра. В акте подробно излагаются обстоятельства и причины профессионального заболевания, указываются лица, допустившие нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил и других нормативных документов. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, которая привела к возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, указывается степень его вины (в процентах).

Акт о случае профессионального заболевания хранится в течение 75 лет в центре госсанэпиднадзора и в организации, где проводилось расследование случая профессионального заболевания.

Акт расследования является важным юридическим и статистическим документом. На основе актов определяются: пособие по временной нетрудоспособности, размер возмещения ущерба в виде единовременных и ежемесячных страховых выплат, а также оплата дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию пострадавших (ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ).

УТВЕРЖДАЮ
Главный врач
центра государственного
санитарно-эпидемиологического надзора

(административная территория)

(Ф.И.О., подпись)

" _____ " _____ год

Печать

Акт о случае профессионального заболевания

от " _____ " _____ года

1. _____

(фамилия, имя, отчество и год рождения пострадавшего)

2. Дата направления извещения _____

(наименование лечебно-профилактического учреждения, юридический адрес)

3. Заключительный диагноз _____

4. Наименование организации _____

(полное наименование, отраслевая принадлежность, форма собственности, юридический адрес, коды ОКПО, ОКОНХ)

5. Наименование цеха, участка, производства _____

6. Профессия, должность _____

7. Общий стаж работы _____

8. Стаж работы в данной профессии _____

9. Стаж работы в условиях воздействия вредных веществ и неблагоприятных производственных факторов _____

(виды фактически выполняемых работ в особых условиях, не указанных в трудовой книжке, вносятся с отметкой "со слов работающего")

10. Дата начала расследования _____

Комиссией в составе председателя _____

(Ф.И.О., должность)

членов комиссии _____

(Ф.И.О., должность)

проведено расследование случая профессионального заболевания _____

18. Причиной профессионального заболевания или отравления послужило: длительное, кратковременное (в течение рабочей смены), однократное воздействие на организм человека вредных производственных факторов или веществ _____

(указывается количественная и качественная характеристика вредных производственных факторов в соответствии с требованиями гигиенических критериев оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса)

19. Наличие вины работника (в процентах) и ее обоснование _____

20. Заключение: на основании результатов расследования установлено, что настоящее заболевание (отравление) является профессиональным и возникло в результате _____

(указываются конкретные обстоятельства и условия)

Непосредственной причиной заболевания послужило _____

(указывается конкретный вредный производственный фактор)

21. Лица, допустившие нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил и иных нормативных актов: _____

(Ф.И.О., с указанием нарушенных ими положений, правил и иных актов)

22. В целях ликвидации и предупреждения профессиональных заболеваний или отравлений предлагается: _____

23. Прилагаемые материалы расследования _____

24. Подписи членов комиссии: _____

(Ф.И.О., дата)

М.П.

Таблица 12.2

Список профессиональных заболеваний

№ п/п	Наименование болезней в соответствии с классификацией МКБ ВОЗ IX пересмотра	Опасные вредные вещества и производственные факторы, воздействие которых может приводить к возникновению профессиональных заболеваний	Примерный перечень проводимых работ, производств
1	2	3	4
<i>1. Заболевания, вызываемые воздействием химических факторов</i>			
1.1.	Острые, хронические интоксикации, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем 984 – токсическое поражение органов дыхания: ринофаринголарингит, эрозия, перфорация носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмосклероз и др.	Химические вещества: исходное сырье, промежуточные, побочные и конечные продукты. Азотная кислота, аммиак, оксиды азота, изоцианаты, кремнийорганические соединения, селен, сера и ее соединения, формальдегид, фталевый ангидрид, фтор и его соединения, хлор и его соединения, хром и его соединения и др.	Все виды работ, связанные с процессами получения, применения (включая лабораторные работы) химических веществ, обладающих токсичным действием, в различных отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, транспорте, сфере обслуживания
	– токсическая анемия 281.9	амино-, нитро- и хлорсоединения ароматического ряда, бензол и его производные, гомологи бензола, гексаметилендиамин, пестициды (хлорорганические), свинец и его неорганические соединения и др.	
	– токсический гепатит 981, 982, 989	амино- и нитросоединения ароматического ряда, бензол и его производные (стирол), галогенпроизводные углеводородов жирного ряда, гидразин и его соединения, пестициды (хлорорганические), фосфор и его соединения, фтор и его соединения	

1	2	3	4
	<p>–токсическая нефропатия 581.1</p> <p>–токсическое поражение нервной системы: полиневропатия, неврозоподобные состояния, энцефалопатия 982, 984, 985</p> <p>–токсическое поражение глаз: катаракта, конъюнктивит, кератоконъюнктивит 366.5, 372.1, 370.4</p> <p>–токсическое поражение костей: в виде остеопорозов 733.0</p>	<p>бета-нафтол, кадмий, четыреххлористый углерод</p> <p>амино-, нитро- и хлорсоединения ароматического ряда, гексаметилендиамин, бензол и его производные (гомологи бензола, стирол), галогенопроизводные углеводороды жирного ряда, гидразин и его соединения, марганец, пестициды, ртуть и ее соединения, сероуглерод, тетраэтилсвинец и многие др.</p> <p>тринитротолуол, азотная кислота, аммиак, оксиды азота, изоцианаты, сера и ее соединения, формальдегид, фтор и его соединения, хлор и его соединения и др.</p> <p>фосфор желтый и его соединения, фтор и его соединения</p>	
1.2.	Болезни кожи: эпидермоз, контактный дерматит, фотодерматит, онихин, паранихин, токсическая меланодермия, масляные фолликулы 692.0-692.5	Продукты перегонки нефти, каменного угля и сланцев (бензин, керосин, смазочные масла, крезол, лизол, гудрон, мазут, асфальт, пек и продукты его переработки, хлорированные нафталины, кислоты, щелочи, органические растворители, гидросульфит, хлорная известь, соли тяжелых металлов, соединения мышьяка, сурьмы, формалин, клей и др.	Предприятия химической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной, металлургической, деревообрабатывающей, кожсырьевой, кожевенной, пищевой промышленности; очистка нефтеналивных судов; строительное и мебельное производство, строительство шахт и др.

1	2	3	4
1.2.1.	Профессиональное витилиго 709.0	Пара-трет-бутилфенол (ПТБФ), пара-алкил (C ₁ -C ₈)- и пара-алкоксифенолы, 4-алкилпирокатехины	Производство и применение ПТБФ для получения смол, лаков, эмалей. Производство фенолсодержащих присадок к маслам и топливам
1.3.	Металлическая лихорадка, фторопластовая (тефлоновая) лихорадка 672, 985	Аэрозоли конденсации цветных металлов (цинк, медь, никель, сурьма и др.), аэрозоли вторичной полимеризации фторопластов	Производство цветных металлов, пластических масс (фторопластов) и их переработка, обработка материалов из цветных металлов
<i>2. Заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей</i>			
2.1	Пневмокониозы: силикоз, асбестоз, талькоз, каолиноз, пневмокониоз шлифовальщиков или наждачников, цементной и другими видами смешанной пыли; карбокониозы; сидероз, баритоз и другие пневмокониозы от рентгеноконтрастной пыли; бериллиоз и другие гиперчувствительные пневмониты 495, 500-507	Вдыхание пыли, содержащей диоксид кремния в свободном и связанном состоянии, рудничной, рентгеноконтрастной, углеродсодержащей пыли (уголь, кокс, сажа, графит и др.); пыли металлов и их оксидов, в т.ч. твердых и тяжелых сплавов, сварочный аэрозоль; пыли органических и искусственных минеральных волокон, пластмасс и в т.ч. обсемененность вдыхаемого аэрозоля микрофлорой и др.	Работа в рудниках, шахтах, открытых карьерах, на обогатительных и доводочных фабриках горнорудной и угольной промышленности; добыча и обработка нерудных пород и материалов, асбеста и других силикатов, щебня и др.; производство асбестоцемента и других асбестосодержащих материалов (трубы, шифер, панели, доски, фрикционные, асбестотекстильные изделия и др.); производство фарфоро-фаянсовых изделий, стекла; производство, применение и огнеупоров и абразивов; применение кокса, сажи, графитов; металлургическое и литейное производство; машиностроение; металлообработка, сварочные работы; размол сыпучих материалов; производство, обработка пластмасс; сельскохозяйственные и другие виды работ, связанные с пылевыделением

1	2	3	4
2.2.	Биссиноз 504	Длительное вдыхание различных видов растительной пыли (хлопка, льна, джута)	Переработка хлопка, льна, джута в производстве текстиля
2.3.	Профессиональный бронхит (пылевой, токсико-пылевой): – необструктивный – обструктивный – астматический 491.0-491.8, 506.0, 493.9	Вдыхание всех вышеуказанных видов пыли, а также органической пыли растительного и животного происхождения (мучной, зерновой, волосяной, шерстяной, табачной, бумажной, сахарной и др.). Одновременное действие пылевого, сенсibilизирующего и химического фактора (раздражающие вещества, компоненты выхлопа самоходных горных машин и др.), в т.ч. взрывных газов в сочетании с неблагоприятными микроклиматическими условиями	Работы, указанные в графе 4 пункта 2.1. «Пневмокониозы», а также производства: валяльно-войлочное, мукомольно-крупяное, сахарное, фармацевтическое, шерстяное, первичная обработка хлопка, льна и других лубяных культур, а также другие виды работ, связанные с пылевыведением
2.4.	Эмфизема-бронхит с диффузной трахеобронхиальной дискинезией 496	Вдыхание пыли, указанной в графе 3 п. 2.3., в т.ч. в сочетании с физическим напряжением	Работы, указанные в графе 4 п. 2.3.
2.5.	Тотальные дистрофические заболевания верхних дыхательных путей (хронический субатрофический и гипертрофический ринофарингит) 472, 476.2, 478.2	Вдыхание пыли, указанной в графе 3 п. 2.3.	Работы, указанные в графе 4 п. 2.3.

1	2	3	4
<i>3. Заболевания, вызываемые воздействием физических факторов</i>			
3.1.	<p>Заболевания, связанные с воздействием ионизирующих излучений</p> <p>а) лучевая болезнь (острая или хроническая) 990</p> <p>б) местные лучевые поражения (острые или хронические) 990</p>	<p>Однократное кратковременное общее воздействие внешнего ионизирующего излучения или поступления внутрь организма значительных количеств радиоактивных веществ и их соединений</p> <p>Систематическое воздействие ионизирующей радиации в дозах, превышающих допустимые для профессионального облучения</p> <p>Внешнее локальное воздействие проникающего излучения, воздействие радиоактивных веществ</p>	<p>Все виды работ с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений</p>
3.2	<p>Заболевания, связанные с воздействием неионизирующих излучений: вегетативно-сосудистая дистония, астенический, астено-вегетативный, гипоталамический синдромы 994, 995</p>	<p>Систематическое воздействие электромагнитных излучений радиодиапазона сверхвысоких частот — СВЧ; когерентные монохроматические излучения</p>	<p>Все виды работ с источниками электромагнитных излучений радиодиапазона СВЧ; все виды работ с излучением оптических квантовых генераторов</p>
3.3.	<p>Местное повреждение тканей лазерным излучением (ожоги кожи, поражение роговицы глаз сетчатки) 949</p>	<p>Локальные воздействия лазерных излучений</p>	<p>Все виды работ с излучением оптических квантовых генераторов</p>

1	2	3	4
3.4.	Вибрационная болезнь 994.9	Длительное систематическое воздействие производственной локальной вибрации, передающееся на руки работающих, и вибрации рабочих мест	Работа с ручными машинами, генерирующими вибрацию, и рабочие места машин, генерирующих вибрацию
3.5.	Нейросенсорная тугоухость 389.1	Систематическое воздействие производственного шума	Все виды трудовой деятельности, связанные с воздействием интенсивного производственного шума, в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте, связи
3.6.	Вегетативно-сенсорная (ангионевроз) полиневропатия рук 723.1-722.3.4	Контактная передача ультразвука на руки	Работа с ультразвуковыми дефектоскопами и медицинской аппаратурой
3.7.	Электрофтальмия 360.8, 360.9	Интенсивное ультрафиолетовое излучение	Работы, связанные с газо- и электросваркой, и в условиях интенсивного ультрафиолетового излучения
3.8.	Катаракта 366.2, 366.8	Систематическое воздействие лучевой энергии (инфракрасное, ультрафиолетовое излучения, СВЧ-излучения, рентгеновское, гамма-лучи, нейтронное, протонное излучение)	Кузнечно-прессовые, электросварочные и термические работы, производство изделий из стекла, работы, связанные с инфракрасным излучением в металлургии, с воздействием ионизирующих и неионизирующих излучений

1	2	3	4
3.9.	Декомпрессионная (кессонная) болезнь и ее последствия 993	Повышенное атмосферное давление, процессы декомпрессии	Работы в кессонах, барокамерах, водолазные и другие работы в условиях повышенного атмосферного давления
3.10.	Перегрев: тепловой удар, судорожное состояние 992	Повышенная температура и интенсивное тепловое излучение в рабочей зоне	Работа в глубоких шахтах, литейных, мартеновских, листопрокатных, трубoproкатных цехах; ремонт промышленных печей, чистка топок, котлов, варка стекла, другие работы при повышенной температуре
3.11.	Облитерирующий эндартериит, вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз) 991	Пониженная температура в рабочей зоне	Работа на рыболовческих судах, рыбопромысловых комбинатах; холодильниках; геологические работы; на лесозаготовках; сырых, заболоченных местах; торфоразработках, горнорудниках; работы в условиях обводненных выработок и вечной мерзлоты; шахтная добыча нефти и др. виды работ при пониженной температуре в рабочей зоне
3.12.	Ониходистрофии, механические эпидермозы (омозолелости и др.) 703, 703.9	Обработка мездры, температурные и метеорологические факторы	Кожевенное и меховое производство, сельскохозяйственные работы (полевые), работы на судах и береговых предприятиях по обработке рыбы

1	2	3	4
4. Заболевания, связанные с физическими нагрузками и перенапряжением отдельных органов и систем			
4.1.	Координаторные невроты, в том числе писчий спазм 300, 307	Работы, требующие высокой координации движений и выполняемые в быстром темпе	Работа на клавишных аппаратах и музыкальных инструментах; стенография, рукописные, машинописные, чертежные, граверные, копировальные работы и др.
4.2.	Заболевания периферической нервной системы		
4.2.1.	Моно- полиневропатии, в т.ч. компрессионные и вегетативно-сенсорные полиневропатии верхних конечностей 354, 354.0–354.9	Работы, связанные со статико-динамическими нагрузками на плечевой пояс, многократно повторяющимися движениями рук, давлением на нервные стволы в сочетании с микротравматизацией, охлаждением	Шлифовальные, формовочные, малярные, штукатурные работы, швейное, обувное производство, ручная дойка
4.2.2.	Рефлекторные синдромы шейного и пояснично-крестцового уровня (нейрососудистый, миотонический, нейродистрофический) 353, 353.0–353.9	Работы, связанные с подъемом и перемещением тяжестей, длительным пребыванием в вынужденной рабочей позе с наклоном туловища, головы (сгибание, повороты), микромакротравматизация	Вальцовочные, кузнечные, клепальные, обрубные, строительные работы; работы на большегрузных самоходных, в т.ч. сельскохозяйственных машинах, в горнодобывающей отрасли, цирковые работы, погрузо-разгрузочные работы и др.
4.2.3.	Шейно-плечевая, пояснично-крестцовая радикулопатия	Работы, указанные в графе 3 п. 4.2.2.	Работы, указанные в графе 4 п. 4.2.2.

1	2	3	4
4.2.4.	Радикуломиелопатия шейного и пояснично-крестцового уровня 353.0–353.9, 355.0	Работы, указанные в графе 3 п. 4.2.2.	Работы, указанные в графе 4 п. 4.2.2.
4.3.	Заболевания опорно-двигательного аппарата 715.8, 727.2		
4.3.1.	Хронические миофиброзы предплечий и плечевого пояса, тендовагиниты	Работы, связанные с локальными и регулярными мышечными нагрузками	Работы на клавишных вычислительных машинах, пишущей машинке, горнодобывающие, шлифовальные, бурильные, кузнечные, клепальные, обрубные, формовочные, малярные, музыкальные, др.
4.3.2.	Стенозирующие лигаментозы, стилоидозы (локтевой и плечевой), эпикондилиты 726.3	Работы, связанные с систематическим давлением на связки, частым сгибанием предплечья в сочетании с его пронацией и супинацией, вращательными движениями и отведением кисти	Штамповочные, волочильные, штукатурные, обмоточно-изолированные малярные работы, различные работы по раскрою, резанию тканей, обуви и др.
4.3.3.	Периартрозы (плечелопаточный, локтевой, коленный), деформирующие остеоартрозы (той же локализации) с нарушением функции; бурситы, асептические остеонекрозы 714, 715	Работы, связанные с выполнением широкоамплитудных вращательных движений, систематическим давлением в области соответствующих суставов, перенапряжением и травматизацией последних. Различные виды работ, выполняемые на корточках, коленях	Строительные, проходческие, бурильные, кровельные работы, различные виды работ по изготовлению паркета, гранита и др.

1	2	3	4
4.4.	Опущение и выпадение матки и стенок влагалища 618.0–618.4	Длительные (10 лет и более) систематические (более 50% времени смены) подъемы и перемещения тяжестей при сочетании с вынужденной рабочей позой и действием вибрации или без нее у женщин в возрасте до 40 лет при отсутствии травматизации мышц тазового дна в период родов	Работы, связанные с перемещением грузов вручную или приложением усилий
4.5.	Выраженное варикозное расширение вен на ногах, осложненное воспалительными (тромбофлебит) или трофическими расстройствами 454.0–454.2	Длительное пребывание в вынужденной рабочей позе стоя	Работы, связанные с длительным статическим напряжением, стоянием, систематической переноской тяжелых грузов. Работы в горных выработках (проходческие), бурильные, крепежные и др., особенно на крутопадающих пластах
4.6.	Заболевания, вызываемые перенапряжением голосового аппарата; хронические ларингит, узелки голосовых складок ("узелки певцов"), контактные язвы голосовых складок 478.3–478.5	Работа, связанная с систематическим перенапряжением голосового аппарата	Преподавательская работа, дикторская работа на радио, телевидении, вокально-разговорные виды актерских работ; работа на телефонных станциях и др.

1	2	3	4
4.7.	Прогрессирующая близорукость 369.2	Повышенное напряжение зрения при различении мелких предметов с близкого расстояния	Картография, сборка ферритовых изделий к электронным машинам, огранка и контроль качества драгоценных камней, сборка часов, корректорская работа с оптическими приборами
4.8.	Неврозы 300	Длительное непосредственное обслуживание душевнобольных людей	Работа медицинского персонала в психиатрических учреждениях, в т.ч. преподаватели и обслуживающий персонал спецшкол для психически неполноценных детей
<i>5. Заболевания, вызываемые действием биологических факторов</i>			
5.1.	Инфекционные и паразитарные заболевания, однородные с той инфекцией, с которой работники находятся в контакте во время работы: туберкулез, бруцеллез, сиф, сибирская язва, клещевой энцефалит, орнитоз, узелки доярок, токсоплазмоз, вирусный гепатит, микозы кожи, эризипелоид Розенбаха, чесотка, сифилис и др. 001, 010-018, 020-027, 039.0, 040	Контакт с инфекционными больными, инфицированными материалами или переносчиками болезней, с больными животными, продуктами животного и растительного происхождения (кожа, шерсть, щетина, конский волос, мясо, кожевенное, меховое сырье, утильсырье, зерно, хлопок и др.); контакт с грызунами, обсемененными поверхностями и др.	Работа в инфекционных, противотуберкулезных учреждениях, лечебно-трудовых мастерских для больных туберкулезом, животноводческих хозяйствах, ветеринарная служба, на врачебных участках, мясокомбинатах, кондитерских, консервных фабриках, заводах; обработка кожевенного сырья, зверобойный промысел на судах и береговых предприятиях рыбной промышленности; различные виды работ в условиях лесных массивов

1	2	3	4
5.2.	Микозы открытых участков кожи 110-118	Контакт с обсемененной грибковой флорой, шахтной водой и оборудованием в подземных выработках	Работы в рудниках и шахтах и др.
5.3.	Дисбактериоз, кандидомикоз кожи и слизистых, винцераальный кандидоз	Антибиотики, грибы-продуценты, белково-витаминные концентраты (БВК), кормовые дрожжи, комбикорма	Работа в отраслях микробиологической промышленности; применение в производствах медицинской промышленности, в медицинской практике аптечных и других учреждений веществ, указанных в графе 3
<i>б. Аллергические заболевания</i>			
	Аллергические заболевания: конъюнктивит, ринит, ринофарингит, ринофаринголарингит, риносинусит, бронхиальная астма, астматический бронхит, экзогенный альвеолит, эпидермоз, дерматит, экзема, токсикодермия, отек Квинке, крапивница, анафилактический шок, токсико-аллергический гепатит, поражения центральной и периферической нервной систем и др. 995	Вещества и соединения аллергизирующего действия	Работы, связанные с воздействием аллергенов в различных отраслях промышленности (предприятия химической, химико-фармацевтической, строительной, деревообрабатывающей промышленности, металлургии, машиностроения, текстильные, щетинно-щеточные, меховые предприятия, производства комбикормов, белково-витаминных концентратов и др.); в сельском хозяйстве (птицефабрики, фермы, работа с пестицидами и др.); транспорте; предприятиях бытового обслуживания (химчистки, парикмахерские, прачечные и др.); медицинских и аптечных учреждениях; лабораториях промышленных предприятий, институтов и др.) вивариях

7. Новообразования			
1	2	3	4
	Новообразования: а) опухоли кожи (гиперкератозы, эпителиомы, папилломы, рак, лейкокератозы 172, 173	Продукты перегонки каменного угля, нефти, сланцев (смола, пек, антрацен, фенантрен, антраценовое масло, азотсодержащие соединения, гудрон, парафин и др.)	Все работы, связанные с воздействием веществ, перечисленных в графе 3, различных отраслях промышленности; Работы с радиоактивными веществами, другими видами ионизирующих излучений
	б) опухоли полости рта и органов дыхания 140–149	Соединения никеля, хрома, мышьяка, каменноугольных смол; асбест, асфальт, вдыхание пыли радиоактивных руд и пыли с адсорбированными на ней полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), углепластиков	Работы, связанные с получением и применением соединений никеля, мышьяка, хрома; разведка, добыча и переработка радиоактивных руд, асбеста и асбестосодержащих материалов; работы, связанные с получением искусственного граната и изделий из него; асфальтировка
	в) опухоли печени 150–159	Винилхлорид, длительный контакт с радиоактивными веществами, тропными к печеночной ткани (полоний, торий, плутоний)	Работы с винилхлоридом, в радиохимических производствах и др.
	г) рак желудка 150–159	Шестивалентные соединения хрома, асбестосодержащая пыль, никель, ПАУ адсорбированные на пыли	Работа по производству хромовых соединений, асбеста и асбестосодержащих изделий, получению никеля, контакт с пылью с адсорбированными на ней ПАУ
	д) лейкозы 200–208	Бензол, воздействие различных видов ионизирующих излучений	Работа с бензолом и источниками ионизирующего излучения

1	2	3	4
	е) опухоли мочевого пузыря (папилломы, рак) 188	Амины бензольного и нафталинового рядов (бензидин, дианизидин, нафтиламины и др.)	Работа с этими веществами в различных отраслях промышленности
	ж) опухоли костей 170	Длительный контакт с остеотропными радиоактивными веществами (радий, стронций, плутоний)	Работа в радиохимических производствах, радиологических и радиохимических лабораториях

13. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

В соответствии со статьей 221 Трудового кодекса Российской Федерации работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются бесплатно сертифицированные специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты.

Средствами индивидуальной защиты (СИЗ) называют средства, предназначенные для обеспечения безопасности одного работающего. СИЗ не устраняют имеющиеся на производстве вредные или опасные производственные факторы, а во многих случаях в большей или меньшей степени мешают выполнению профессиональной деятельности, создавая помехи труду. Поэтому СИЗ применяют только в тех случаях, когда конструкция оборудования, организация производственных процессов, архитектурно-планировочные решения и средства коллективной защиты не обеспечивают безопасность труда.

Вместе с тем имеется много производственных процессов или отдельных производственных ситуаций, в том числе аварийных, при которых применение СИЗ является наиболее надежным, а иногда и единственным способом обеспечения безопасности человека. Так, например, в условиях высокой загазованности рабочей зоны (при выполнении работ внутри закрытых емкостей, в колодцах, коллекторах, в аварийной ситуации на химическом, нефтехимическом, газоперерабатывающем заводе) нельзя работать без средств индивидуальной защиты органов дыхания. При наличии шума, превышающего ПДУ, например, на компрессорных станциях, нельзя работать без средств защиты органов слуха. Электрогазосварщик не может выполнять работу без средств защиты глаз и лица. Число таких примеров можно легко умножить. В зависимости от назначения СИЗ подразделяются на 12 классов (ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»):

- костюмы изолирующие;
- средства защиты органов дыхания;
- одежда специальная защитная;
- средства защиты ног;
- средства защиты рук;
- средства защиты головы;
- средства защиты лица;
- средства защиты глаз;
- средства защиты органа слуха;
- средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства;
- средства дерматологические защитные;
- средства защитные комплексные.

Организационно в одних производственных ситуациях те или иные СИЗ применяют непрерывно и постоянно на протяжении всего рабочего времени, а в других используют только для некоторых производственных операций, связанных с воздействием вредных или опасных производственных факторов.

В табл. 13.1 показано применение различных классов СИЗ при действии некоторых вредных производственных факторов.

Выдача СИЗ осуществляется в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты. Например, «Типовые нормы бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций магистрального трубопроводного транспорта нефти» утверждены приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 6 июня 2006 г. № 458.

Нормы обеспечения работников бесплатными (за счет средств работодателя) средствами индивидуальной защиты, предусмотренные в Типовых отраслевых нормах, следует рассматривать как минимально необходимые. Предприятия имеют право устанавливать свои нормы с расширенным ассортиментом СИЗ. В качестве примера можно привести Технический стандарт компании ТНК-ВР «Средства индивидуальной защиты работников Обществ, входящих в группу ТНК-ВР», нормы

Таблица 13.1

Выбор СИЗ в зависимости от вида вредных производственных факторов

Факторы	Изолирующие костюмы	СИЗОД	Спец-одежда	Спец-обувь	Средства защиты					Приспособления	Защитные дерматологические средства
					Рук	Головы	Лица	Глаз	Органов слуха		
Механические воздействия	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Термические воздействия	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Шум	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Вибрация	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
Электрический ток, электрические поля	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Радиоактивные вещества	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+

Факторы	Изолирующие костюмы	СИЗОД	Спец-одежда	Спец-обувь	Средства защиты					Приспособления	Защитные дерматологические средства
					Рук	Головы	Лица	Глаз	Органов слуха		
Инфракрасное, ультрафиолетовое излучение, слепящий свет, радиоволны	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Недостаток кислорода	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вредные газы, пары, аэрозоли	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
Вредные вещества (твердые, жидкие), нефть, кислоты, щелочи	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Биологические факторы	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

которого превосходят отраслевые нормы по качеству и ассортименту СИЗ.

Типовые отраслевые нормы предусматривают обеспечение работников средствами индивидуальной защиты независимо от того, к какой отрасли экономики относятся производства, цехи, участки и виды работ, а также независимо от форм собственности организаций. Например, станочнику, занятому механической обработкой металла, независимо от того, в какой организации он работает, средства индивидуальной защиты выдаются в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам машиностроительных и металлообрабатывающих производств.

Выдаваемые работникам средства индивидуальной защиты должны соответствовать их полу, росту и размерам, характеру и условиям выполняемой работы и обеспечивать безопасность труда. Постановлением Госстандарта России с 1992 года в России введена Система сертификации СИЗ, введены Правила сертификации СИЗ, создана сеть специальных испытательных лабораторий. Все отечественные, а это более 1000 наименований, и иностранные СИЗ должны соответствовать требованиям охраны труда, установленным в Российской Федерации, и иметь российский сертификат соответствия. Приобретение и выдача работникам средств индивидуальной защиты, не имеющих сертификата соответствия, не допускается.

Выдача работникам и сдача ими средств индивидуальной защиты записываются в личную карточку работника (см. Приложение к Постановлению).

Работодатель обязан организовать надлежащий уход за СИЗ, т.е. своевременно и качественно осуществлять их химчистку, стирку, ремонт, обезвреживание и обеспыливание. В тех случаях, когда это требуется по условиям производства в цехах, на участках должны устраиваться сушилки для специальной одежды и специальной обуви, камеры для обеспыливания специальной одежды и установки для дегазации, дезактивации и обезвреживания средств индивидуальной защиты.

Работодатель несет ответственность за своевременное и в полном объеме обеспечение работников СИЗ, за организацию контроля за правильностью их применения и хранения.

ПРИЛОЖЕНИЕ
к Правилам обеспечения работников
специальной одеждой и обувью
и другими средствами индивидуальной защиты,
утвержденным постановлением Минтруда России
от 18 декабря 1998 г. № 51

Лицевая сторона личной карточки

Личная карточка № _____

учета выдачи средств индивидуальной защиты

Фамилия _____	Пол _____
Имя _____ Отчество _____	Рост _____
Табельный номер _____	Размер:
Структурное подразделение _____	одежды _____
Профессия (должность) _____	обуви _____
Дата поступления на работу _____	головного убора _____
Дата изменения профессии (должно- сти) или перевода в другое структур- ное подразделение _____	противогаза _____
_____	респиратора _____
_____	рукавиц _____
_____	перчаток _____

Предусмотрено по Типовым отраслевым нормам:

Наименование средств индивидуальной защиты	Пункт Типовых отраслевых норм	Единица измерения	Количество на год

Руководитель структурного подразделения _____

Оборотная сторона личной карточки

Наименование средств индивидуальной защиты	ГОСТ, ОСТ, ТУ, сертификат соответствия	Выдано					Возвращено					
		Дата	Количество	Процент износа	Стоимость, руб	Расписка в получении	Дата	Количество	Процент износа	Стоимость, руб	Расписка сдавшего	Расписка в приеме
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

13.1. КОСТЮМЫ ИЗОЛИРУЮЩИЕ

Изолирующими костюмами называются средства индивидуальной защиты, изолирующие человека от окружающей среды и обеспечивающие его защиту в особо опасных условиях. К ним относятся пневмокостюмы или изолирующие костюмы промышленного назначения, гидроизолирующие костюмы и скафандры. Изолирующие костюмы промышленного назначения применяются для изоляции человека от воздействия опасных и вредных факторов при нормальном атмосферном давлении. Гидроизолирующие костюмы и скафандры применяются для работы в экстремальных условиях — под водой, в космосе, при сверхнизких и высоких температурах.

В данном разделе будут рассмотрены изолирующие костюмы промышленного назначения в соответствии с ГОСТ Р 12.4.196-99 «ССБТ. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний».

Изолирующие костюмы применяются в различных производственных ситуациях при выполнении ремонтных (в изолированных объемах, при ремонте нагревательных печей, газовых сетей и т.д.) и аварийных работ (при пожаре, аварийном выбросе химических или радиоактивных веществ).

Изолирующие костюмы используются для защиты человека от теплового, химического, радиационного и биологического воздействия.

В зависимости от способа подачи воздуха в подкостюмное пространство эти СИЗ подразделяются на две группы:

- шланговые, в которых воздух для дыхания и вентилирования подкостюмного пространства поступает по шлангу;
- автономные, имеющие в своем составе собственный, носимый человеком источник снабжения воздухом для дыхания и вентилирования подкостюмного пространства.

В конструкции костюма может быть или отсутствовать устройство для регулирования температуры воздуха подкостюмного пространства.

Конструкция изолирующего костюма должна обеспечивать возможность приема и передачи информации: звуковой, зрительной или с помощью специальных устройств.

Костюмы изолирующие должны гарантировать надежную защиту человека в течение заданного времени непрерывного пользования, уста-

новленного нормативно-технической документацией на конкретное СИЗ.

На рис. 13.1 в качестве примера показан один из видов отечественных изолирующих костюмов.

Изолирующий комплект МБК предназначен для защиты органов дыхания и кожных покровов персонала на нефтепромысловых предприятиях и предприятиях по переработке нефти, в том числе в аварийных ситуациях.

Изолирующий комплект состоит из комбинезона с притачным капшоном и рукавиц, изготовленных из изолирующего материала МКФ-3. Комплект используется в сочетании с дыхательным аппаратом типа АВХ и др., надевается поверх спецодежды и используется в течение 5–6 рабочих смен с механической влажной очисткой поверхности после каждой смены.



Рис. 13.1. Изолирующий комплект МБК (ТУ 6-ВИ.086.00.000-91)

13.2. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ (СИЗОД)

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) предназначены для того, чтобы предохранить от вдыхания и попадания в организм человека вредных веществ (аэрозолей, газов, паров) и/или от недостатка кислорода (содержание кислорода в воздухе менее 17% об.). В соответствии с ГОСТ Р 12.4.034-2001 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка» существуют два различных метода обеспечения индивидуальной защиты органов дыхания от воздействия окружающей воздушной среды (рис. 13.2):

- очистка воздуха (фильтрующие СИЗОД);
- подача чистого воздуха или дыхательной смеси на основе кислорода от какого-либо источника (изолирующие СИЗОД).

При выборе СИЗОД необходимо учитывать химический состав, концентрацию, состояние (газы, пары или аэрозоли) загрязняющих веществ, продолжительность работы, содержание кислорода и другие факторы, характеризующие тяжесть и условия труда.

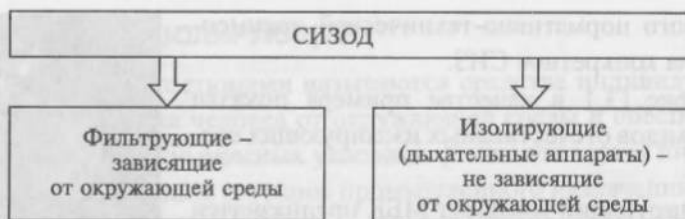


Рис. 13.2. Классификация средств индивидуальной защиты органов дыхания

Фильтрующие СИЗОД подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны, изолирующие — воздух из чистого пространства, расположенного вне рабочей зоны или из специальных емкостей.

Фильтрующие средства защиты (ГОСТ 12.4.041-2001 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования») — это промышленные противогазы с фильтрующими коробками различных марок (в зависимости от концентрации и состава вредных примесей) и фильтрующие респираторы. Фильтрующие средства защиты по назначению делятся на противоаэрозольные для защиты от пыли, противогазовые, для защиты от газов и паров, и противогазоаэрозольные, защищающие от газов, паров и пыли при одновременном их присутствии в воздухе.

Противогазы промышленные фильтрующие (ГОСТ 12.4.121-83 ССБТ «Противогазы промышленные фильтрующие. Технические условия») применяются для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица при содержании кислорода в воздухе рабочей зоны не менее 17% (об.) и концентрации вредных веществ на уровне 50...2000 ПДК. В комплект промышленного фильтрующего противогаза входит резиновая лицевая часть (шлем-маска) с гофрированной трубкой, фильтрующая коробка цилиндрической формы с сорбентом (поглотителем), и сумка для ношения противогаза. Вдыхаемый воздух проходит через фильтрующую коробку, а выдыхаемый удаляется через клапан выдоха, чем обеспечивается очистка вдыхаемого воздуха от вредных примесей (рис. 13.3).

Для обеспечения защиты органов дыхания фильтрующая коробка с сорбентом должна соответствовать газам и парам, находящимся в воздухе. В табл. 13.2 указаны марки промышленных фильтрующих противогазов и приведен перечень вредных веществ, от которых они защищают.

Категорически запрещается применение фильтрующих противогазов при загрязнении воздуха вредными веществами неизвестного состава и концентрации, при проведении любых работ внутри емкостей, в колодцах, коллекторах и другом аналогичном оборудовании. Фильтрующие СИЗОД не применяются при наличии несорбирующихся веществ, таких как метан, этан, этилен, ацетилен.

В зависимости от содержания вредных веществ в воздухе, его температуры, влажности, скорости движения время защитного действия противогаза различно и колеблется от 30 до 360 мин. Ориентировочные сроки защитного действия противогазов даны в прилагаемой к ним инструкции.

Респираторы фильтрующие представляют собой облегченные средства защиты органов дыхания от вредных веществ, присутствующих в окружающем воздухе в виде аэрозолей, газов и паров и их сочетаний при условии содержания в нем кислорода не менее 17% об. и концентрации вредных 10–15 ПДК. Запрещается применять респираторы для защиты органов дыхания от высокотоксичных веществ типа тетраэтилсвинца, синильной кислоты и др., а также от веществ, которые в паро- и газообразном состоянии могут проникать через кожу.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются различные фильтрующие респираторы, которые подразделяются на два типа: патронные, у которых лицевая часть и фильтрующий элемент выделены в самостоятельные узлы, и фильтр-маски, у которых фильтрующий элемент одновременно служит и лицевой маской. На рис. 13.4–13.6 показаны некоторые виды фильтрующих респираторов.

Респиратор противогАЗоаэрозольный У-2ГП предназначен для защиты органов дыхания от вредных паров, газов, различных видов пыли, присутствующих в воздухе рабочей зоны производственных помещений в концентрациях, не превышающих ПДК более чем в 10 раз и концентрации пыли не более 100 мг/м³. Респиратор У-2ГП представляет собой фильтрующую полумаску, поглощающий слой которой состоит из активной углеродной ткани, а фильтрующий слой выполнен из



Рис. 13.3. Противогаз промышленный фильтрующий

Таблица 13.2

Марки промышленных фильтрующих противогазов

Марка противогаза	Опознавательная окраска фильтрующе-поглощающей коробки	Вредные вещества, от которых защищает противогаз
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, нитросоединения бензола и его гомологов, галогенорганические соединения, тетраэтилсвинец), фосфор- и хлорорганические соединения
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксид серы, хлор, сероводород, синильная кислота, оксиды азота, хлористый водород, фосген), фосфор- и хлорорганические соединения
Г	Черная и желтая (по вертикали)	Пары ртути, ртутьорганические соединения на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Гидрид мышьяка и гидрид фосфора
КД	Серая	Аммиак и его смесь с сероводородом
К	Синяя с белой вертикальной полосой	Аммиак, а также пыль, дым и туман
СО	Белая	Оксид углерода
М	Красная	Оксид углерода в присутствии небольших количеств кислых газов, аммиака, гидрида мышьяка и гидрида фосфора, паров органических соединений (бензина, керосина, ацетона, бензола, ксилола, сероуглерода, толуола, спиртов, эфиров, анилина, нитросоединений бензола и его гомологов)
БКФ	Защитная с белой вертикальной полосой	Кислые газы и пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым и туман
ФОС	Зеленая	Паро- и газообразные фтор- и хлорпроизводные непредельных углеводородов, фреоны и их смеси
П-2У	Красная с белой вертикальной полосой	Пары карбониллов никеля, железа, сопутствующие аэрозоли и оксид углерода

Примечание: Противогазы марок А, В, Г, Е, КД, имеющие на коробке белую вертикальную полосу, снабжены аэрозольным фильтром и защищают одновременно от пыли, дыма и тумана.



Рис. 13.4. Респиратор противогазоаэрозольный У-2ГП



Рис. 13.5. Респиратор противоаэрозольный облегченный «Лепесток-200»

материала на основе синтетических ультратонких волокон. Наличие клапанов вдоха и выдоха в респираторе позволяет удалить избыточное тепло и влагу. Время эксплуатации респиратора У- 2ГП составляет от 5 до 30 смен в зависимости от концентрации вредных веществ, пыли, влажности и температуры воздуха, физической нагрузки.

Респираторы противоаэрозольные облегченные «Лепесток-200» и «Лепесток-200М» предназначены для защиты органов дыхания от различных видов промышленной нетоксичной пыли, в том числе силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, текстильной, табачной, порошкообразных удобрений, синтетических моющих средств.

Респираторы представляют собой фильтрующие полумаски, выполненные из материала на основе синтетических ультратонких волокон. Время эксплуатации респираторов — от одной до нескольких смен в зависимости от концентрации пыли, влажности, температуры воздуха и физической нагрузки.



Рис. 13.6. Респиратор фильтрующий противогазоаэрозольный РУ-92 СН

Респиратор РУ-92 СН предназначен для защиты органов дыхания человека от аэрозолей (пыли, дыма, тумана) и вредных веществ в парообразном и газообразном состоянии. Применяется в производственных помещениях атомных электростанций и промышленных предприятий, где требуется защита от радиоактивных вредных веществ (пары радиоактивного йода) и промышленных вредных примесей (диоксид серы, сероводород, хлористый водород, хлор- и фторорганические вещества).

Респиратор состоит из резиновой полумаски с двумя съёмными фильтрующе-поглощающими патронами и клапаном выдоха. Рекомендуются применять при концентрациях вредных веществ 20...50 ПДК.

Изолирующие СИЗОД (дыхательные аппараты — ДА) подразделяются на шланговые (неавтономные ДА) и автономные ДА. Первые изолируют органы дыхания только от воздуха, находящегося в зоне рабочего места, вторые — полностью от окружающего воздуха.

Шланговые противогазы широко используют во время работы в колодцах, в цистернах и емкостях, в закрытых аппаратах и других замкнутых пространствах, т.е. в тех случаях, когда неизвестны состав, концентрация вредных веществ и содержание кислорода в воздухе или концентрации веществ более 2000 ПДК, а содержание кислорода в воздухе менее 17% об. Принцип действия шлангового противогаза основан на том, что рабочий, находясь в газоопасном пространстве, получает под маску чистый воздух из зоны, где не содержатся вредные вещества.

Промышленность выпускает шланговые противогазы различных видов:

- без принудительной подачи воздуха, когда чистый воздух поступает под маску самовсасыванием в результате дыхания рабочего;
- с принудительной подачей воздуха от двигателя (воздуходувка, вентилятор);
- с подачей воздуха от магистрали сжатого воздуха.

Российская промышленность выпускает шланговые противогазы марок ПШ-1, ПШ-2, ПШ-1Б, ПШ-20, ПШ-20РВ и ПШ-40РВ.

Например, противогаз шланговый ПШ-1 рекомендуется при выполнении работ малой и средней степени тяжести в тех случаях, когда воздух можно забирать на расстоянии не более 10 м от рабочего места, при большей длине шланга возрастает сопротивление дыханию и рабочему становится трудно дышать. Противогаз ПШ-2 представляет

дыхательный прибор изолирующего типа, двухканальный, рассчитанный на обеспечение защиты одного или одновременно двух рабочих. Воздух для дыхания подается шлангом под маску противогаза вентилятором, находящемся в зоне чистого воздуха. Привод вентилятора осуществляется от электродвигателя или вручную через редуктор. Противогаз шланговый ПШ-2 рекомендуется использовать при выполнении работ различной степени тяжести. Чистый воздух можно забирать на расстоянии до 20 метров, а при условии использования одного канала до 40 метров.

В комплект шлангового противогаза входят спасательный пояс и сигнально-спасательная веревка, при помощи которых работающего в случае необходимости можно вытащить из емкости или колодца. Работать в шланговом противогазе нужно обязательно в присутствии дублера, который держит сигнальную веревку и таким образом находится в постоянном контакте с работающим. Кроме того должна быть обеспечена возможность его извлечения из загазованного места с помощью другого работника. Операции, выполняемые работающим в шланговом противогазе, относятся к числу работ повышенной опасности и требуют строгого соблюдения соответствующей инструкции.

Автономные дыхательные аппараты обеспечивают замкнутый регенеративный цикл дыхания, полностью изолированный от внешней среды. Выделяемые с выдыхаемым воздухом CO_2 и H_2O поглощаются специальным поглотителем. Израсходованный при дыхании кислород пополняется из находящегося в баллонах запаса сжатого воздуха или кислорода.

Аппарат изолирующий резервуарный АИР-317 предназначен для защиты органов дыхания и зрения человека от воздействия токсичной и задымленной газовой среды при тушении пожаров, ликвидации последствий различных техногенных аварий, спасательных и других работ. Аппарат снабжен семилитровым воздушным баллоном, обеспечивающим время работы в течение 60 минут, панорамной маской с переговорным устройством и дополнительной маской для эвакуации людей. Конструкция аппарата обеспечивает контроль запаса воздуха в баллоне с помощью выносного манометра и звукового сигнала в случае снижения давления до критической отметки.

Аппарат воздушный дыхательный АВХ предназначен для защиты органов дыхания и зрения персонала при ведении аварийно-спасательных работ в химической и других отраслях промышленности. АВХ представляет собой баллонный прибор изолирующего типа. В подмасочном пространстве панорамной маски поддерживается некоторое избыточное давление, препятствующее попаданию в него вредных веществ. Конструкция редуктора и коллектора позволяют проводить замену баллонов со сжатым воздухом непосредственно в загазованной среде и гарантирует безопасность работнику.

Шланговый дыхательный аппарат ШДА — это дыхательный прибор изолирующего типа, предназначенный для проведения плановых ремонтных работ в замкнутых объемах. Подача воздуха в подмасочное пространство осуществляется через редуктор из воздушного переносного баллона. Шланговый дыхательный аппарат можно использовать и подразделениям спасателей при необходимости спасения людей, находящихся в труднодоступных местах, размеры проходов и люки которых не позволяют спасателям проникнуть внутрь емкости с другим более громоздким дыхательным аппаратом.

Противогаз ИП-4МК — дыхательный прибор изолирующего типа на химически связанном кислороде. 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:



На этой реакции основано применение пероксидов для регенерации воздуха.

Противогаз изолирующий ИП-4МК является средством защиты многоразового действия и применяется для выполнения газоопасных работ в непригодной для дыхания атмосфере.

Все автономные ДА достаточно сложны по устройству, требуют специальной регулировки как перед применением, так и в процессе пользования ими, тяжелы (например, масса АИР-317 — 15,8 кг). Поэтому ими пользуется только специально обученный персонал, в основном бойцы газоспасательной службы при проведении аварийных или спасательных работ.

13.3. ОДЕЖДА СПЕЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТНАЯ

— Спецодежда — одно из основных средств индивидуальной защиты. Основное назначение спецодежды состоит в обеспечении надежной защиты тела человека от различных производственных факторов при сохранении нормального функционального состояния и работоспособности.

К спецодежде согласно ГОСТ 12.4.011-89 относятся: тулупы, пальто; полупальто, полущубки; накидки; плащи, полуплащи; халаты; костюмы; куртки, рубашки; брюки, шорты; комбинезоны, полукомбинезоны; жилеты; платья, сарафаны; блузы, юбки; фартуки; наплечники. Эти виды спецодежды могут применяться как отдельно, так и в комплекте.

Все виды спецодежды классифицируют по защитным свойствам на группы и подгруппы (табл. 13.3).

Спецодежда бывает общего назначения, влагозащитная, защищающая от воздействия радиоактивных загрязнений и рентгеновских излучений, кислотозащитная, щелочезащитная, нефтемаслозащитная, защищающая от механических воздействий, пылезащитная, защищающая от органических растворителей и от токсичных веществ, термозащитная, электроразрядная и сигнальная (ГОСТ 12.4.103-83).

Условное обозначение защитных свойств — маркировка спецодежды осуществляется с помощью эмблем, которые прикрепляют к верхней части левого рукава или нагрудному карману. Окраска эмблем должна быть устойчивой к стирке и химической чистке.

Примеры условного обозначения спецодежды: Яж — для защиты от жидких токсичных веществ; К80 — для защиты от кислот концентрацией от 50 до 80% (по серной кислоте).

Общие показатели качества, обязательные для всех видов спецодежды, приведены в табл. 13.4. (ГОСТ 12.4.016-83 «ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»).

К числу показателей качества, специфических для отдельных видов спецодежды в зависимости от ее назначения, относятся, например, пылепроницаемость и устойчивость к обеспыливанию (спецодежда для защиты от пыли), проницаемость нефти (спецодежда для работы с нефтью и нефтепродуктами), теплопроводность и паропроницаемость (спецодежда от повышенных и пониженных температур), свинцовый эквивалент (спецодежда от рентгеновских излучений) и другие.

Таблица 13.3

Классификация спецодежды

Группа	Подгруппа	Условное обозначение защитных свойств*	Описание эмблемы**
От механических воздействий	От истирания От проколов, порезов	Ми Мп	Двух цветов: желтого и ярко-синего, разделенных красной полосой
От повышенных температур	От повышенных температур, обусловленных климатом	Тк	Ярко-желтого цвета с красной стрелкой, направленной вверх
	От теплового излучения	Ти	
	От открытого пламени	То	
	От искр, брызг расплавленного металла, окалины	Тр	
	От контакта с нагретыми поверхностями		
	от 40 до 100°С	Тп100	
	от 100 до 400°С свыше 400°С	Тп400 Тв	
	От конвективной теплоты	Тт	
От пониженных температур	От пониженных температур воздуха	Тн	Ярко-желтого цвета с синей стрелкой, направленной вниз
	От пониженных температур воздуха и ветра	Тнв	
От радиоактивных веществ и рентгеновских излучений	От радиоактивных загрязнений	Рз	Голубого цвета с символическим изображением процесса излучения ярко-желтого цвета

Группа	Подгруппа	Условное обозначение защитных свойств*	Описание эмблемы**
	От рентгеновских излучений	Ри	
От электрического тока, электростатических разрядов, электрических и электромагнитных полей	От электростатических полей, зарядов	Эс	Ярко-синего цвета
	От электрических полей	Эп	
	От электромагнитных полей	Эм	
От нетоксичной пыли	—	Пн	Двух цветов: ярко-желтого и белого с желтыми горошками, разделенных красной полосой
	От пыли стекловолокна	Пс	
	От мелкодисперсной пыли	Пм	
От токсичных веществ	От жидких токсичных веществ	Яж	Оранжевого цвета с черной каплей
	От твердых токсичных веществ	Ят	
	От аэрозолей токсичных веществ	Яа	
От воды и растворов нетоксичных веществ	Водонепроницаемая	Вн	Двух цветов: синего и белого с синими вертикальными полосами, разделенных красной полосой

Группа	Подгруппа	Условное обозначение защитных свойств*	Описание эмблемы**
	Водоупорная	Ву	
	От растворов поверхностно-активных веществ	Вп	
От растворов кислот	От кислот концентрацией выше 80% (по серной кислоте)	Кк	Красного цвета с изображением ярко-желтой реторты
	От кислот концентрацией от 50 до 80% (по серной кислоте)	К80	
	От кислот концентрацией от 20 до 50% (по серной кислоте)	К50	
	От кислот концентрацией до 20% (по серной кислоте)	К20	
От щелочей	От расплавов щелочей	Щр	Ярко-желтого цвета с белой каплей
	От растворов щелочей концентрацией выше 20% (по гидроксиду натрия)	Щ50	
	От щелочей концентрацией до 20% (по гидроксиду натрия)	Щ20	
От нефти, нефтепродуктов, масел и жиров	От сырой нефти	Нс	Желтого цвета с черной каплей
	От нефтяных масел и тяжелых фракций	Нл	
	От растительных и животных масел и жиров	Нж	

Группа	Подгруппа	Условное обозначение защитных свойств*	Описание эмблемы**
От общих производственных загрязнений	—	З	Двух цветов: желтого и ярко-синего, разделенных красной полосой
От вредных биологических факторов	От микроорганизмов	Бм	Ярко-желтого цвета с изображением черных кружков разной величины

Примечания: * По ГОСТ 12.4.103-83.ССБТ. «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация».

** На каждой эмблеме помимо элементов, приведенных в описании, дано условное обозначение защитных свойств.

Таблица 13.4

Общие показатели качества спецодежды

Наименование группы показателей качества	Наименование показателя качества
1. Физико-механические показатели	Разрывная нагрузка шва, Н
2. Эргономические показатели: гигиенические показатели физиологические показатели антропометрические показатели	Масса изделия, кг Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м} \cdot \text{с}$ Жесткость шва*, мН Допустимое время непрерывного пользования*, ч Соответствие специальной защитной одежды размерам человека*, баллы
3. Показатели надежности	Срок службы, дни, месяцы, годы Устойчивость к стирке или химической чистке*, баллы
4. Показатели транспортабельности	Температура и влажность воздуха при транспортировании и хранении, °С, %
5. Художественно-эстетические показатели	Силуэт**, баллы Внешний вид**, баллы Качество отделки**, баллы

Примечания: * Показатели проверяются при разработке новых видов специальной защитной одежды.

** Показатели проверяются при разработке и постановке на производство специальной защитной одежды.



Рис. 13.7. Комбинезон мужской для защиты от общих производственных загрязнений

На рис. 13.7 в качестве примера спецодежды показан комбинезон мужской для защиты от общих производственных загрязнений.

Для изготовления спецодежды используются хлопчатобумажные, льняные, шерстяные, синтетические и смешанные ткани. За последние годы разработано много новых материалов, обладающих повышенной стойкостью к агрессивным средам. Это ткани из синтетических и смешанных волокон, нефтетекстолитоустойчивые искусственные кожи и др. Созданы новые защитные пропитки, увеличивающие срок носки спецодежды при одновременном улучшении защитных свойств. Загрязненная спецодежда подвергается стирке или химической чистке, а если требуется — то и обеспыливанию и дегазации. Спецодежда является собственностью предприятия и должна использоваться только по прямому назначению. По окончании работы запрещается

выносить спецодежду за пределы предприятия. Для хранения спецодежды на каждом предприятии организуются гардеробные, отвечающие требованиям санитарных норм. Администрация предприятия обязана организовать необходимый учет и контроль выдачи спецодежды рабочим и служащим.

Комбинезон мужской с кепкой. Застегивается на «молнию». Имеет на полочке два верхних и два нижних накладных кармана. Рукава втачные, низ рукава регулируется на пуговицах в зависимости от размера. Спинка по линии талии собрана на эластичную тесьму. На задних половинках брюк настроены два накладных кармана, на правой половинке брюк настроен накладной карман для инструментов. Ткань — хлопок 100% или хлопок — 65%, полиэфир — 35%. Рекомендуется химчистка или стирка изделия в растворе любого моющего препарата при температуре 40°C.

13.4. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НОГ

Спецобувь должна обеспечивать защиту ног работающего от воздействия неблагоприятных производственных и погодных факторов. По защитным свойствам спецобувь подразделяется на группы: от механи-

ческих воздействий (в том числе от вибрации); от скольжения; от повышенных и пониженных температур; от радиоактивных веществ; от электрического тока, электростатических зарядов, электрических и электромагнитных полей; от нетоксичной пыли и токсичных веществ; от воды, растворов кислот и щелочей; от органических растворителей; от нефти, нефтепродуктов и масел; от общих производственных загрязнений; от вредных биологических факторов; от статических нагрузок (утомляемости). Внутри каждой группы происходит более детальная классификация на подгруппы. Например, спецобувь для защиты от токсичных веществ подразделяется на 2 подгруппы: от жидких токсичных веществ и от твердых токсичных веществ и т.д. в соответствии с ГОСТ 12.4.103-83 «ССБТ. Одежда специальная, обувь специальная и средства защиты рук».

В зависимости от применяемых материалов различают кожаную, резиновую и валяную обувь.

По конструкции средства защиты ног делятся на следующие основные виды: сапоги, полусапоги, ботинки, полуботинки, туфли, бахилы, галоши, боты, тапочки (сандалии), унты, чувяки, щитки, ботфорты, наколенники, портянки.

Для обеспечения надежной защиты от вредных и опасных факторов спецобувь должна соответствовать комплексу требований, которые обеспечиваются применяемыми материалами, фурнитурой и конструкцией. Показатели качества спецобуви в соответствии с ГОСТ 12.4.127-83. «ССБТ. Обувь специальная. Номенклатура показателей качества» подразделяются на общие для всех классификационных групп и специализированные, характеризующие отдельные защитные свойства.

К общим показателям качества спецобуви относятся:

- физико-механические;
- эргономические: гигиенические, физиологические, антропометрические;
- надежности;
- транспортабельности;
- художественно-эстетические.

К специализированным показателям, например, относятся эффективность виброзащиты — для обуви, защищающей от механических воздействий, или стойкость против трещинообразования при многократных изгибах для всех групп обуви.



Рис. 13.8. Полусапоги мужские юфтевые для защиты от вибрации (ТУ 0302396-017-88)

политуретана). Метод крепления гвоздевой (для полиуретана — литьевой).

В качестве примера на рис. 13.8 показаны полусапоги мужские для защиты от вибрации. Применяются для арматурщиков, бурильщиков, взрывников.

Полусапоги с верхом из юфти. Защитные функции выполняет система виброзащитных элементов — вкладыш в пяточной части подошвы из виброгасящей резины и вкладная стелька с демпфирующим подпяточником. Подошва и каблуки формованные из маслобензостойкой резины (или

13.5. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РУК

К средствам защиты рук относятся: рукавицы, перчатки, полуперчатки, напальчники, наладонники, напульсники, нарукавники, налокотники.

Применение СИЗ рук — одна из самых распространенных мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих вредных и опасных производственных факторов, которые могут стать причиной кожных заболеваний и травмирования рук.

К показателям качества в соответствии с ГОСТ 12.4.020-82. «ССБТ. Средства защиты рук. Номенклатура показателей качества» относятся:

- показатели назначения (например, жесткость шва при изгибе, проницаемость нефти, нефтепродуктов, масел и жиров, проницаемость пыли асбеста и стекловолокна и т.д.);
- эргономические показатели (линейные размеры и масса);
- эстетические показатели (функционально-конструктивная приспособленность).

На рис. 13.9 в качестве примера показаны перчатки для защиты от растворов кислот и щелочей.

Предназначены для защиты рук от растворов кислот и щелочей средней концентрации, а также для защиты рук при работе с пылящими и красящими веществами. Длина перчатки 300 мм.



Рис. 13.9. Перчатки латексные для защиты рук от растворов кислот и щелочей

13.6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ГОЛОВЫ

К средствам защиты головы относятся: каски защитные, шлемы, подшлемники, шапки, береты, шляпы, колпаки, косынки, накомарники.

Для защиты головы от повреждений во многих отраслях промышленности применяют защитные каски. Защитные каски изготавливаются из различных материалов: текстолит, полиэтилен, поликарбонат, винилпласт, стеклопластики и др.

В кислотных и других производствах с химически агрессивными веществами используют винилпластовые каски. На подземных работах — более устойчивые к удару стеклопластиковые, текстолитовые каски. На строительных работах — полиэтиленовые каски.

Для металлургов, сварщиков и некоторых других профессий каски применяют из термоустойчивых материалов. Каски можно использовать также для закрепления на них других СИЗ. Например, каски с закрепленными на них противошумными устройствами, щитками для сварщиков, прозрачными экранами для защиты глаз и лица.

Каски выпускают в комплекте с утепляющим подшлемником (меховым, хлопчатобумажным), поэтому их можно применять в холодное время года (до -40°C), а также для защиты от дождя и ветра.

В зависимости от профессии работникам выдают каски различного цвета. Инженерно-технические работники носят каски белого цвета.

Согласно ГОСТ 12.4.128-83. «ССБТ. Каски защитные. Общие технические требования и методы испытаний» качество касок определяется рядом показателей: прочность, степень амортизации, устойчивость к проникновению острых падающих предметов, горючесть, водо-

стойкость, электропроводность, стойкость к агрессивным химическим веществам и максимальный вес. Вес касок составляет 250...470 г. Наиболее легкие и прочные каски из поликарбоната.

По назначению каски подразделяются на 3 вида:

1. Каски защитные для подземных работ. Рекомендуются для буровщиков, взрывников, забойщиков, рабочих других профессий химической и угольной промышленности.

2. Каски защитные общего назначения. Рекомендуются для аппаратчиков, лаборантов (отборщиков проб), начальников смен, мастеров, бригадиров, слесарей по ремонту оборудования.

3. Каски защитные специального назначения:

- каска строительная (при производстве строительных, строительномонтажных, специальных и ремонтно-строительных работ);

- каска противошумная для защиты головы работающего от высокочастотного шума уровнем до 120 дБА.

Для защиты головы кроме касок применяются шапки (зимой для выполнения работ на открытом воздухе), косынки, береты, колпаки (для работы с вращающимися механизмами, в столовой).

Для защиты головы от брызг расплавленного металла применяют вольлочные шляпы, от брызг воды — шляпы из прорезиненной ткани.

К средствам защиты головы относятся также накомарники, крайне необходимые для нормальной работы человека в ряде регионов нашей страны.

13.7. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ГЛАЗ И ЛИЦА

Средства защиты глаз и лица предназначены для защиты от воздействия твердых частиц, брызг жидкостей и расплавленного металла, пыли, раздражающих газов и различных видов излучений.

Конструктивно они выполнены в виде очков или щитков различных конструкций, снабженных бесцветными стеклами или светофильтрами.

Защитные очки выпускают открытого и закрытого типа в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.013-85. «ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия». Открытые очки удобны тем, что не суживают поле зрения, не запотевают, допускают возможность замены обычных стекол корректирующими, т.е. такими, которые исправляют зрение работающего (близорукость, дальновзоркость). Закрытые очки лучше защищают глаза, но уменьшают поле зрения и запотевают. Для предотвращения запотевания применяют специальные составы для протирки

очков. Очки открытого и закрытого типа имеют несколько исполнений. Чтобы защитить глаза от лучистой энергии, применяют светофильтры, вставляемые в смотровые рамки очков или щитков. Светофильтр поглощает одни лучи и пропускает другие. Например, электросварщики пользуются светофильтрами, поглощающими ультрафиолетовые и инфракрасные лучи и пропускающими видимую глазом часть спектра.

При работах, требующих одновременной защиты глаз и лица, применяют защитные щитки, которые в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на типы:

- щитки с наголовным креплением;
- щитки с креплением на каске;
- щитки с ручкой;
- щитки с универсальным креплением (с наголовным креплением и ручкой).

К защитным щиткам различного назначения предъявляют требования, предусмотренные ГОСТ 12.4.023084. «ССБТ. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля», который регламентирует размеры, массу, коэффициент светопропускания прозрачных элементов щитка, стойкость к воздействию климатических факторов и др. На рис. 13.10, 13.11, 13.12 показаны некоторые виды очков и щитков.

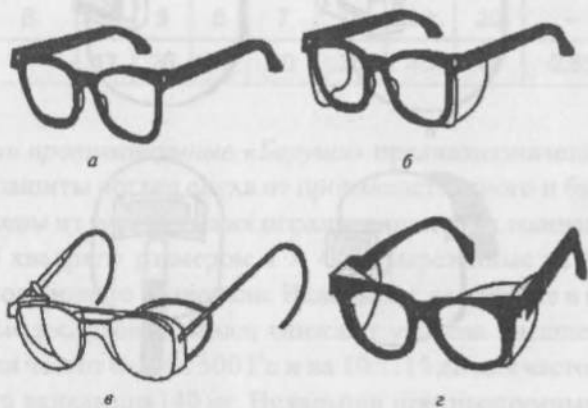


Рис. 13.10. Модели открытых очков для защиты глаз:
а — без щитков, б — со щитками, в — с полущитками, з — со съёмными щитками



Рис. 13.11. Модели закрытых очков для защиты глаз:

a — с естественной вентиляцией, *б* — очки-маска с естественной вентиляцией, *в* — с косвенной вентиляцией, *г* — очки-маска с вентиляцией косвенного типа, *д* — без вентиляции, *е* — очки-маска для сварочных работ

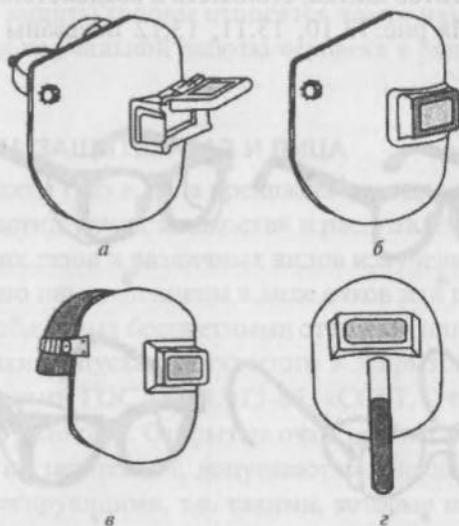


Рис. 13.12. Средства защиты, используемые при выполнении сварочных работ: наголовные щитки с открытым смотровым окном (*a*), со стационарным смотровым окном (*б*), со стационарным смотровым окном, укрепленный на каске (*в*), ручной щиток (*г*)

13.8. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА

По назначению и конструкции средства индивидуальной защиты органа слуха подразделяются на три вида:

- наушники, закрывающие ушную раковину;
- вкладыши, перекрывающие наружный слуховой канал;
- шлемы, закрывающие часть головы и ушную раковину.

По эффективности защиты (степени ослабления шума) СИЗ органа слуха подразделяются на группы А, Б, В, основные показатели которых приведены в табл. 13.5.

Т а б л и ц а 13.5

Основные показатели качества СИЗ органа слуха

Тип	Группа	Уменьшение шума, дБ, при частоте, Гц не менее							Масса не более, кг	Сила прижатия не более, Н
		125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Наушники	А	12	15	20	25	30	35	35	0,35	8
	Б	5	7	15	20	25	30	30	0,28	5
	В	—	—	5	15	20	25	25	0,15	4
Вкладыши	А	10	12	15	17	25	30	30	—	—
	Б	5	7	10	12	20	25	25	—	—
	В	5	5	5	7	15	20	20	—	—
Шлемы	—	17	20	25	30	35	40	40	0,85	—

Вкладыши противозумные «Беруши» предназначены для индивидуальной защиты органа слуха от производственного и бытового шума. Изготовлены из ультратонких перхлорвиниловых волокон. Представляют собой квадраты размером 4 × 4 см, вырезанные из волокнистого шумопоглощающего материала. Вкладыши, свернутые в виде конуса и вставленные в слуховой канал, снижают уровень внешнего шума на 17... 30 дБ для частот свыше 500 Гц и на 10... 15 дБ для частот до 500 Гц. Масса одного вкладыша 140 мг. Вкладыши противозумные из ультратонких перхлорвиниловых волокон обладают антисептическими и бактерицидными свойствами, не вызывают раздражения кожи, не изменяют своих свойств в широком диапазоне температур от - 50 до +60°С.

Вкладыши — самые дешевые и компактные средства защиты от шума, но недостаточно эффективные и в ряде случаев неудобные, так как раздражают слуховой канал.

Наушники противошумные типа ВЦНИИОТ широко применяются в промышленности. Наушники плотно облегают ушную раковину и удерживаются дугообразной пружиной. Наушники имеют пластмассовые корпуса, звукопоглотители из ультратонкого стекловолокна с покрытием из поролона и протекторы из полихлорвинилхлоридной пленки. С помощью специальных отверстий в бортах протекторов и стенках корпусов давление воздуха под наушниками выравнивается с атмосферным.

Шумы с высокими уровнями звукового давления (более 120 дБА) действуют непосредственно на мозг человека, проникая через черепную коробку. Ни вкладыши, ни наушники не обеспечивают необходимой защиты. В этих случаях применяются шлемы.

Эффективность индивидуальных средств защиты от шума зависит от их конструкции, физических свойств применяемых материалов, правильного учета физиологических особенностей органа слуха. Индивидуальные средства защиты от шума на всех частотах спектра должны обладать следующими свойствами: не оказывать чрезмерного давления на ушную раковину, не снижать четкость восприятия речи, не заглушать звуковые сигналы опасности, отвечать необходимым гигиеническим требованиям.

13.9. СРЕДСТВА ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАЩИТНЫЕ

Защитные дерматологические средства часто являются единственным средством защиты кожи работающих, особенно при выполнении операций, требующих большой чувствительности пальцев, а также при работе с клеевыми композициями, красками, техническим углеродом и т.д.

Защитные дерматологические средства представляют собой дисперсные системы мягкой консистенции, содержащие разнообразные вещества природного и искусственного происхождения. В зависимости от назначения согласно ГОСТ 12.4.068-79. «ССБТ. Средства индивидуальной защиты дерматологические. Классификация и общие требования» подразделяются на защитно-профилактические мази, пасты, кремы и очистители кожи.



Рис. 13.13. Мазь автоловая

Пасты и мази не должны раздражать и sensibilizirovat' кожу; кроме того они должны легко наноситься, не стягивать кожу, сохраняться на коже в процессе работы, легко сниматься с кожи по окончании работы. Как правило, защитные пасты и мази наносят на кожу дважды в течение смены.

По физико-химическому составу дерматологические средства подразделяются на:

- гидрофобные (не смачиваемые водой и не растворимые в ней) препараты, защищающие кожу рук от воды, растворов кислот, щелочей, солей. К этой группе относятся силиконовый крем для рук, паста ИЭР-2, цинк-стеаратная мазь № 1 проф. Селисского;

- гидрофильные препараты (легко растворимые в воде и смачиваемые водой) для защиты от органических растворителей, нефтепродуктов, масел, жиров, лаков, смол. К этой группе относятся паста ИЭР-1, крем пленкообразующий, паста Айро, паста Хиот-6 и др.

Очистители кожи применяют для удаления веществ, трудно смываемых водой с мылом. Очищающие средства содержат мыло, щелочи, соли и поверхностно-активные вещества, которые способствуют удалению загрязнений с кожи рук. К этой группе относятся паста «Ралли» для мытья рук, сильно загрязненных смазками, ржавчиной, масляными красками и мазь автоловая (рис. 13.13).

Предназначена для очистки рук от нефти и других производственных загрязнений.

14. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

Условия труда — это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Гигиеническую оценку условий труда на рабочих местах проводят в соответствии с документом «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05».

Гигиенические критерии — это показатели, позволяющие оценить степень отклонений параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов.

Целью гигиенической оценки является:

- контроль условий труда работника на соответствие действующим санитарным правилам и нормам, гигиеническим нормативам и выдача гигиенического заключения;
- установление приоритетности в проведении оздоровительных мероприятий и оценка их эффективности;
- создание банка данных по условиям труда на уровне предприятия, отрасли и т.д.
- аттестация рабочих мест по условиям труда и сертификация работ по охране труда в организации;
- применение мер административного воздействия при выявлении санитарных правонарушений, а также привлечение виновных к дисциплинарной и уголовной ответственности;
- сопоставление состояния здоровья работника с условиями его труда;
- расследование случаев профессиональных заболеваний и отравлений;
- установление уровней профессионального риска для разработки профилактических мероприятий и обоснования мер социальной защиты работающих.

14.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА

В процессе труда под воздействием совокупности производственных факторов у человека может сформироваться одно из трех функциональных состояний: нормальное, пограничное и патологическое. Каждое из них имеет свои характерные признаки, диагностируемые с помощью медико-физиологических исследований. Таким образом, установив соответствие между уровнями производственных факторов и вызываемыми ими изменениями в функциональном состоянии человека, можно характеризовать условия труда.

Исходя из гигиенических критериев, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные (рис. 14.1).

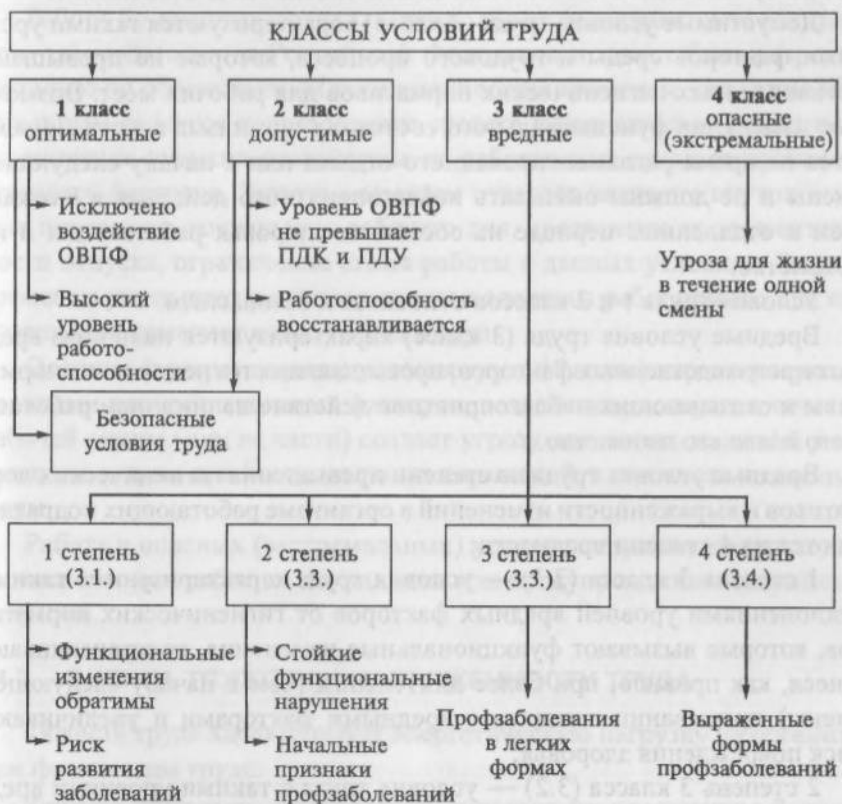


Рис. 14.1. Классы условий труда

Оптимальные условия труда (1 класс) — такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса (тяжести и напряженности труда). Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Следует отметить, что в реальности практически невозможно создать оптимальные условия труда, где исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). Это противоречит аксиоме о потенциальной опасности деятельности.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест. Возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство.

Условия труда 1 и 2 классов относятся к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени вредности:

1 степень 3 класса (3.1) — условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

2 степень 3 класса (3.2) — условия труда с такими уровнями вредных факторов, которые вызывают стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно-

обусловленной заболеваемости, появлению начальных признаков профессиональных заболеваний;

3 степень 3 класса (3.3) — условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных заболеваний в легких формах в период трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

4 степень 3 класса (3.4) — условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечаются значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Работа во вредных условиях труда является нарушением санитарного законодательства Российской Федерации и может быть разрешена только по обоснованным технологическим причинам. При этом обязательным является использование средств индивидуальной защиты и ограничение времени воздействия на работающих вредных производственных факторов. Защита временем означает введение внутрисменных перерывов, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, ограничение стажа работы в данных условиях. Защита временем уменьшает риск повреждения здоровья работающего, но, как правило, не изменяет класс условий труда.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Работа в опасных (экстремальных) условиях труда не допускается, за исключением работ по ликвидации или предупреждению аварийных ситуаций.

14.2. ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА

Тяжесть труда характеризует энергетическую нагрузку на организм при физическом труде.

Тяжесть трудового процесса оценивается по следующим 7 показателям:

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса;
- перемещение в пространстве.

По тяжести труда различают три класса условий труда:

- 1 класс — оптимальный (легкая физическая нагрузка);
- 2 класс — допустимый (средняя физическая нагрузка);
- 3 класс — вредный (тяжелый труд).

Следует отметить, что некоторые показатели тяжести труда оцениваются отдельно для мужчин и для женщин.

Физическая динамическая нагрузка выражается в единицах внешней механической работы за смену (кгм). Динамическая работа — это процесс периодического сокращения и расслабления скелетных мышц, приводящий к перемещению груза, а также тела человека или его частей в пространстве. Физическая динамическая нагрузка подразделяется на региональную (с участием мышц рук и плечевого пояса) и общую (с участием мышц рук, корпуса и ног).

Для подсчета физической динамической нагрузки определяется масса груза, перемещаемого вручную в каждой операции и путь его перемещения в метрах. Подсчитывается общее количество операций по переносу груза за смену и суммируется величина внешней механической работы за смену в целом.

Так, например, в соответствии с гигиеническими критериями при региональной нагрузке до 2500 кг·м для мужчин и 1500 кг·м для женщин получается 1 (оптимальный) класс условий труда.

При оценке массы поднимаемого и перемещаемого груза вручную в кг учитывается, как часто приходится его переносить. Если до 2-х раз в час, то тяжести перемещают при чередовании с другой работой. При этом допустимая норма (2 класс) для мужчин — до 30 кг, для женщин — до 10 кг. Если более 2 раз в час, то считается, что тяжести переносятся постоянно в течение смены, и допустимая норма для мужчин до 15 кг, для женщин — до 7 кг. Для расчета суммарной массы грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, суммарный за смену грузооборот делится на количество часов в смене. При этом различают подъем

грузов с пола или с рабочей поверхности. Хотя нормативов на высоту рабочей поверхности не приводится.

Стереотипные рабочие движения (количество за смену) оценивают при локальной нагрузке — с участием мышц кистей и пальцев рук и при региональной. Стереотипные означает повторяющиеся движения. Количество стереотипных движений до 20 000 при локальной нагрузке (например, у программистов) соответствуют оптимальным условиям труда, более 60 000 — вредным 2 степени.

Статическая нагрузка связана с удержанием человеком груза или приложением усилий без перемещения тела или его отдельных частей. Статическая нагрузка рассчитывается перемножением двух параметров: массы удерживаемого груза или статического усилия (m , кг) и времени его удержания в статическом состоянии (t , с)

$$P = mt.$$

Для расчета статической нагрузки следует также учесть группу участвующих мышц: одной руки, обеих рук, корпуса и ног. Так при легкой физической нагрузке (оптимальный класс условий труда) величина статической нагрузки за смену при удержании груза одной рукой не должна превышать 18 000 кгс для мужчин и 11 000 кгс для женщин, при удержании двумя руками — до 36 000 кгс и 22 000 кгс соответственно. Статическая нагрузка более утомительна для человека, чем динамическая. Это объясняется непрерывным напряжением мышц, без периодического расслабления, как при динамической нагрузке.

Рабочая поза — это положение тела, конечностей и головы в пространстве и относительно друг друга. Различают свободную, неудобную, фиксированную и вынужденную рабочую позу.

Оптимальному классу соответствует свободная рабочая поза, т.е. возможность смены рабочего положения сидя — стоя по усмотрению самого работника. Свободную рабочую позу имеют, например, операторы в нефтегазовой промышленности, учителя в школах и т.д.

Фиксированная поза означает невозможность изменения взаимного положения частей тела относительно друг друга. Фиксированная рабочая поза у сварщиков, станочников, хирургов (поза стоя), водителей (поза сидя) и т.д.

Неудобная рабочая поза — работа с поворотом туловища, неудобным расположением конечностей, например, поднятыми вверх руками.

Вынужденная рабочая поза — это неестественная поза: лежа, на коленях, на корточках и т.д.

Для установления класса условий труда по этому показателю рассчитывается время пребывания в процентах от времени смены в той или иной позе. Например, классу 3.1 соответствует нахождение:

- до 50% времени смены в неудобной и/или фиксированной позе;
- до 25% времени смены в вынужденной позе;
- до 80% времени смены в позе стоя.

Рассчитывается количество наклонов корпуса за смену. При этом учитываются только наклоны с углом более 30° от вертикальной оси. Оптимальные условия допускают до 50 наклонов за смену, допустимые — до 100, свыше 100 — вредные условия (тяжелый труд).

Под перемещением в пространстве (по горизонтали и вертикали) понимают переходы в течение смены (в км), обусловленные необходимостью выполнения производственных функций: линейные обходчики на трубопроводном транспорте природного газа, почтальоны и т.д.

Оценка тяжести физического труда проводится на основе всех приведенных выше показателей. При этом вначале устанавливается класс по каждому измеренному показателю. Окончательная оценка тяжести труда устанавливается по показателю, получившему наиболее высокую степень тяжести. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 условия труда оцениваются на 1 степень выше. Наивысшая степень тяжести труда — класс 3.3.

Напряженность труда характеризует эмоциональную нагрузку на организм при умственном труде. Напряженным является труд руководителей предприятий, инженерно-технических и научных работников, диспетчеров, операторов, преподавателей, работников конвейерного производства. Нередко выполнение умственного труда сочетается с пониженной мышечной активностью — гипокинезией.

Напряженность труда оценивается по 23 показателям, объединенным в 5 групп.

1. Интеллектуальные нагрузки:

- содержание работы;
- восприятие сигналов (информации) и их оценка;
- распределение функций по степени сложности задания;
- характер выполняемой работы.

2. Сенсорные нагрузки:

- длительность сосредоточенного наблюдения в % от времени смены;
- плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы;
- число производственных объектов одновременного наблюдения;
- размер объекта различения в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены);
- наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену);
- нагрузка на слуховой анализатор;
- нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемых в неделю);

3. Эмоциональные нагрузки:

- степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки;
- степень риска для собственной жизни;
- степень ответственности за безопасность других лиц;
- количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену.

4. Монотонность нагрузок:

- число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях;
- продолжительность (в с) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций;
- время активных действий (в % к продолжительности смены), в остальное время — наблюдение за ходом производственного процесса;
- монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом технологического процесса в % от времени смены)

5. Режим работы:

- фактическая продолжительность рабочего дня;
- сменность работы;
- наличие регламентированных перерывов и их продолжительность.

По напряженности различают 3 класса условий труда:

- 1 класс — оптимальный (напряженность труда легкой степени);
- 2 класс — допустимый (напряженность труда средней степени);
- 3 класс — вредный (напряженный труд).

Приведем некоторые примеры определения показателей напряженности труда из каждой группы.

1. Интеллектуальные нагрузки. Условия умственного труда, при которых отсутствует необходимость принятия решения, считаются оптимальными (оператор по считыванию данных). Если же оператор работает и принимает решения в рамках одной инструкции, то такие условия труда относятся к допустимым (оператор по вводу данных в ПК, кассир). Работа с использованием нескольких инструкций или требующая решения сложных задач по известным алгоритмам является напряженной 1-й степени (мастер, руководитель подразделения). Творческая (эвристическая) деятельность, требующая решения сложных задач при отсутствии очевидного алгоритма решения, или личное руководство в сложных ситуациях характеризуют труд как напряженный 2-й степени (научные и творческие работники, программисты, руководители предприятий).

Обработка какой-либо информации или выполнение задания без оценки его результатов характеризуют труд как напряженный легкой степени (1 класс) (лаборант, вахтер). Если же к указанной работе добавляется необходимость проверки полученного результата, то такие условия труда являются напряженными средней степени (2 класс) (слесарь, токарь, нормировщик). Распределение производственного задания между другими лицами и контроль за исполнением относятся к напряженному труду 2-й степени (класс 3.2) (руководители предприятий).

Работа, выполняемая по индивидуальному плану, соответствует оптимальной интеллектуальной нагрузке (лаборанты). Работа по определенному графику с возможными изменениями в процессе деятельности относится ко 2-му классу (техник, технолог, некоторые инженерно-технические работники). Работа в условиях дефицита времени характеризует класс 3.1 (все работы на конвейерах, операторы на пультах управления, диспетчеры). Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат соответствует классу 3.2 (водители, диспетчеры).

2. Сенсорные нагрузки. Напряженность труда зависит от числа производственных объектов одновременного наблюдения (контрольно-измерительные приборы, объекты труда и т.д.) Если таких объектов 6–10, то сенсорные нагрузки относятся ко 2 классу (у водителя: зеркало заднего вида, боковые зеркала, приборы на щите управления, сигналы светофора, дорожные знаки, пешеходы, перебегающие улицу на красный свет и т.д.). 11–25 объектов соответствуют классу 3.1 (диспет-

черы). Более 25 — класс 3.2. (машинист блочного управления на ГРЭС или преподаватель, проводящий письменный экзамен в аудитории у 50 студентов). Работа на персональных компьютерах до двух часов за смену считается оптимальной, до трех — допустимой, от 3 до 4 часов — напряженный труд первой степени (класс 3.1), более 4 часов — напряженный труд второй степени (класс 3.2).

3. Эмоциональные нагрузки. Большое влияние на напряженность труда оказывает степень ответственности исполнителя за конечный или промежуточный результат труда и значимость ошибки. Повышение степени ответственности приводит к дополнительным эмоциональным нагрузкам. Например, если исполнитель несет ответственность за функциональное качество основной работы, он может принимать решения, связанные с исправлением результатов работы за счет дополнительных усилий всего коллектива. Такой вид деятельности является напряженным 1-й степени (класс 3.1) (бригадир, инженер-технолог). Если же работник несет персональную ответственность за функциональное качество конечной продукции, производственного задания или его действия могут привести к поломке оборудования, остановке технологического процесса или создать ситуацию, опасную для жизни, то его условия труда являются напряженными 2-й степени (класс 3.2) (главный инженер, главный технолог).

Степень риска для собственной жизни в процессе выполнения производственных обязанностей либо исключена (1 класс), либо вероятна (класс 3.2) (водитель, летчик, космонавт, пожарный, газоспасатель). Аналогично устанавливается класс условий труда при оценке степени ответственности за безопасность других людей: исключена — 1 класс, вероятна — класс 3.2 (врач-реаниматолог, авиадиспетчер). Авиадиспетчер, не подвергая опасности свою жизнь, отвечает за безопасность пассажиров во время полета. Трагическая авиакатастрофа в ночь с 1 на 2 июля 2002 года, приведшая к гибели 71 человека, в том числе 52 детей, в результате столкновения в воздухе на юге Германии пассажирского самолета ТУ-154 авиакомпании «Башкирские авиалинии» и Боинга-757, произошла в результате ошибочных действий швейцарского авиадиспетчера.

4. Монотонность нагрузок. Однообразие и простота выполняемых человеком операций приводит к определенному физиологическому состоянию, называемому монотонией. При этом в коре головного мозга

развивается торможение, которое сопровождается изменением вегетативных функций и выражается в виде сонливости (работники конвейерных линий, штамповщики, водители транспорта по одной и той же дороге). Степень монотонности определяется числом элементов (приемов), необходимых для выполнения простого задания или многократно повторяющихся операций и продолжительностью во времени выполнения этих элементов или операций. Если число элементов составляет 10 и более, условия труда считают оптимальными, от 9 до 6 — допустимыми, менее 6 — напряженными.

5. Режим работы. Важными факторами напряженности трудового процесса являются фактическая продолжительность рабочего дня и сменность работы. Оптимальными являются односменная работа (без ночной смены) и продолжительность рабочего дня 6...7 часов. На нефтегазовых предприятиях в условиях непрерывного производства продолжительность рабочей смены составляет 8 (класс 2) или 12 часов (класс 3.1), работа трехсменная, в том числе в ночную смену (класс 3.1).

Повышенная напряженность труда может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой и нервной системы, состоянию стресса.

Т а б л и ц а 14.1

Общая оценка напряженности трудового процесса

Класс условий труда	1	2	3.1	3.2
Окончательная оценка				
1 класс	17 и более	+	—	—
2 класс	+	6 и более	—	—
	+	+	От 1 до 5	
3 класс 1 ст.	+	+	6	—
	+	+	От 3 до 5	От 1 до 3
3 класс 2 ст.	+	+	+	6
	+	+	Более 6	—
	+	+	От 1 до 5	От 4 до 5
	+	+	6	От 1 до 5
3 класс 3 ст.	+	+	+	Более 6

Общая оценка напряженности труда проводится по всем 22 показателям. По каждому из 22 показателей в отдельности определяется свой класс условий труда. Если по характеру производственной деятельности какой-либо показатель не представлен, то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) — напряженность труда легкой степени. Окончательная оценка напряженности труда определяется по таблице 14.1. Наивысшая степень напряженности труда соответствует классу 3.3.

14.3. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

В условиях производственной деятельности человек, как правило, подвергается одновременному воздействию различных вредных производственных факторов.

Установлено, например, что совместное действие шума и нагревающего микроклимата приводит к большим изменениям функционального состояния человека и снижению его работоспособности, чем воздействие каждого из них. Одновременное действие нагревающего микроклимата и шума на уровне выше ПДУ сопровождается большим увеличением заболеваемости гипертонической болезнью. Тепловое воздействие на операторов, сочетающееся с действием других вредных производственных факторов, проявляется в большем снижении внимания при решении поставленных задач, а также изменении чувствительности слухового анализатора.

Поэтому общая количественная оценка условий труда учитывает комбинированное и сочетанное действие различных вредных и опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Для получения количественной гигиенической оценки условий труда на рабочем месте определяется класс условий труда для каждого вредного фактора в зависимости от уровня его воздействия в соответствии с таблицами, приведенными в Р 2.2.2006-05. При этом учитываются все вредные производственные факторы на конкретном рабочем месте:

- Химический;
- Биологический;
- Аэрозоли ПФД;

- Шум;
- Инфразвук;
- Ультразвук;
- Вибрация общая;
- Вибрация локальная;
- Неионизирующие излучения;
- Ионизирующие излучения;
- Микроклимат;
- Освещение;
- Тяжесть труда;
- Напряженность труда.

На основании полученных результатов определяется общая оценка условий труда.

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае сочетанного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании 2-х и более факторов классов 3.2, 3.3, 3.4 — условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше;
- при сокращении времени контакта с вредными факторами (защита временем) условия труда в некоторых случаях могут быть оценены как менее вредные, но не ниже класса 3.1.

В зависимости от фактического состояния условий труда руководителями предприятий и организаций по согласованию с профсоюзами устанавливается доплата в размере 4...24% тарифной ставки в соответствии с Типовым положением об оценке условий труда на рабочих местах и порядком применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда (Приложение к постановлению Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 3 октября 1986 г. № 387/22-78).

Доплаты устанавливаются по конкретным рабочим местам с учетом фактической занятости рабочих на этих местах. По согласованию с профсоюзами временно сроком до одного года размеры доплат могут быть увеличены, но не более 12% для тяжелых и вредных условий труда и 24% на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда.

14.4. СТАТИСТИКА УСЛОВИЙ ТРУДА В РФ

По данным Росстата в Российской Федерации в 2005 г. трудились 66,4 млн человек (32,5 млн женщин), из них в промышленности — 14,3 млн, сельском и лесном хозяйстве — 7,2 млн, строительстве — 5,2 млн, связи и на транспорте — 5,3 млн.

Решение проблем, связанных с улучшением условий труда, укреплением здоровья работников, как важнейшей производительной силы общества, определяющей возможности и темпы экономического развития страны и ее национальную безопасность, должно становиться основой социальной политики государства.

Однако согласно данным Росстата численность работников во вредных условиях труда в основных отраслях экономики за последние годы (2001–2005 гг.) имеет тенденцию к росту (рис. 14.2). В 2005 г. в промышленности, строительстве, на транспорте и в связи количество работников, занятых в условиях, не отвечающих требованиям санитарно-гигиенических норм, составило 22,2 % от общей численности работников этих отраслей по сравнению с 18,8 %. В 2001 г. 5,9 % работников были заняты тяжелым физическим трудом.

В промышленности удельный вес работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, в 2005 г. вырос и со-

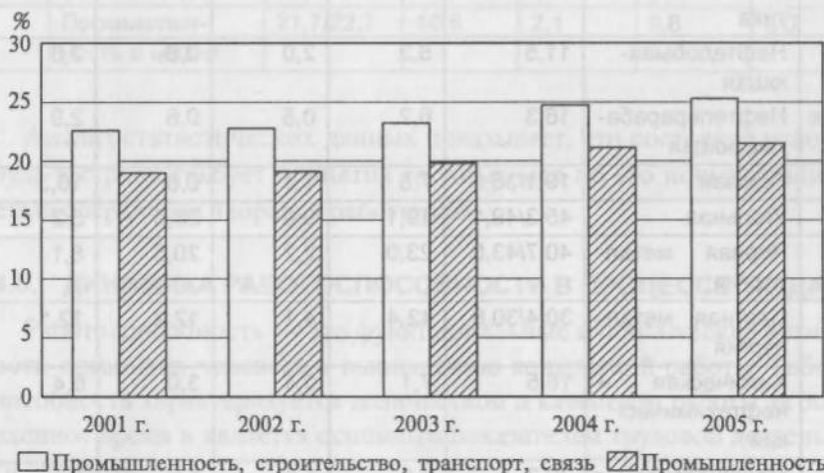


Рис. 14.2. Численность работников, занятых во вредных условиях труда, %

ставил 25,2% по сравнению с 22,4% в 2001 г., т.е. в промышленности больше, чем каждый четвертый работал во вредных условиях труда.

Удельный вес женщин, работающих во вредных условиях в промышленности, в 2005 г. составил 17,2%.

Таким образом, наиболее распространенными вредными производственными факторами, характерными для всех отраслей промышленности (табл 14.2), являются: шум, ультра- и инфразвук, вибрация, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Таблица 14.2

Численность работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам (2000/2002 г.)

№ п/п	Отрасль промышленности	Всего работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам	Работали под воздействием повышенного (й) (2000 г.)			
			Уровня шума, ультра- и инфразвука	Уровня вибрации	Запыленности воздуха рабочей зоны	Загазованности воздуха рабочей зоны
1	Электроэнергетика	31,5/31,3	17,4	4,5	8,1	7,5
2	Нефтедобывающая	11,5	6,3	2,0	0,6	2,6
3	Нефтеперерабатывающая	16,3	6,2	0,5	0,6	2,9
4	Газовая	19,1/36,5	7,5	1,1	0,8	10,3
5	Угольная	45,3/49,1	19,1	9,0	26,6	6,2
6	Черная металлургия	40,7/43,8	23,0	2,7	20,6	8,1
7	Цветная металлургия	30,4/30,8	42,4	4,1	12,2	12,1
8	Химическая и нефтехимическая	16,5	7,1	0,4	3,0	6,4
9	Машиностроение и металлообработка	20,2	9,8	1,8	5,6	7,5

№ п/п	Отрасль промышленности	Всего работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам	Работали под воздействием повышенного (й) (2000 г.)			
			Уровня шума, ультра- и инфразвука	Уровня вибрации	Запыленности воздуха рабочей зоны	Загазованности воздуха рабочей зоны
10	Лесозаготовительная	16,2	6,5	4,6	1,6	2,1
11	Деревообрабатывающая	18,5	8,5	1,0	4,2	5,0
12	Целлюлозно-бумажная	31,9	16,5	1,9	6,8	9,7
13	Строительных материалов	20,7	7,7	2,1	9,5	3,0
14	Стекольная	27,0	10,9	1,4	9,7	5,7
15	Легкая	17,2	11,0	0,2	4,2	1,8
16	Пищевая	10,7	4,7	1,0	1,8	2,0
17	Полиграфическая	15,0	10,4	0,1	11,9	1,5
	Промышленность в целом	21,7/22,7	10,6	2,1	6,8	5,0

Анализ статистических данных показывает, что состояние условий труда в стране требует принятия срочных мер по его нормализации с целью сохранения здоровья работников.

14.5. ДИНАМИКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ТРУДА

Работоспособность — это функциональные и психические возможности организма человека к выполнению конкретной работы. Работоспособность характеризуется количеством и качеством работы за определенное время и является основным показателем трудовой деятельности человека.

Современные психофизиологические исследования показывают, что работоспособность человека закономерно изменяется в течение рабочей смены. Для оценки динамики работоспособности в ряде случаев

можно определить почасовую производительность труда, т.е. какое количество продукции изготовил рабочий в 1-й, 2-й и последующие часы смены. Если же рабочий выполняет отдельную операцию, то определяют время, затрачиваемое на ее выполнение в разные периоды смены с помощью хронометражных исследований.

Рассмотрим динамику работоспособности в течение 8-часовой рабочей смены. Восьмичасовая продолжительность рабочего дня физиологически была обоснована еще И.М. Сеченовым. Как правило, при всех видах работ в каждой половине рабочего дня наблюдаются три фазы работоспособности (рис. 14.3).

1-я фаза — вработывания или нарастающей работоспособности. В этот период уровень работоспособности постепенно повышается в зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека. Продолжительность 1 фазы от 20 минут до 1 часа.

2-я фаза — высокой устойчивой работоспособности, ее продолжительность 2...2,5 часа в зависимости от тяжести и напряженности труда. Для этой фазы характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью напряжения физиологических функций.

3-я фаза — снижения работоспособности или развивающегося утомления. Характеризуется уменьшением функциональных возможностей основных рабочих органов человека и сопровождается чувством усталости.

После обеденного перерыва имеют место те же три фазы работоспособности, но характер кривой изменяется. 1-я фаза короче по времени, чем в начале рабочего дня. Человек находится на производстве, занят производственными проблемами, поэтому процесс вработываемости происходит быстрее. 2-я фаза короче по времени и меньше по абсо-

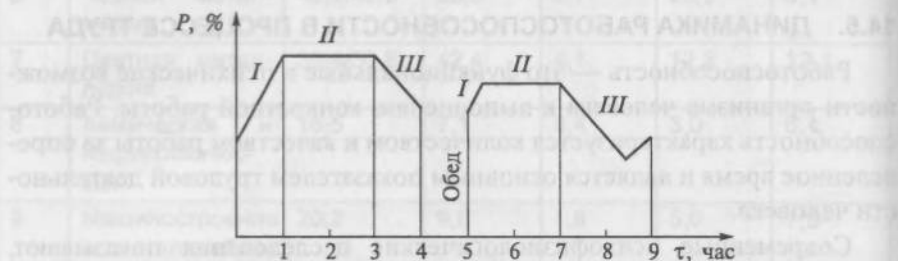


Рис. 14.3. Динамика работоспособности в течение рабочего дня

лютной величине, после обеденного перерыва уже не удастся достигнуть уровня работоспособности первой половины дня. 3-я фаза больше по продолжительности и абсолютной величине. В конце рабочей смены в ряде случаев наблюдается некоторый рост работоспособности, что объясняется «конечным порывом» — эмоциональным подъемом в связи с окончанием рабочей смены и желанием быстрее закончить работу.

Важной задачей, вытекающей из анализа динамики работоспособности в течение рабочего дня, является разработка рекомендаций по поддержанию высокого уровня работоспособности в течение большей части рабочей смены, т.е. максимальное увеличение 2 фазы и смещение 3 фазы в самый конец рабочего дня. Можно предложить несколько таких рекомендаций.

1. Правильное планирование рабочего времени. Необходимо учитывать, что в начале и конце рабочего дня работоспособность на 20...30% ниже, чем в середине. Поэтому не следует сразу начинать с самых сложных заданий, надо дать возможность организму вработаться, также нельзя оставлять решение наиболее сложных вопросов на конец рабочего дня. По возможности, наиболее сложные задания желательно выполнять в первую половину рабочего дня.

2. Перерывы в течение рабочего дня. Многочисленными исследованиями доказано, что чередование работы и отдыха способствует сохранению высокой устойчивой работоспособности. Введение на различных производствах регламентированных перерывов не только не снижает суммарную выработку за смену, но и повышает ее в зависимости от характера производства на 5...20% и снижает ошибочность действий работающих. Оптимальную продолжительность обеденного перерыва (от 30 минут до часа) устанавливают с учетом удаленности рабочих мест от столовых и способа организации раздачи пищи. Продолжительность и число кратковременных перерывов (кроме обеденного) определяют с учетом тяжести и напряженности труда и, как правило, закрепляют в правилах внутреннего трудового распорядка на предприятии. При выполнении работы, требующей значительных физических усилий, рекомендуются более редкие, но продолжительные 10...12-минутные перерывы. При выполнении особо тяжелых работ (металлурги, кузнецы и др.) следует сочетать работу 15...20 минут с отдыхом такой же продолжительности. При работах с высокими психологическими нагрузками целесообразны более частые, но короткие 5...10-минутные перерывы. Регламентированные перерывы эффективны при условии, если они при-

ходятся на начальные стадии появления утомления и не возвращают работающего (вследствие большой продолжительности) к 1 фазе — вработываемости.

3. Смена рода деятельности по своему психологическому воздействию часто равноценна перерыву. В основе этой рекомендации лежит феномен активного отдыха И.М. Сеченова — «утомленные мышцы быстрее восстанавливают свою работоспособность не при полном покое, а при работе других мышечных групп».

Работоспособность человека колеблется не только в течение рабочего дня, но и в течение суток: организм по-разному реагирует на физическую и нервно-эмоциональную нагрузку. На физиологической кривой динамики суточной работоспособности (см. рис. 14.4) отчетливо выделяются два минимума. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 часами, второй минимум приходится на ночное время, по законодательству с 22 ч до 6 часов. При этом наименьший уровень работоспособности отмечается с 3 до 4 ч утра. С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, время обеденного перерыва, перерывы на отдых и сон. Очевидно, что работая в ночную смену, человек совершает определенное насилие над своим организмом. Поэтому производственная нагрузка в ночную смену должна быть существенно ниже, чем в дневную.

Работоспособность человека в течение рабочей недели также не одинакова: она повторяет одну из половинок рабочего дня. «Понедельник — день тяжелый», происходит вработываемость. Во второй, третий и четвертый дни работоспособность достигает высокого уровня,

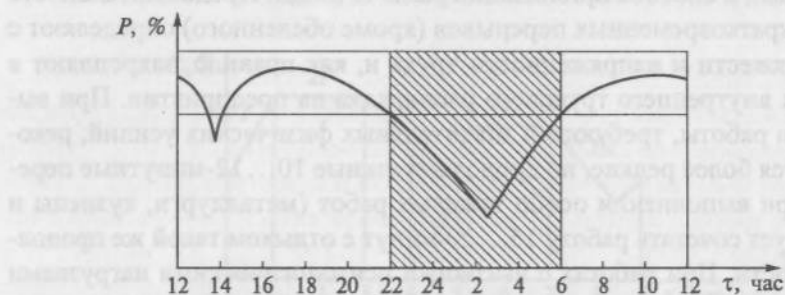


Рис. 14.4. Физиологическая кривая динамики суточной работоспособности

в последующие дни недели резко падает, достигая минимума на шестой день работы в связи с утомлением организма. В связи с этим на большинстве предприятий с 1967 г. была введена пятидневная рабочая неделя с сохранением общего количества рабочих часов в неделю.

В известном романе американского писателя Артура Хейли «Колеса» описывается крупный автомобильный концерн. Рабочие концерна никогда не покупали для себя автомобили, собранные в понедельник (фаза вработываемости) или пятницу (фаза развивающегося утомления), так как они содержали наибольшее количество ошибок в сборке.

Утомление — это психофизиологическое состояние человека, возникающее в результате выполнения труда большей тяжести, напряженности или продолжительности и выражающееся в количественном и качественном ухудшении его результатов. Утомление — обратимое физиологическое состояние человека. Однако если работоспособность не восстанавливается к началу следующего периода работы, утомление может накапливаться и переходить в переутомление — более стойкое снижение работоспособности, которое в дальнейшем приводит к снижению сопротивляемости организма и развитию заболеваний. Утомление и переутомление могут быть причиной травматизма на производстве. Различают быстро и медленно развивающееся утомление: первое возникает при очень интенсивной работе (работа грузчика, каменщика, работника творческого труда и др.), второе — при длительной однообразной работе (труд водителя, работа на конвейере и др.). Утомление бывает физическое — в результате повышенной тяжести труда и умственное — в результате повышенной напряженности труда. Следует заметить, что с физическим утомлением человек справляется легче. Мышцы отдыхают и восстанавливаются быстрее, чем голова, которую очень трудно «выключить» даже после окончания рабочего дня. В то же время физическое и умственное утомление влияют друг на друга. Так, при тяжелом физическом утомлении умственная работа мало продуктивна, а при умственном утомлении человек испытывает физическую усталость.

Повышению работоспособности и снижению утомляемости на производстве способствуют научная организация труда (некоторые элементы которой были рассмотрены выше) и соблюдение эргономических принципов проектирования оборудования и организации рабочих мест.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев С.В., Усенко В.Р.* Гигиена труда. Учебник для студ. сан.-гигиенич. фак. мед. институтов. – М.: Медицина, 1988. – 576 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Под общей ред. С.В. Белова. Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2004. – 606 с.
3. Безопасность жизнедеятельности в техносфере. Учеб. пособие / Под ред. О.Н. Русака, В.Я. Коидрасенко. – Красноярск.: ИПЦ КГТУ, 2001. – 431 с.
4. Безопасность и охрана труда. Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. – 279 с.
5. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2005 году». – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 287 с.
6. Доклад «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2005 году». – М.: Минздравсоцразвития России, 2006. – 71 с.
7. *Девисилов В.А.* Освещение и здоровье человека. Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». – 2003. – № 7. – 16 с.
8. *Измеров Н.Ф., Лебедева Н.В.* Профессиональная заболеваемость. – М.: Медицина, 1993. – 222 с.
9. *Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Куралесин Н.А.* Инфразвук: действие на организм и гигиеническая регламентация. Вестник РАМН. – 1997. № 7. – С. 39–46.
10. *Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко Л.В.* Человек и шум. – М.: Геотар-Мед, 2001. – 380 с.
11. Источники загрязнения и системы защиты среды обитания. Под ред. О.Н. Русака. – СПб.: МАНЭБ, 1999. – 300 с.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учебное пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.

13. Основы радиационной безопасности в жизнедеятельности человека. Учебное пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, В.М. Попов и др. – Курск.: КГТУ, 1995. – 143 с.
14. Маргулис У.Я., Брегадзе Ю.И. Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 120 с.
15. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Под ред. О.Н. Русака. – СПб.: Лань, 2001. – 448 с.
16. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 526 с.
17. Средства индивидуальной защиты. Справ. изд. / Под ред. С.Л. Каминского. – Л.: Химия, 1989. – 400 с.
18. Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Вибрация и защита от нее. – М.: Ред. журнала «Охрана труда и социальное страхование», 2001. – 230 с.
19. Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Защита от ультразвука. Охрана труда и социальное страхование. – 1997. – № 22. – С. 27–32.
20. Терехов С.Л. Исследование и снижение шума на компрессорных станциях магистральных газопроводов. – М.: ИРЦ Газпром, 2002. – 305 с.
21. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. Практическое руководство в 2-х томах / Под ред. Н.Ф. Измерова – М.: Медицина, 1999. – 764 с.
22. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России / Под ред. А.К. Демина. – М.: 1997. – 91 с.
23. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. В 4-х томах. Перевод с англ. – М.: Минтруд, 2001. – 4223 с.
24. Энциклопедия. Коллективные и индивидуальные средства защиты. Контроль защитных свойств. – М.: Деловой экспресс, 2002. – 408 с.

Учебное издание

Глебова Елена Витальевна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Редактор *Л.А. Савина*

Внешнее оформление *В.В. Жук*

Технический редактор *Н.И. Тростянская*

Компьютерная верстка *В.А. Товстоног*

Корректор *Т.А. Вавилова*

Изд. № РЕНТ-163. Подп. в печать 14.06.07. Формат 60×88¹/₁₆.

Бум. офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Объем 23,52 усл. печ. л. 24,27 усл. кр.-отг.

Тираж 3000 экз. Зак. № 3511.

ОАО «Издательство «Высшая школа»,
127994, Москва, Неглинная ул., 29/14, стр. 1.

Тел.: (495) 694-04-56

<http://www.v-shkola.ru> E-mail: info@v-shkola.ru

Отдел реализации: (495) 694-07-69, 694-59-39, факс: (495) 694-03-01.

E-mail: sales@v-shkola.ru

Отпечатано в ОАО «Ивановская областная типография».

153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

E-mail: 091-018@adminet.ivanovo.ru

Издательство «Высшая школа»

предлагает следующие книги:

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие/П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. — 2-е изд., испр. и доп. — 2004. — 319 с.: ил.

В книге рассмотрена безопасность человека в процессе трудовой деятельности с позиций правовой, организационной и технической защиты на основе анализа опасных и вредных факторов, формируемых техническими системами и средствами производственной среды. Пособие основывается на системе действующих в РФ государственных нормативных актов в области охраны труда и социальной защиты.

Для студентов вузов.

Куликов О.Н., Ролин Е.И. Безопасность производства строительных-монтажных работ: Учебник. — 2006. — 501 с.: ил.

В книге приведены основные требования безопасности при разработке проектов производства работ и на строительных площадках, описаны методы и средства защиты от поражения электрическим током, меры по снижению воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов, средства индивидуальной защиты от различных вредностей. Рассмотрены основные мероприятия по противопожарной безопасности на объектах стройиндустрии и по оказанию доврачебной помощи при несчастных случаях на производстве.

Для студентов строительных специальностей вузов, а также для студентов других технических специальностей.

Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник/Под ред. В.Н. Луканина. — 2-е изд., испр. — 2003. — 273 с.: ил.

В учебнике изложены теоретические основы физико-химических процессов, происходящих при воздействии транспорта и промышленности на окружающую среду; механизмы воздействия на окружающую среду отдельных объектов транспорта (на разных стадиях их жизненных циклов), а также дорожной сети и парков машин на локальных территориях. Рассмотрено распространение и трансформации промышленно-транспортных загрязнений в окружающей среде и их влияние на компоненты биоты. Рассмотрены методы и результаты оценки промышленно-транспортных загрязнений.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Наземные транспортные системы», «Эксплуатация транспортных средств», «Технологические машины и оборудование» и специальностям «Автомобильные дороги и аэродромы», «Двигатели внутреннего сгорания», «Организация дорожного движения», «Электрооборудование автомобилей и тракторов».

Павлова Е.И. Экология транспорта: Учебник — 2006. — 344 с.: ил.

В книге изложены общие вопросы экологии и специфические аспекты экологии транспорта, большое внимание уделено глобальным экологическим проблемам и усилиям государств мира по их решению, освещена экологическая ситуация в России, рассмотрен опыт стимулирования природоохранной деятельности. Основной акцент в книге сделан на влиянии транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду и управление экологической деятельностью, подробно рассмотрены мероприятия по повышению экологичности транспортных средств.

Для студентов вузов транспортного профиля, научных и практических работников транспортной отрасли.

Анализ и оценка риска производственной деятельности: Учеб. пособие/П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. — 2007. — 328 с.: ил.

В пособии рассмотрены опасности производственной среды и их классификация. Особое внимание уделено классификации условий трудовой деятельности. Приведены теоретические основы управления производственным риском, математический аппарат анализа риска, основанный на теории вероятностей. Даны психологические методы оценки и снижения производственного риска, рассмотрены вопросы оценки и возмещения ущерба, наносимого человеку и производству авариями, несчастными случаями и профессиональными заболеваниями, проанализирована система обязательного социального страхования на производстве.

Для студентов вузов, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности», практических работников в области охраны труда.

Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование: Учеб. пособие. — 2007. — 360 с.: ил.

В книге проанализированы механизмы, регулирующие потоки веществ в биогеохимических пищевых цепях, что позволило дать количественную оценку экологического риска от разнообразных источников и определить технологические решения для управления этим риском в процессах хозяйственной деятельности и его страхования.

Для студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по следующим направлениям: экономика, менеджмент, государственное управление, политические науки, экология, география, технические технологические дисциплины и др. Книга рекомендована для постдипломного дополнительного образования.



**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
САНИТАРИЯ
И ГИГИЕНА ТРУДА**

ISBN 978-5-06-004897-1



9 785060 004897 1

Е.В. ГЛЕБОВА
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА