

П
З-68

ЗЛОБИНСКИЙ

ОСНОВЫ
ТЕХНИКИ
БЕЗОПАСНОСТИ

Б. М. ЗЛОБИНСКИЙ

П Н
3-68

ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Издание 2-е, дополненное и переработанное

ДОПУЩЕНО МИНИСТЕРСТВОМ ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНИКА ДЛЯ СТУДЕНТОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ВУЗОВ И ФАКУЛЬТЕТОВ

69885



ИЗДАТЕЛЬСТВО • МЕТАЛЛУРГИЯ • 1965

ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ

АННОТАЦИЯ

В книге рассматриваются общие вопросы безопасности труда (исследование условий труда, анализ причин травматизма и профзаболеваний, методы создания безопасных условий труда, организации службы безопасности и др.), защиты от вредных выделений и тепловых излучений, шума и вибраций, электрического тока, радиоактивных излучений, обеспечения безопасности работы машин и механизмов, очистки выбросов, пожарной безопасности и предотвращения взрывов в черной металлургии.

Написанная в соответствии с утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования СССР учебной программой книга предназначена в качестве учебника для студентов металлургических специальностей высших учебных заведений; она может быть полезна также как учебное пособие для студентов других специальностей.

Автор:

ЗЛОБИНСКИЙ Борис Михайлович

Редактор издательства *З. К. Зверева*

Технический редактор *Р. Я. Гинзбург*

Переплет художника *Е. В. Никитина*

Сдано в производство 20/IV-1965 г.

Подписано в печать 25/VI 1965 г.

Бумага 60 × 90¹/₁₆ — 10,63 бум. л. = 21,00 печ. л.

Уч.-изд. л. 20,98

Заказ 1240

Изд. № 3908

T-08838

Тираж 14230

Цена 93 коп.

Б. З. № 29 от 20/IV—1965 г. п. 14

Допечатка тиража

Издательство «Металлургия»

Москва Г-34, 2-й Обыденский пер., 14

Экспериментальная типография ВНИИПП

Государственного комитета

Совета Министров СССР по печати

Москва И-51, Цветной бульвар, 30

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	7
2. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ОБ ОХРАНЕ ТРУДА	15
2.1. Основные законодательные акты об охране труда	15
2.1.1. Источники законодательства об охране труда	15
2.1.2. Правила техники безопасности и нормы производственной санитарии	17
2.1.3. Обеспечение нормальных условий труда	19
2.1.4. Охрана труда женщин и подростков	26
2.2. Надзор за соблюдением законов об охране труда	26
2.2.1. Государственный надзор	27
2.2.2. Общественный контроль	31
2.3. Ответственность за нарушение законов об охране труда	34
2.3.1. Дисциплинарная ответственность	34
2.3.2. Административная ответственность	35
2.3.3. Уголовная ответственность	36
2.3.4. Гражданская (материальная) ответственность	37
3. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА	
3.1. Производственные опасности и вредности	41
3.2. Работоспособность и утомляемость	44
3.3. Объекты исследования	46
3.4. Виды исследований	47
3.5. Анализ причин несчастных случаев	49
3.6. Расследование причин несчастных случаев	52
4. ОБЩИЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА	
4.1. Организация производства и труда	56
4.2. Устройство предприятий и цехов	59
4.2.1. Планировка предприятий и цехов	59
4.2.2. Рабочее место	61
4.2.3. Вентиляция	61
4.2.4. Отопление	65
4.2.5. Освещение	65
4.2.6. Очистка отходящих газов и сточных вод	73
4.2.7. Санитарно-бытовые помещения и устройства	74
4.3. Оборудование и технологический процесс	76
4.4. Индивидуальная защита	79
5. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ	
5.1. Обязанности административно-технического персонала	82
5.2. Работа отдела техники безопасности	84
5.3. Инструкция по технике безопасности	87

5.4. Обучение персонала	87
5.5. Пропаганда безопасности	89
5.6. Планирование мероприятий по охране труда	90
5.7. Газоспасательная служба	91
5.8. Медицинское обслуживание	93
6. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ	
6.1. Тепловые воздействия на организм	95
6.1.1. Тепловой баланс организма	95
6.1.2. Воздействие тепловых излучений на организм	97
6.1.3. Характеристика благоприятного микроклимата	99
6.2. Организация производства и труда	102
6.3. Устройство цехов	103
6.3.1. Планировка зданий и оборудования	103
6.3.2. Общеобменная вентиляция	103
6.3.3. Местная приточная вентиляция	107
6.3.4. Водораспыление	111
6.3.5. Установки искусственного климата	111
6.3.6. Места отдыха	114
6.3.7. Тепловые завесы	113
6.4. Оборудование и технологический процесс	113
6.4.1. Механизация и автоматизация процессов	113
6.4.2. Дистанционное управление и наблюдение	117
6.4.3. Металлургические печи	118
6.4.4. Экранирование	126
6.5. Индивидуальная защита	131
6.6. Питьевой режим	133
6.7. Контроль метеорологических условий	133
7. ПРОФИЛАКТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА	
7.1. Воздействие ядовитых веществ на организм	135
7.2. Загрязнения воздуха в металлургических цехах	137
7.3. Организация производства и труда	143
7.4. Устройство предприятий и цехов	145
7.5. Оборудование и технологический процесс	146
7.6. Индивидуальная защита	151
7.7. Методы исследований	152
8. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	
8.1. Воздействие электрического тока на организм	155
8.1.1. Величина тока	156
8.1.2. Род тока	159
8.1.3. Частота тока	160
8.1.4. Путь тока в организме	160
8.1.5. Продолжительность действия тока	160
8.1.6. Фактор внимания	160
8.1.7. Состояние организма	161
8.1.8. Внешняя среда	161
8.2. Организация работ	161
8.3. Устройство электротехнических установок и помещений	164
8.4. Защитные устройства	167
8.4.1. Защита от перегрузки	167
8.4.2. Защита от прикосновения	168
8.4.3. Защита от перехода напряжения	169
8.4.4. Переносные электроприборы	171
8.5. Индивидуальная защита	172
8.6. Электромагнитные поля	174
8.7. Методы испытаний	178

9 ЗАЩИТА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

9.1. Воздействие радиоактивных веществ на организм	180
9.2. Факторы, влияющие на эффект облучения	182
9.2.1. Доза облучения	182
9.2.2. Продолжительность облучения	184
9.2.3. Вид излучения	184
9.2.4. Облученный участок организма	185
9.2.5. Индивидуальная чувствительность	186
9.2.6. Факторы, влияющие на эффект воздействия при внутреннем облучении	186
9.3. Опасность загрязнения воздуха	187
9.4. Организация работ с радиоактивными веществами	188
9.4.1. Гигиенические нормативы	188
9.4.2. Классификация веществ, источников, помещений и работ с радиоактивными веществами	191
9.4.3. Разрешение работ	193
9.4.4. Выбор и использование радиоактивных изотопов	194
9.4.5. Проведение работ	194
9.4.6. Дозиметрический контроль	197
9.5. Устройство и оборудование рабочих помещений	200
9.5.1. Помещения для работ с открытыми источниками	200
9.5.2. Помещения для работ с закрытыми источниками	202
9.5.3. Внутреннее устройство помещений	203
9.5.4. Хранилища радиоактивных веществ	205
9.5.5. Дезактивация	205
9.5.6. Удаление отходов	206
9.6. Защитное оборудование и устройства	207
9.6.1. Механизация и автоматизация	207
9.6.2. Защитное экранирование	208
9.6.3. Герметизация радиоактивных веществ и проводимых работ	216
9.6.4. Радиоизотопные приборы	219
9.6.5. Ускорительные установки	222
9.7. Индивидуальная защита	223
9.7.1. Спецодежда	223
9.7.2. Индивидуальные защитные приспособления	224
9.7.3. Личная гигиена	226

10. ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИЙ

10.1. Характеристика шума и вибраций	227
10.2. Организация работ	231
10.3. Устройство помещений	232
10.4. Оборудование и технологический процесс	237
10.4.1. Защита от шума	237
10.4.2. Защита от вибраций	241
10.5. Индивидуальная защита	244
10.6. Защита от ультразвуковых колебаний	245
10.7. Методы исследований	248

11. БЕЗОПАСНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

11.1. Требования безопасности к машинам	250
11.2. Опасные зоны машин	252
11.3. Защитные устройства	254
11.4. Управляющие и контрольные устройства	259
11.5. Автоматизация машин	261
11.6. Подъемно-транспортные устройства	263
11.7. Испытания машин	267

12. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВЗРЫВОВ

12.1. Взрывоопасность газов, паров, пыли	269
12.2. Пределы взрываемости	274
12.3. Предотвращение образования взрывоопасных смесей	278
12.4. Предотвращение воспламенения взрывоопасных смесей и локализация взрыва	281
12.5. Предупреждение взрывов жидкого металла и шлака	282
12.6. Безопасность при использовании кислорода	284
12.7. Методы исследований и испытаний	285

13. ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ

13.1. Выбросы металлургических заводов	287
13.2. Рассеяние выбросов	288
13.3. Способы очистки отходящих газов	289
13.4. Схемы очистки отходящих газов металлургических агрегатов	296
13.5. Контроль работы пылеуловителей	298
13.6. Методы очистки сточных вод	299
13.7. Контроль сточных вод	301

14. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

14.1. Пожарная опасность технологических процессов	302
14.2. Организационные меры пожарной безопасности	306
14.3. Устройство предприятий и цехов	307
14.3.1. Конструкции зданий	307
14.3.2. Органические распространения пожаров	311
14.3.3. Складские помещения	313
14.3.4. Эвакуация помещений	313
14.3.5. Вентиляционные устройства	314
14.4. Молниезащита	314
14.5. Ведение технологических процессов	316
14.6. Тушение пожаров	318
14.6.1. Огнетушительные вещества	319
14.6.2. Устройства и приборы для тушения пожаров	321
14.6.3. Пожарная сигнализация	328
14.7. Методы исследований	326

1. ВВЕДЕНИЕ

Особенностью советской технической культуры является забота о трудящихся, о тех, кто создает и управляет многочисленными машинами и механизмами, печами и приборами, двигателями и транспортными устройствами — всем разнообразным производственным оборудованием заводов, фабрик, шахт, электростанций, строек.

Для оценки любого производственного процесса обычно учитывают затраты на него — расход сырья или полупродукта, инструментов, топлива, электроэнергии, вспомогательных материалов; особенное значение имеют затраты рабочего времени и производительность труда. Анализ этих показателей позволяет судить о целесообразности того или иного производственного процесса; предпочтение отдается тем процессам, которые являются более производительными и экономичными. Усовершенствование любого производственного процесса сводится к уменьшению затрат на его осуществление, разумеется, при высоком качестве продукции.

Имеется еще один важный расход, который часто не учитывают, хотя он нередко сопутствует производственной деятельности. Это — потеря здоровья работающими, вызываемая условиями производства.

Совершенно бесспорно, что условия труда не должны представлять опасности для работающих. Однако в течение многих веков, а в капиталистических странах и в настоящее время, условия труда таковы, что они представляют угрозу здоровью и даже жизни трудящихся.

Капитализм вызвал к жизни машинную индустрию. Но машина в условиях капитализма служит не для облегчения труда

и не для увеличения благосостояния трудящихся, она служит средством получения прибавочной стоимости, орудием усиления эксплуатации трудящихся и превращения большинства их в огромную армию безработных. На капиталистической фабрике «Рабочий становится частью громадного машинного аппарата: он должен быть также беспрекословен, поработен, лишен собственной воли, как и сама машина»¹.

Кроме того, работа становится опасной для трудящихся. Тяжелый, подневольный, утомительный труд подтачивает жизнь рабочего, а машина в условиях капиталистического строя калечит или убивает его. У машин и станков рабочий класс несет потери большие, чем в кровопролитных войнах.

Так, например, в США в 1963 г. от несчастных случаев погибло 455000 рабочих, а 4 300 000 человек постоянно или временно потеряли трудоспособность. Уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний высок и во Франции, Западной Германии, Англии, Японии и других капиталистических странах.

Эксплуатируемые массы борются за улучшение условий труда, и капиталисты вынуждены идти на некоторые уступки трудящимся и предпринимать известные меры безопасности. Но в самом капиталистическом строе заложены принципиальные препятствия к осуществлению охраны труда. Какие бы то ни было средства на улучшение условий и безопасности труда выделяются только в том случае, если при этом достигается увеличение капиталистической прибыли.

Развитию капиталистического способа производства сопутствовало все большее усложнение проблем обеспечения безопасности труда. Средневековому мастеру не приходилось долго объяснять подмастерью, как уберечь себя от несчастного случая. После промышленной революции «наряду с громадным ускорением работы машин, возрастанием давления и температуры, вовлечением в производство все новых и новых природных ресурсов и материалов, колоссальным увеличением производства резко изменились и условия труда. Если до того основным недостатком были неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда, то затем на первый план выдвинулась опасность, вызывающая травмирование работающих.

Обеспечение нормального ритма производственных процессов и предотвращение аварий вызвали необходимость проведения защитных мер против ясно видимой опасности травмирования, и вопросы техники безопасности сводились в основ-

¹ В. И. Ленин. Сочинения, 4-е изд., т. 2, стр. 89.

ном к ограждению движущихся частей машин для предупреждения опасного соприкосновения работающих с ними.

Развитие машинного производства сделало необходимой механизацию труда. Громадные мощности и скорости машин, возросшие требования к точности технологических процессов таковы, что органы чувств и реакция человеческого организма уже не могут справиться с ручным управлением машинами. С развитием механизации тяжесть физического труда уменьшилась. Для оценки тяжести труда определение количества произведенной организмом работы оказывается уже недостаточным.

Современное производственное оборудование требует от рабочего не столько большой затраты мускульной энергии, сколько исключительной напряженности всей нервной системы. Если прежде речь шла в основном о видимых, непосредственно воздействующих факторах, то теперь появились невидимые воздействия, часто сказывающиеся не непосредственно, а через более или менее отдаленные промежутки времени. Возникли новые, до того неизвестные профессиональные болезни. Влияние условий работы способствует также и развитию общих, в основном профессионально обусловленных заболеваний.

В капиталистических странах в оправдание такого положения выдвигают рассуждения о том, что современная цивилизация и новая техника сами по себе являются первопричиной повышенной заболеваемости и что, естественно, создается замкнутый круг: новая техника нужна для обеспечения все возрастающего населения необходимыми условиями жизни, но она же приводит к повышению «профессионального риска», увеличению производственных жертв, без которых общество обойтись не может.

Однако такие рассуждения совершенно необоснованны. Для положения труда решающими, определяющими являются социальные закономерности. Не трудовые процессы сами по себе, не машины сами по себе, а производственные отношения данного общественного строя определяют в конечном счете условия труда.

В царской России среди металлургов и горняков число несчастных случаев доходило почти до 500 в год на каждую 1000 рабочих. В советской металлургической промышленности, технический уровень которой несравнимо выше, чем до Октябрьской революции, число несчастных случаев в десятки раз меньше и оно продолжает уменьшаться. Такое положение характерно для всех отраслей нашего народного хозяйства.

Ликвидация капиталистических отношений, утверждение социалистической системы во всем народном хозяйстве, непре-

рывный технический прогресс, соблюдение научно обоснованных норм техники безопасности при постройке новых предприятий и реконструкции старых, широчайший размах технических, санитарных и гигиенических мероприятий по охране труда — вот что имело решающее значение в деле оздоровления условий труда в нашей стране.

Важнейшее влияние на улучшение условий жизни оказало уничтожение нищеты и безработицы, подъем материального и культурного уровня трудящихся, широкое социальное законодательство об охране труда: восьмичасовой, а затем семичасовой рабочий день, сокращенный рабочий день для ряда профессий, ежегодные отпуска, охрана женского труда, труда подростков, государственное социальное страхование и т. д.

На улучшение охраны труда затрачивают громадные средства. Так, за 1956—1958 гг. только по коллективным договорам было израсходовано около 900 млн. руб. (в новом масштабе цен) и в 1959—1962 гг. 2,5 млрд. руб.

Разработкой проблем безопасности труда занимается большое число научных учреждений: институты охраны труда ВЦСПС (Московский, Ленинградский, Тбилисский, Свердловский, Ивановский, Казанский), институты гигиены труда и профессиональных заболеваний министерств здравоохранения, институты техники безопасности ряда отраслей промышленности, лаборатории безопасности труда технологических институтов и предприятий.

Вопросам охраны труда у нас уделяется исключительное внимание, ибо для Коммунистической партии и Советского правительства нет ничего важнее, чем забота о благе народа.

Социализм дал возможность использовать технику в интересах трудящихся масс для повышения уровня жизни, для оздоровления и облегчения условий труда. Новая техника, создаваемая в социалистическом обществе, призвана не только экономить труд и увеличивать его производительность, но и способствовать созданию на производстве полностью безопасных и безвредных условий труда.

В работе Коммунистической партии вопросы охраны труда всегда занимали важнейшее место.

Еще первая Программа партии, принятая в 1903 г. на II съезде РСДРП, требовала установления восьмичасового рабочего дня и еженедельного отдыха не менее 42 ч, запрещения сверхурочных работ, труда подростков до 16 лет, а также женского труда в отраслях и на работах, вредных для здоровья женщин, введения санитарного надзора на всех предприятиях, бесплатной медицинской помощи и сохранения за-

рабочной платы на время болезни, учреждения инспекции труда с участием выборных представителей рабочих и др. После Октябрьской революции Советская власть в законодательном порядке провела и закрепила восьмичасовой рабочий день, 42-ч еженедельный отдых для всех трудящихся, шестичасовой рабочий день для рабочих горнорудной промышленности, запрещение сверхурочных работ, труда детей и подростков до 16 лет, ночного труда и др.

В Программе партии, принятой VIII съездом РКП(б) в 1919 г., вопросам охраны труда также было отведено значительное место. Была поставлена задача дальнейшего сокращения рабочего дня, усиления инспекции труда и т. д.

Декабрьский Пленум ЦК КПСС (1957 г.) в постановлении «О работе профессиональных союзов СССР» указал, что «Дальнейшее облегчение и оздоровление условий труда, устранение причин травматизма и заболеваемости рабочих должно рассматриваться как государственная задача».

Предусмотренные в «Контрольных цифрах развития народного хозяйства на 1959—1965 годы» мероприятия обеспечивают дальнейшее улучшение условий труда, производственной санитарии и техники безопасности на предприятиях и стройках.

Июньский Пленум ЦК КПСС (1959 г.) в своем постановлении о путях дальнейшей широкой автоматизации производства подчеркнул огромное значение автоматизации для улучшения условий труда.

Принятой XXII съездом КПСС Программой Коммунистической партии Советского Союза предусматривается внедрение на всех предприятиях современных средств техники безопасности и обеспечение санитарно-гигиенических условий, устраняющих производственный травматизм и профессиональные заболевания. «Всемерное оздоровление и облегчение условий труда — одна из важных задач подъема народного благосостояния. На всех предприятиях будут внедрены современные средства техники безопасности и обеспечены санитарно-гигиенические условия, устраняющие производственный травматизм и профессиональные заболевания»¹.

При коммунизме труд станет для всех первой жизненной потребностью, осознанной необходимостью. Труд и дисциплина не будут в тягость человеку; трудовая деятельность перестанет быть только средством к жизни и превратится в подлинное творчество, источник радости. Труд при коммунизме будет

¹ Материалы XXII съезда КПСС. Госполитиздат, 1961 г., стр. 392.

освобожден от опасности травматизма и профессиональных заболеваний.

Большая роль в улучшении условий труда принадлежит профессиональным союзам, которые осуществляют государственный надзор и общественный контроль за охраной труда во всем народном хозяйстве и распоряжаются фондами социального страхования. В период развернутого строительства коммунизма значение профессиональных союзов особенно возрастает. Среди задач профсоюзов, указанных Программой КПСС, важное место отводится заботе об улучшении условий труда.

В резолюции по отчетному докладу председателя ВЦСПС тов. В. В. Гришина XIII съезд профсоюзов СССР постановил: «Задача профсоюзов — решительно бороться с нарушениями трудового законодательства, усилить надзор за безопасным ведением работ, предупреждением травматизма и профессиональных заболеваний, всемерно содействовать осуществлению мероприятий по механизации трудоемких процессов и ликвидации тяжелого физического труда, внедрению современных средств техники безопасности, больше уделять внимания вопросам повышения культуры производства, добиваться улучшения качества спецодежды»¹.

Уже в ближайшие годы в нашей промышленности исчезнет тяжелый физический труд. Комплексная механизация приведет к ликвидации ручного труда в промышленности, на транспорте, в строительстве. Будет осуществлена в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям-автоматам, с широким применением кибернетики, электронных счетно-решающих и управляющих устройств и других достижений новой техники. При этом развитие новой техники будет использовано для коренного улучшения и облегчения условий труда советского человека.

Внедрение автоматизации освободит человека от непосредственного участия в производственном процессе и резко изменит самый характер труда; за человеком останутся лишь функции налаживания машин, наблюдения за их действием; вся остальная работа будет выполняться автоматически, без вмешательства человека. Таким образом, интенсификация и ускорение производственных процессов будут достигаться без излишнего напряжения сил человека.

Автоматизация дает возможность создания полностью безопасных и безвредных условий труда.

¹ Газета «Труд» от 6 ноября 1963 г.

Важнейшим условием победы коммунистического строя является достижение высокой производительности труда, значительно превосходящий уровень производительности труда в наиболее развитых капиталистических странах. Технический прогресс и лучшая организация производства должны быть использованы для повышения производительности труда и устранения потерь рабочего времени.

Невосполнимые потери рабочего времени приносят несчастные случаи и профессиональные заболевания. Потери производительности труда возникают из-за нетрудоспособности (временной или постоянной) заболевшего работника и потерь рабочего времени другими работниками (из-за простоев оборудования, вызванных несчастными случаями, оказания помощи пострадавшим и т. д.) и административно-техническим персоналом (в связи с затратой времени на расследование причин несчастных случаев, составление отчетности и т. д.). Но экономические потери, вызываемые травматизмом и профессиональными заболеваниями, намного превышают ущерб, причиняемый производительности труда. В эти потери входят выплаты по социальному страхованию и компенсациям, убытки из-за повреждения оборудования, инструментов и материалов и уменьшения выпуска продукции, расходы на обучение и замену персонала и др.

Главное в решении проблем безопасности труда — забота о человеке. Но немаловажное значение имеет и устранение экономических потерь, вызываемых травматизмом и профессиональными заболеваниями.

Вместе с тем улучшение условий труда и обеспечение безопасности проводимых работ, которые освобождают работающих от излишнего напряжения, вызываемого затратой энергии на приспособление к ненормальным условиям, способствуют повышению производительности труда.

Вопросы обеспечения безопасности труда являются неразрывной частью любого технологического процесса. Социалистическая организация труда в принципе исключает причинение вреда жизни и здоровью работника в процессе труда.

Для создания здоровых условий труда, предупреждения несчастных случаев и профессиональных заболеваний необходимо решение ряда научных, организационных и производственных проблем.

Предмет техники безопасности, как научной дисциплины, — разработка способов обеспечения полной безопасности, безвредности и облегчения условий труда при достижении максимальной производительности его.

Метод техники безопасности состоит в исследовании условий труда, технологических процессов и оборудования, произ-

водственной обстановки, в анализе причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Уже с первых шагов своей практической деятельности инженер должен быть хорошо подготовлен к решению многообразных вопросов техники безопасности на производстве, уметь решать эти вопросы при создании новых технологических процессов и нового оборудования, при изменении существующих технологических процессов, знать, как обеспечить условия охраны труда, соответствующие требованиям коммунистического строительства.

ЛИТЕРАТУРА

Материалы XXII съезда КПСС. Госполитиздат, 1961.

2. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

2.1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

2.1.1 ИСТОЧНИКИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

Трудовые отношения в нашей стране являются отношениями товарищеского сотрудничества и социалистической взаимопомощи свободных от эксплуатации работников.

Регулирование трудовых отношений основывается на закрепленных Конституцией СССР:

- праве на труд с оплатой труда в соответствии с его количеством и качеством (ст. 118);

- праве на отдых, обеспечиваемом установлением семичасового рабочего дня и ежегодных оплачиваемых отпусков (ст. 119);

- праве на материальное обеспечение в старости, а также в случае болезни и потери трудоспособности (ст. 120).

Ст. 12 Конституции СССР устанавливает, что труд в СССР является обязанностью и делом чести каждого способного к труду гражданина.

Гарантированные Конституцией СССР права граждан неразрывно связаны с их обязанностями трудиться по способности, блюсти дисциплину труда, исполнять законы Советского государства.

Провозглашенный Программой КПСС моральный кодекс строителя коммунизма среди других нравственных принципов включает:

- преданность делу коммунизма, любовь к социалистической Родине, к странам социализма;

- добросовестный труд на благо общества: «кто не работает, тот не ест»;

- заботу каждого о сохранении и умножении общественного достояния;

высокое сознание общественного долга, нетерпимость к нарушителям общественных интересов.

Трудовые отношения рабочих и служащих регулируются общесоюзным и республиканским законодательством. Общесоюзные законы о труде издаются на основе Конституции СССР Верховным Советом СССР и имеют обязательную силу на территории всех союзных республик. Президиум Верховного Совета СССР в пределах своих полномочий издает обязательные к исполнению на всей территории СССР указы по вопросам регулирования труда рабочих и служащих.

Верховными Советами союзных (автономных) республик на основе Конституции СССР и Конституции данной республики издаются республиканские законы о труде рабочих и служащих, имеющие обязательную силу на территории этой республики. Президиум Верховного Совета союзной (автономной) республики в пределах своих полномочий издает указы по вопросам регулирования труда рабочих и служащих, обязательные на территории данной республики.

При расхождении республиканского закона с общесоюзным действует общесоюзный закон.

Республиканское законодательство по регулированию труда рабочих и служащих в основном сведено в единый Кодекс законов о труде (КЗоТ). В РСФСР действует Кодекс законов о труде, утвержденный ВЦИК РСФСР в 1922 г. КЗоТ РСФСР был первым советским кодексом законов. В. И. Ленин охарактеризовал его, как громадное завоевание Советской власти.

В Кодексе законов о труде РСФСР (и соответственно в КЗоТ других союзных республик) имеется специальная глава «Охрана труда» (гл. XIV). Важные положения об охране труда имеются также в главах «Рабочее время» (гл. X), «Время отдыха» (гл. XI), «Труд женщин и несовершеннолетних» (гл. XIII).

Кроме законов о труде, действуют и различные другие правовые акты о труде, издаваемые органами государственного управления СССР.

Совет Министров СССР как высший исполнительный и распорядительный орган на основе и во исполнение действующего общесоюзного законодательства издает постановления и распоряжения по вопросам труда рабочих и служащих, обязательные к исполнению на всей территории СССР, а Советы Министров союзных (автономных) республик издают постановления и распоряжения, обязательные к исполнению в пределах данной республики.

Инструкции, правила и разъяснения по применению действующего трудового законодательства издаются ВЦСПС с утвер-

ждением или по предварительной санкции Совета Министров СССР¹.

Советам народного хозяйства экономических (административных) районов предоставлено право на основе и во исполнение действующего законодательства, а также постановлений и распоряжений Совета Министров СССР и Совета Министров данной союзной республики издавать постановления и распоряжения по вопросам труда рабочих и служащих предприятий, непосредственно подчиненных данному совнархозу. Постановления и распоряжения СНХ в наиболее важных случаях согласовываются с профессиональными союзами.

Важное значение в области организации и охраны труда имеют «Типовые правила внутреннего трудового распорядка для рабочих и служащих государственных, кооперативных и общественных предприятий и учреждений», утвержденные Государственным комитетом Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы по согласованию с ВЦСПС.

В соответствии с Законом о судостроительстве СССР (принятым Верховным Советом СССР в 1958 г.) Верховный Суд СССР, осуществляя надзор за деятельностью судебных органов, дает в форме постановлений руководящие указания судам по точному и неуклонному исполнению советского законодательства всеми учреждениями, предприятиями, хозяйствами, должностными лицами и гражданами СССР.

Законодательство о труде рабочих и служащих подразделяется на общее и специальное.

Общее трудовое законодательство регулирует трудовые отношения всех рабочих и служащих во всех отраслях народного хозяйства, по всем профессиям и выполняемым работам.

Специальное трудовое законодательство регулирует труд рабочих и служащих с особыми условиями труда, присущими данной отрасли народного хозяйства или данной профессии, или работе.

2.1.2. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И НОРМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ

Для обеспечения здоровых и безопасных условий труда большое значение имеют правила по технике безопасности и нормы производственной санитарии. Утвержденные в установленном порядке правила и нормы имеют силу правовых актов; выполнение их является обязательным.

¹ До 21 августа 1934 г. это осуществлялось Народным Комиссариатом Труда; многие изданные Наркомтрудом правовые акты имеют обязательную силу и в настоящее время.



По Уставу профессиональных союзов СССР, принятому XII съездом профсоюзов, центральный комитет профсоюза устанавливает правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии, обязательные для данной отрасли производства, участвует в разработке проектов законодательных актов по отраслям производства о режиме рабочего времени, отдыха и отпусков, по охране труда женщин и подростков, о нормах и сроках носки спецодежды и обуви, а также о нормах выдачи спецпитания.

Правила техники безопасности и нормы производственной санитарии подразделяются на общие и отраслевые.

Общие правила и нормы по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии обязательны для всех предприятий, учреждений и хозяйств независимо от их ведомственного подчинения. Общие правила по охране труда и технике безопасности утверждаются ВЦСПС с санкции Совета Министров СССР. Нормы по производственной санитарии утверждаются (по согласованию с ВЦСПС): для проектирования промышленных предприятий — Государственным комитетом по делам строительства СССР, по санитарному содержанию промышленных предприятий — Министерством здравоохранения СССР (Главным государственным санитарным врачом СССР).

В порядке общесоюзного законодательства о труде установлены: санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, общие правила устройства и содержания предприятий, правила регистрации несчастных случаев на производстве и др.

Наряду с общими правилами по технике безопасности и производственной санитарии действует ряд государственных общесоюзных стандартов.

Отраслевые правила по технике безопасности и производственной санитарии утверждаются центральным комитетом соответствующего профессионального союза. Они являются обязательными для всех предприятий данной отрасли промышленности.

Помимо законодательного регулирования вопросов охраны труда и техники безопасности, важное значение в правовом регулировании этих вопросов имеют коллективные договоры и специальные соглашения по охране труда на предприятиях (учреждениях), заключаемые администрацией с фабрично-заводским комитетом профсоюза, а также генеральные соглашения совнархозов с советами профсоюзов. Особая ценность договорного регулирования вопросов охраны труда в том, что при его применении мероприятия по охране труда и технике безопасности приобретают характер конкретных обязательств.

2.1.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Советское законодательство устанавливает обязательные нормы, направленные на обеспечение нормальных условий труда на каждом предприятии.

Ни одно предприятие не может быть открыто, пущено в ход или переведено в другое здание без санкции инспекции труда и органов санитарно-промышленного и технического надзора (ст. 138 КЗоТ РСФСР).

Ст. 139 КЗоТ РСФСР устанавливает, что все предприятия и учреждения должны принимать необходимые меры к устранению или уменьшению вредных условий работы, предупреждению несчастных случаев и к содержанию места работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии согласно общим и специальным обязательным постановлениям по отдельным производствам.

Администрация обязана принимать экстренные меры к устранению условий, непосредственно угрожающих жизни или здоровью работающих, даже если эти меры и не предусмотрены в действующих правилах по технике безопасности и производственной санитарии (ст. 149 КЗоТ РСФСР).

Важной обязанностью администрации предприятий является доведение до сведения работающих всех правил в области охраны труда (ст. 145 КЗоТ РСФСР).

Рабочее время. Продолжительность рабочего времени устанавливается с учетом необходимости охраны здоровья рабочих и служащих, предоставления им большего свободного времени для отдыха, активного участия в общественно-политической жизни, повышения культурного и технического уровня.

Установленная Конституцией СССР продолжительность нормирования рабочего времени — 7 ч, с сокращением на один час в предвыходные и предпраздничные дни.

Для ряда производств, цехов, профессий и должностей с вредными и тяжелыми условиями труда установлен сокращенный рабочий день продолжительностью в шесть и менее часов¹.

Программа КПСС предусматривает переход в течение предстоящих 10 лет на шестичасовой рабочий день при одном выходном дне в неделю, или на 35-ч рабочую неделю при двух выходных днях, а на подземных работах и производствах с вредными условиями труда — на пятичасовой рабочий день, или на 30-ч пятидневную рабочую неделю.

¹ Постановление Государственного комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и ВЦСПС от 12 июля 1963 г. «О списке производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день». Экономиздат, 1963.

Во втором десятилетии на базе соответствующего роста производительности труда начнется переход к еще более сокращенной рабочей неделе.

В результате проведения этих мероприятий в СССР будет самый короткий в мире рабочий день и самая короткая рабочая неделя.

Ненормированный рабочий день допускается для узкого круга административно-управленческого, технического и хозяйственного персонала и для служащих, труд которых не поддается учету во времени. Списки таких должностей, профессий и работ включают в коллективный договор. Советам народного хозяйства экономических (административных) районов предоставлено право утверждать по подчиненным им предприятиям и учреждениям перечень должностей с ненормированным рабочим днем.

Время с 22 ч до 6 ч утра следующего дня считается ночным временем. Продолжительность рабочего времени в ночное время сокращается на один час (ст. 96 КЗоТ РСФСР). При сменных работах (например, в непрерывных производствах) продолжительность ночной работы уравнивается с дневной с соответствующей доплатой.

Проведение сверхурочных работ, т. е. сверх нормального или сокращенного рабочего дня, запрещено КЗоТ (ст. 103 КЗоТ РСФСР). Эти работы разрешаются только в исключительных случаях, предусмотренных КЗоТ (ст. 104 КЗоТ РСФСР), с предварительного разрешения профсоюзных органов; при этом общее число сверхурочных работ на каждого работника не может превышать 120 ч в год и четырех часов за два дня подряд. Оплату сверхурочных часов производят только в денежной форме. В непрерывных производствах можно устанавливать помесичный учет рабочего времени.

Время отдыха. В целях охраны здоровья трудящихся установлены следующие виды отдыха: обеденный перерыв, междудневный (междусменный) перерыв, еженедельный отдых, особые нерабочие (праздничные) дни и ежегодные отпуска.

Обеденный перерыв, не включаемый в счет рабочего времени (ст. 99 КЗоТ РСФСР), начинается не позднее чем через 4 ч после начала работы; длительность его устанавливается правилами внутреннего трудового распорядка в пределах от полчаса до двух часов (ст. 100 КЗоТ РСФСР). В предвыходные и предпраздничные дни, по согласованию с комитетом профсоюза, работа может производиться и без обеденного перерыва.

Работник может использовать обеденный перерыв по своему усмотрению и отлучаться с места работы, за исключением тех случаев, когда такая отлучка по характеру выполняемой работы невозможна (ст. 99 КЗоТ РСФСР).

При работах, не допускающих перерыва, работникам предо-

ставляется возможность принятия пищи в течение рабочего времени, причем в правилах внутреннего трудового распорядка должно быть указано место приема пищи.

Междусменный перерыв устанавливается длительностью не менее 16 ч. При помесячном учете рабочего времени общая продолжительность междусменных перерывов должна составлять не менее двойного числа часовой фактической работы с равномерным чередованием смен и времени отдыха между сменами.

Еженедельный непрерывный отдых устанавливается продолжительностью не менее 42ч *. Еженедельным днем отдыха является воскресенье. Советы Министров союзных и автономных республик имеют право устанавливать на территории данной республики вместо воскресенья другой выходной день в зависимости от национальных и бытовых условий.

На предприятиях и в учреждениях с непрерывной работой взамен воскресного дня по согласованию с комитетом профсоюза вводятся выходные дни для каждой группы работников.

В непрерывных производствах и на отдельных работах, где невозможно введение сокращенного рабочего дня в предвыходные и предпраздничные дни, за каждые семь предвыходных дней предоставляется один дополнительный день отдыха.

Работа в выходные дни запрещена. В исключительных случаях работник может быть привлечен к выполнению работ, которые не могли быть предусмотрены заранее, в установленный для него выходной день с предоставлением другого дня отдыха в течение ближайших двух недель.

Особые нерабочие (праздничные) дни — 1 января, 1 и 2 мая, 7 и 8 ноября, 5 декабря. Работа в эти дни проводится только на непрерывно действующих предприятиях и в учреждениях по списку, утвержденному ведомствами по согласованию с соответствующими профсоюзными организациями.

Ежегодные очередные отпуска продолжительностью 12 рабочих дней (не считая приходящихся на отпускное время выходных и праздничных дней) предоставляются всем рабочим и служащим с выплатой за время отпуска заработной платы. Очередной отпуск предоставляется один раз в рабочем году; рабочим годом считается 12 мес. со дня поступления на данное предприятие (учреждение). Право на очередной отпуск возникает через 11 мес. непрерывной работы на данном предприятии (учреждении); очередной отпуск в новом рабочем году может быть предоставлен авансом, т. е. до истечения 11 мес. работы со дня окончания предыдущего рабочего года.

* При сменных работах продолжительность отдыха должна быть не менее двойной продолжительности работы в предшествующее этому отдыху время.

Для некоторых категорий трудящихся устанавливается сверх очередного дополнительный отпуск, предоставляемый одновременно с очередным.

Дополнительный отпуск по вредности условий труда устанавливается продолжительностью в 6, 12, 18, 24 и 36 рабочих дней в зависимости от характера выполняемой работы, по утвержденному списку производств, цехов, профессий и должностей¹.

Работникам с ненормированным рабочим днем в качестве компенсации за нагрузку и работу во внеурочное время может предоставляться дополнительный отпуск продолжительностью до 12 дней.

Все рабочие, непосредственно занятые на производстве в металлургической и ряде других отраслей промышленности и проработавшие на данном предприятии непрерывно не менее двух лет, получают ежегодно дополнительно трехдневный отпуск или денежную компенсацию в размере трехдневного заработка.

Дополнительные отпуска установлены также и для различных других категорий трудящихся.

Прием и увольнение с работы. Как правило, каждого работника принимают на работу на неопределенный срок (т. е. на постоянную работу).

Поступающие на работу обязаны представить администрации предприятия (учреждения) паспорт и трудовую книжку, а лица, поступающие на работу впервые, — справку от домоуправления или сельского Совета о последнем занятии. При поступлении на работу, требующую специальных знаний, администрация вправе потребовать от поступающего предъявления документа об окончании соответствующего учебного заведения или курсов.

О предстоящем приеме на работу администрация предприятия (учреждения) обязана известить комитет профсоюза, который имеет право заявить свое возражение, если прием произведен администрацией с нарушением законодательства о труде или коллективного договора (ст. 161 КЗоТ РСФСР).

На работу принимаются лица, достигшие 16-летнего возраста. В исключительных случаях с разрешения комитета профсоюза могут быть приняты на работу подростки 15-летнего возраста.

Администрация может (но не обязана) устанавливать для принимаемого работника испытательный срок с целью проверки его квалификации в конкретных условиях труда сроком до 6 дней для рабочих, двух недель для неквалифицированных служащих и менее ответственных видов труда и до 1 мес. для более ответственных работ. Испытательный срок не устанавливается

¹ См. сноску на стр. 21.

для молодых специалистов, направляемых на работу по окончании обучения.

Перевод работника на другую постоянную работу без его согласия не допускается (ст. 37 КЗоТ РСФСР).

В случае понижения трудоспособности, подтвержденного медицинским заключением Врачебно-контрольной комиссии (ВКК) или Врачебно-трудовой экспертной комиссии (ВТЭК), если работник не может должным образом выполнять обычную работу, такой перевод может быть произведен администрацией.

В случае производственной необходимости (ст. 37¹ КЗоТ РСФСР) администрация может производить перевод на другую работу на том же предприятии (учреждении) или в другое, находящееся в той же местности, на срок до одного месяца с оплатой не ниже прежнего среднего заработка.

При простое администрация обязана переводить работника на другую работу на том же предприятии на все время простоя. При длительном простое (более 5 дней) и невозможности использовать работника на том же предприятии, он может быть переведен на работу на другое предприятие в той же местности на срок не более 1 мес. Нельзя в связи с простоем перевести квалифицированного работника на неквалифицированную работу (за исключением тех случаев, когда выполнение этих работ вызывается стихийным бедствием).

По медицинскому заключению ВКК администрация вправе перевести работника на другую работу, подходящую по состоянию его здоровья, по согласованию с комитетом профсоюза.

Перевод на временную работу может быть произведен администрацией и без согласия работника; при этом отказ работника без уважительных причин рассматривается как нарушение трудовой дисциплины.

Увольнение с работы по инициативе администрации может быть произведено лишь с предварительного согласия комитета профсоюза и по конкретным причинам, перечень которых установлен трудовым законодательством (ст. 47 КЗоТ РСФСР), в случаях:

- полной или частичной ликвидации предприятия (учреждения);

- сокращения объема работы;

- приостановки работ на срок более одного месяца;

- обнаружившейся непригодности работника к работе (отсутствие необходимой квалификации или понижение работоспособности);

- систематического неисполнения без уважительных причин трудовых обязанностей;

- совершения работником преступления или пребывания под стражей более двух месяцев;

прогула без уважительных причин;
длительного непосещения работы вследствие временной нетрудоспособности (причем занимаемая должность или работа сохраняется за работником до выздоровления, если это не нарушает интересов производства);

восстановления на работе в предусмотренном законом порядке работника, ранее выполнявшего эту работу (восстановленного решением нарсуда или другого компетентного органа, вернувшегося с действительной военной службы или за прекращением полномочий члена Совета депутатов или профсоюзного комитета).

Увольнение работника по собственному желанию (ст. 46 КЗоТ РСФСР) может быть произведено в любое время, при этом работник обязан предупредить администрацию предприятия (учреждения) о своем уходе за две недели.

Молодые специалисты, направленные на работу по окончании учебного заведения, могут потребовать досрочного освобождения их от работы по собственному желанию до истечения срока обязательной отработки лишь в случае невыполнения администрацией ее обязательств, предусмотренных законом (ст. 48 КЗоТ РСФСР)).

Работник, не выполняющий обязательств по коллективному договору, проявляющий бюрократизм, допускающий волокиту, нарушающий трудовое законодательство и т. п., может быть уволен по требованию комитета профсоюза (не ниже районного) (ст. 49 КЗоТ РСФСР).

Администрация обязана в день увольнения выдать уволенному зарплату и трудовую книжку с внесенной в нее записью об увольнении; причина увольнения работника заносится в трудовую книжку в виде ссылки на статью (или пункт ее) действующего законодательства. Не указывать причины увольнения или вносить в трудовую книжку запись, не соответствующую трудовому законодательству или порочащую работника, запрещается.

Трудовая дисциплина. Рабочие и служащие социалистических предприятий и учреждений должны работать честно и добросовестно, соблюдать установленную продолжительность рабочего дня, используя рабочее время только для производственной работы, своевременно и точно выполнять порученную работу, не допускать брака в работе, беречь социалистическую собственность, соблюдать требования охраны труда.

За трудовые отличия и успехи в работе трудящиеся широко поощряются государством.

Администрация предприятия отмечает добросовестную работу награждением почетной грамотой, занесением на Доску почета или в Книгу почета, присвоением звания лучшего работни-

ка, объявлением благодарности работнику, выдачей денежной премии или ценного подарка, продвижением по работе и т. д.

Применение мер поощрения или представление к поощрению в вышестоящие органы производится администрацией предприятия (учреждения) по согласованию с комитетом профсоюза.

При нарушении работником трудовой дисциплины или правил внутреннего трудового распорядка без уважительных причин администрация обязана применить к нарушителю ту или иную меру дисциплинарного взыскания.

Разрешение трудовых споров. Возникающие между работниками и администрацией трудовые споры рассматриваются комиссиями по трудовым спорам, заводскими (местными) комитетами профсоюза и народными судами.

Комиссии по трудовым спорам (общезаводские и цеховые) образуются из равного числа постоянных представителей комитета профсоюза и администрации. Эти комиссии являются обязательными первичными органами по рассмотрению всех трудовых споров, в том числе споров об условиях труда, выдачи спецодежды и спецпитания и др.

Если в цеховой комиссии по трудовым спорам не было достигнуто соглашения между сторонами или если работник не согласен с решением, спор передается на разрешение общезаводской комиссии. Если и в заводской комиссии по трудовым спорам соглашение не достигнуто или если работник не согласен с решением, он может обратиться в комитет профсоюза, а при несогласии с решением комитета — в народный суд.

Жалоба работника на увольнение, произведенное по инициативе администрации и с согласия комитета профсоюза, может передаваться непосредственно в народный суд в месячный срок со дня издания приказа об увольнении.

Администрация предприятия (учреждения) не имеет права обжаловать решение комиссии по трудовым спорам. Если решение комитета профсоюза по мнению администрации противоречит трудовому законодательству, она может обратиться в народный суд.

Решения комиссии по трудовым спорам и постановления фабрично-заводских (местных) комитетов профсоюза подлежат исполнению администрацией в 10-дневный срок (если в решении или постановлении не указан иной срок их исполнения). При неисполнении администрацией решения комиссии по трудовым спорам фабзавместком профсоюза выдает заинтересованному работнику удостоверение о принудительном исполнении вынесенного решения, имеющее силу исполнительного листа.

2.1.4. ОХРАНА ТРУДА ЖЕНЩИН И ПОДРОСТКОВ

Широко привлекая женщин к активному участию в управлении государством, общественно-политической, культурной и хозяйственной жизни страны, Коммунистическая партия и Советское правительство проявляют постоянную заботу о создании для трудящихся женщин наиболее благоприятных условий работы.

Труд женщин на вредных и тяжелых работах запрещен (ст. 129 КЗоТ РСФСР); список таких работ утвержден в установленном порядке.

Руководители учреждений (предприятий) не имеют права отказывать женщинам в приеме на работу по мотивам беременности. На период беременности женщин переводят на легкую работу с оплатой не ниже прежнего среднего заработка; к ночной работе их не допускают. Категорически запрещено увольнение с работы по инициативе администрации. Очередной отпуск должен быть приурочен к отпуску по беременности и родам.

Матерям, имеющим грудных детей, предоставляется ряд льгот.

Подростки в возрасте 15—18 лет при поступлении на работу проходят обязательное предварительное медицинское освидетельствование, а затем периодическое медицинское освидетельствование не реже одного раза в год. При несоответствии медицинских показаний тяжести работы подростки переводятся на легкие работы.

Подростки в возрасте до 18 лет не принимаются на тяжелые и вредные работы и работы, связанные исключительно с передвижением тяжестей; список таких работ утвержден в установленном порядке. Подростки не допускаются также к сверхурочным и ночным работам.

Продолжительность рабочего дня подростков в возрасте 15—16 лет установлена 4 ч, а 16—18 лет 6 ч.

Очередной отпуск подросткам, не достигшим 18 лет, предоставляется в размере одного календарного месяца, как правило, летом.

2.2. НАДЗОР ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОВ ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

Ввиду громадного значения, которое придается в СССР охране жизни и здоровья трудящихся, и в связи с тем, что проведение разносторонних мероприятий по охране труда является сложным делом, установлен государственный надзор и общественный контроль за исполнением законодательства о труде.

Большие права в области государственного надзора и общественного контроля в области охраны труда предоставлены профессиональным союзам.

2.2.1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАДЗОР

Государственный надзор за точным исполнением всех законов, в том числе и за соблюдением законов об охране труда, осуществляют органы юстиции. Высший надзор за исполнением законов возложен на Генерального Прокурора СССР и подчиненных ему прокуроров.

Осуществляя на предприятиях и в учреждениях надзор за соблюдением законности в области трудовых отношений (истребование приказов и документов, рассмотрение жалоб, проведение плановых и текущих проверок на местах и т. п.), прокуроры делают хозяйственным руководителям представления об устранении нарушений законодательства об охране труда, опротестовывают незаконные их приказы в вышестоящие органы (например, о переносе выходного дня), ставят вопрос о привлечении виновных лиц администрации к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности.

Улучшению условий труда способствует и деятельность судов, которые разрешают трудовые споры о возмещении ущерба в связи с несчастными случаями на производстве, а также рассматривают уголовные дела против должностных лиц, преступно нарушающих законодательство об охране труда.

При рассмотрении уголовных и гражданских дел, связанных с нарушением законодательства об охране труда, судебные органы не только наказывают виновных или удовлетворяют гражданский иск, но и принимают меры к устранению этих причин путем вынесения частных определений, сообщения о нарушениях директивным органам и др.

В соответствии с КЗоТ (ст. 146 КЗоТ РСФСР) надзор за выполнением законов, постановлений, инструкций и распоряжений, коллективных договоров в части, касающейся условий труда, охраны здоровья и жизни трудящихся, возложен на техническую и санитарную инспекции.

Государственный надзор за соблюдением законодательства о труде, состоянием техники безопасности и производственной санитарии на предприятиях, транспорте, строительстве и в сельском хозяйстве осуществляется профсоюзными организациями и состоящими в их штате техническими инспекторами; общественный контроль осуществляется выборными лицами.

Декабрьский Пленум ЦК КПСС (1957 г.) указал, что «профсоюзы должны в полной мере использовать предоставленные им права по осуществлению государственного надзора за соблюдением законодательства о труде и общественного контроля за

состоянием охраны труда, настойчиво требовать от хозяйственных органов безусловного выполнения мероприятий по дальнейшей механизации тяжелых и трудоемких работ, внедрения более совершенной технологии, создания нормальных санитарных условий для всех работающих».

Руководство этой работой профсоюзов осуществляет Всесоюзный Центральный Совет Профессиональных Союзов.

В структуре ВЦСПС имеется Отдел охраны труда, подчиняющийся непосредственно Президиуму и Секретариату ВЦСПС. В функции Отдела охраны труда входят разработка мероприятий по дальнейшему улучшению условий труда на производстве, проверка выполнения хозяйственными органами законодательства об охране труда, правил по технике безопасности и производственной санитарии, методическое руководство работой отделов охраны труда ЦК профсоюзов и советов профсоюзов и др.

Государственный контроль за охраной труда на предприятиях области (края, республики) осуществляют областные (краевые, республиканские) советы профсоюзов.

Советы профсоюзов имеют право: заслушивать доклады хозяйственников о состоянии охраны труда на предприятиях; требовать неуклонного выполнения законодательства о труде; принимать решения о приостановке работы на отдельных производствах и предприятиях при нарушении требований техники безопасности и производственной санитарии; вносить предложения о привлечении к ответственности или об освобождении должностных лиц от работы за нарушение требований охраны труда и др.¹

ЦК отраслевых профсоюзов разрабатывают правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии для данной отрасли народного хозяйства и утверждают их совместно с соответствующими ведомствами; участвуют в разработке проектов законодательных актов о режиме рабочего времени, отдыха, об отпусках, охране труда женщин и подростков и др.; изучают причины травматизма и профзаболеваемости в своей отрасли; разрабатывают меры по оздоровлению условий труда.

Технические инспекторы советов профсоюзов — это должностные лица, через которых профессиональные союзы проводят порученный им государственный надзор за состоянием охраны труда на предприятиях. Они утверждаются в должности президиумами советов профсоюзов (республиканских, а по РСФСР — краевых, областных) из числа инженеров и техников, имеющих практический стаж работы.

¹ Положение о республиканском, краевом и областном совете профсоюзов, утвержденное Президиумом ВЦСПС 17 августа 1957 г.

Руководство всей работой технических инспекторов возложено на президиумы советов профсоюзов, которые вправе отменить или пересмотреть любое постановление или предписание технического инспектора.

Непосредственное руководство работой технических инспекторов в советах профсоюзов осуществляют главные технические инспекторы, а оперативное руководство — отделы охраны труда или инспекторские группы по охране труда советов профсоюзов.

Технический инспектор совета профсоюзов осуществляет надзор за безопасностью работ, состоянием производственной санитарии и соблюдением законодательства об охране труда на предприятии, к которому он прикреплен.

Техническим инспекторам предоставлено право¹:

а) беспрепятственно проходить на предприятия, в учреждения, хозяйства, на строительство и осматривать все их части во всякое время дня и ночи по предъявлении своего служебного удостоверения;

б) требовать от администрации предъявления документов, справок, материалов и объяснений по вопросам, связанным с охраной труда рабочих и служащих; предоставления на прикрепленных предприятиях для работы и приема трудящихся рабочего места и средств связи (телефона, селекторной связи и т. п.); предоставления при отсутствии городского и междугороднего транспорта средств передвижения для выезда на расследование несчастного случая и обследования предприятия;

в) давать обязательные для администрации предприятий, строителств, хозяйств, учреждений и отдельных должностных лиц предписания об устранении в установленные им сроки нарушений законодательства об охране труда, правил и норм по технике безопасности и производственной санитарии;

г) требовать в необходимых случаях от руководителей предприятий и организаций проведения технической экспертизы по состоянию зданий, сооружений, станков, машин и другого оборудования, транспортных средств в целях установления безопасной их эксплуатации;

д) приостанавливать работу на отдельных производственных участках, станках, машинах и другом оборудовании в тех случаях, когда работы могут привести к травмированию или заболеванию работающих; при необходимости технический инспектор может опломбировать (опечатать) указанные объекты;

е) расследовать отдельные несчастные случаи (в обязательном порядке — групповые и смертельные несчастные случаи);

¹ Положение о техническом инспекторе совета профсоюзов, утвержденное Президиумом ВЦСПС 17 января 1958 г.

ж) ставить перед президиумом совета профсоюзов вопрос о приостановлении работы отдельных цехов и предприятий, в которых нарушены требования техники безопасности и производственной санитарии;

з) требовать осуществления механизации тяжелых и опасных работ в тех случаях, когда выполнение таких работ производится с нарушением правил и норм техники безопасности и производственной санитарии;

и) приклепать к ответственности лиц администрации, виновных в нарушении трудового законодательства, правил и норм техники безопасности и производственной санитарии, в невыполнении в срок оздоровительных мероприятий, предусмотренных коллективным договором, и предписаний технического инспектора путем наложения штрафа (в установленных размерах) или передачи материалов о нарушителях следственным органам; делать представления через советы профсоюзов руководителям предприятий, строителей, хозяйств и учреждений об отстранении виновных от работы или о наложении на них дисциплинарных взысканий;

к) следить за тем, чтобы на каждом предприятии (строительстве) назначались компетентные работники по технике безопасности.

Наряду со штатными техническими инспекторами советов профсоюзов государственный надзор в области охраны труда ведут в порядке общественной работы внештатные технические инспекторы из числа инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих, утверждаемые президиумом совета профсоюза. Внештатные технические инспекторы пользуются всеми правами технического инспектора, за исключением права налагать денежные штрафы на лиц администрации, виновных в нарушении законодательства об охране труда¹.

Руководство внештатной технической инспекцией возложено на отделы охраны труда советов профсоюзов.

Санитарный надзор органов Министерства здравоохранения осуществляет наблюдение за санитарным состоянием территории предприятий и культурно-бытовых учреждений, выполнением требований производственной санитарии в производственных помещениях и на рабочих местах.

Осуществление санитарного надзора возложено на органы и учреждения санитарно-эпидемической службы Министерства здравоохранения СССР и министерств здравоохранения союзных республик в форме предупредительного и текущего надзора за выполнением установленных гигиенических норм, санитарно-гигиенических и санитарно-эпидемических правил.

¹ Постановление Президиума ВЦСПС от 22 августа 1958 г.

Государственный санитарный надзор осуществляют санитарно-эпидемиологические станции.

В некоторых специальных областях государственный контроль осуществляют комитеты по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор), в составе которых имеются специализированные инспекции.

Надзор за безопасным ведением работ в металлургической промышленности (в доменном производстве, газовом хозяйстве, коксохимическом производстве, производствах кислорода, алюминия, магния, титановой губки и титана, водорода, пылеугольном производстве) ведут инженеры-инспекторы Госгортехнадзора республики, в составе которого имеется Отдел по надзору за безопасным ведением работ в металлургической промышленности.

Инспекция котлонадзора Госгортехнадзора осуществляет надзор за соблюдением правил изготовления и эксплуатации паровых котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов для пара и горячей воды, подъемных сооружений.

Инспекция по газовому надзору Госгортехнадзора наблюдает за правильной эксплуатацией газовых установок и газопроводов.

Инспекция по горному надзору Госгортехнадзора ведет надзор за соблюдением правил безопасности на действующих и строящихся горных предприятиях и др.

Важное значение в обеспечении здоровых и безопасных условий труда имеет предупредительный надзор, осуществляемый технической инспекцией профсоюзов и санитарной инспекцией.

Предупредительный надзор заключается в том, что ни одно новое или реконструируемое предприятие (цех, участок) не может быть открыто, пущено в ход или переведено в другое здание, никакое переустройство зданий или расширение производства не может быть произведено без предварительного разрешения технической инспекции совета профсоюзов и санитарного надзора.

При утверждении проектов промышленных предприятий, а затем и при приемке вновь построенного или реконструированного предприятия (цеха, участка) при испытании новых машин, оборудования и других изделий машиностроения принимают участие представители государственных инспекций.

2.2.2. ОБЩЕСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ

Профессиональные союзы осуществляют не только государственный надзор, но и общественный контроль за состоянием охраны труда. Государственная и общественная формы контроля обычно сочетаются в практике работы профсоюзов.

Фабрично-заводские (местные) комитеты профсоюзов пользуются правом принимать участие в регулировании охраны труда на предприятии (учреждении), осуществлять предварительный контроль за действиями администрации в области охраны труда, проводить текущий контроль за соблюдением на предприятии (учреждении) требований трудового законодательства¹.

Участие комитета профсоюза в регулировании охраны труда выражается в рассмотрении проектов планов мероприятий (заявок) по технике безопасности и производственной санитарии, заключении с администрацией соглашений по охране труда, согласовании режима работы, предварительном согласовании различных распоряжений, связанных с охраной труда, и др. Комитет профсоюза проводит повседневные и периодические проверки выполнения обязательств администрации по охране труда, общественные смотры по охране труда и т. д.

Для оказания помощи фабричному (заводскому, местному, цеховому) комитету профсоюза в осуществлении контроля за соблюдением трудового законодательства, правил и норм по технике безопасности и промышленной санитарии создаются комиссии охраны труда. В эти комиссии входят общественные инспекторы охраны труда, новаторы производства, инженерно-технические работники и другие активисты производства. Состав комиссии утверждается заводским (цеховым) комитетом профсоюза.

Комиссия охраны труда возглавляется членом заводского (цехового) комитета профсоюза, который одновременно является старшим общественным инспектором предприятия (цеха). Лицо административно-технического персонала не может быть председателем комиссии охраны труда.

Комиссия охраны труда контролирует организацию и качество обучения рабочих безопасным приемам работы, проверяет исправность оборудования и ограждений, эффективность вентиляционных установок, состояние производственного освещения, следит за снабжением рабочих спецодеждой, защитными приспособлениями, спецмылом, спецмолоком, доброкачественной водой, изучает причины травматизма и профзаболеваемости рабочих и требует от администрации устранения замеченных недостатков².

¹ Положение о правах фабричного, заводского, местного комитета профсоюза, утвержденное Указом Президиума Верховного Совета СССР 15 июля 1958 г.

² Положение о комиссии охраны труда фабричного, заводского, местного (цехового) комитета, утвержденное постановлением Президиума ВЦСПС 4 октября 1963 г.

При невыполнении администрацией предложений комиссии по охране труда вопрос переносится на рассмотрение фабрично-заводского местного комитета или технического инспектора совета профсоюзов.

Комиссия охраны труда может создавать группы по проверке соблюдения трудового законодательства, правил и норм по технике безопасности и промышленной санитарии и по ряду других вопросов.

Повседневный контроль за состоянием охраны труда на производственных участках осуществляют общественные инспекторы, избираемые в профгруппах¹. О своей работе они отчитываются на общих собраниях группы.

Общественные инспекторы по охране труда имеют право:

а) посещать во всякое время дня и ночи все цехи и отделы предприятия, а также имеющиеся при нем помещения для обслуживания работающих (бани, столовые, общежития, амбулатории и т. д.);

б) осуществлять надзор за выполнением Кодекса законов о труде, постановлений и распоряжений органов власти, коллективных договоров и правил внутреннего распорядка в части, касающейся охраны труда и техники безопасности;

в) принимать участие в составлении и разработке планов по охране труда и технике безопасности;

г) требовать от администрации представления необходимых объяснений, книг, документов и других сведений, касающихся охраны труда и техники безопасности;

д) давать администрации предприятий через технических инспекторов советов профсоюзов или по предварительному согласованию с ними обязательные предписания об устранении нарушений правил охраны труда и техники безопасности;

е) по согласованию с технической инспекцией привлекать виновных в нарушении законов о труде к ответственности на основе действующего законодательства.

Старшие общественные инспекторы по охране труда цехов наделены также правом совместно с начальником цеха расследовать несчастные случаи и составлять соответствующие акты.

Общественный инспектор по охране труда осуществляет контроль за выполнением законодательства о труде, правил и инструкций по технике безопасности и промышленной санитарии, а также за проведением мероприятий по предупреждению несчастных случаев на производстве и снижению заболеваемости.

Жалобы работающих на нарушение правил техники безопасности и производственной санитарии рассматриваются непо-

¹ Положение об общественном инспекторе по охране труда, утвержденное Президиумом ВЦСПС 21 января 1944 г.

средственно общественными инспекторами и комиссиями по охране труда.

При невыполнении требований общественного инспектора по охране труда он сообщает об этом старшему общественному инспектору, который принимает необходимые меры.

2.3. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ЗАКОНОВ ОБ ОХРАНЕ ТРУДА

Советское законодательство предусматривает строгую ответственность хозяйственных руководителей и лиц административно-технического персонала за нарушение по их вине требований охраны труда, в особенности за нарушение правил и норм по технике безопасности.

Установлены следующие виды ответственности: дисциплинарная, административная, уголовная и материальная ответственность должностных лиц и гражданская ответственность предприятий.

Рабочие и служащие за нарушение требований охраны труда несут ответственность по правилам внутреннего трудового распорядка (как за нарушение трудовой дисциплины).

Кроме того, за нарушение требований охраны труда рабочие и служащие, а также лица административно-технического персонала (кроме хозяйственных руководителей) могут привлекаться к товарищескому суду.

Администрации запрещается принимать от рабочих и служащих подписки об освобождении администрации от ответственности за несчастные случаи или о возложении этой ответственности на самих рабочих и служащих.

2.3.1. ДИСЦИПЛИНАРНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Дисциплинарная ответственность заключается в дисциплинарном взыскании, налагаемом в порядке подчиненности вышестоящей администрацией.

Дисциплинарными взысканиями являются: замечание или постановка на вид, выговор, строгий выговор, перевод на другую, ниже оплачиваемую работу по специальности на срок до трех месяцев или смещение на тот же срок на низшую должность по специальности.

Наряду с дисциплинарным взысканием наказываемое должностное лицо может быть лишено премии, если она ему полагается в соответствии с поощрительной системой оплаты труда.

До наложения дисциплинарного взыскания от привлекаемого к ответственности должностного лица необходимо потребовать объяснение.

Постановление о наложении дисциплинарного взыскания может быть обжаловано в двухнедельный срок вышестоящему должностному лицу (или органу).

Если в течение одного года по наложению дисциплинарного взыскания то же лицо не было подвергнуто новому дисциплинарному взысканию, считается, что это лицо не подвергалось ему.

Наложение дисциплинарного взыскания не является препятствием для возбуждения уголовного дела по поводу того же нарушения, если оно носит преступный характер.

2.3.2. АДМИНИСТРАТИВНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Административная ответственность заключается в наложении штрафа, взыскиваемого из зарплаты оштрафованного.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 21 июня 1961 г. «О дальнейшем ограничении применения штрафов, налагаемых в административном порядке», установлено, что штрафы в административном порядке налагаются на виновных должностных лиц административными комиссиями при исполнительных комитетах районных, городских Советов депутатов трудящихся.

Право наложения штрафов в административном порядке без обращения в административные комиссии имеют:

технические инспекторы советов профсоюзов за нарушение правил техники безопасности и охраны труда;

органы государственной санитарной инспекции за нарушение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил;

органы государственного пожарного надзора за нарушение правил пожарной безопасности и др.

О каждом административном проступке (кроме случаев, когда, согласно действующему законодательству, штраф взымается на месте) составляется протокол (акт) с указанием личности нарушителя, характера, места и времени нарушения, а также свидетелей.

Административный штраф не может быть наложен позднее одного месяца со дня совершения проступка. Постановление о наложении штрафа, не выполненное в течение трех месяцев со дня вынесения, исполнению не подлежит.

Наложенный административный штраф, не уплаченный в течение 15-дневного срока со дня вручения постановления о наложении штрафа, взыскивается в бесспорном порядке из заработка оштрафованного.

Постановление о наложении штрафа может быть обжаловано в районный (городской) народный суд в 10-дневный срок со

дня вручения постановления. При этом взыскание штрафа приостанавливается.

Размер штрафа не может превышать 50 руб.

Вместо наложения штрафа нарушителю может быть сделано предупреждение либо материалы в отношении его переданы в товарищеский суд или общественные организации по месту его работы для применения мер общественного воздействия.

2.3.3. УГОЛОВНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Основной уголовной нормой, охраняющей права труда, является ст. 140 Уголовного кодекса РСФСР (и аналогичные статьи уголовных кодексов других союзных республик), устанавливающая наказание за нарушение правил охраны труда должностными лицами.

Ст. 140 УК РСФСР имеет три части:

по первой части: за нарушение правил техники безопасности, промышленной санитарии или иных правил охраны труда, если это нарушение могло повлечь за собой несчастные случаи с людьми или иные тяжкие последствия, должностное лицо наказывается лишением свободы на срок до одного года или исправительными работами на тот же срок, или штрафом до ста рублей, или увольнением от должности;

по второй части: те же нарушения, повлекшие за собой причинение телесных повреждений или утрату трудоспособности, наказываются лишением свободы на срок до трех лет или исправительными работами на срок до одного года;

по третьей части: нарушения, указанные в первой части, повлекшие смерть человека или причинение тяжких телесных повреждений нескольким лицам, наказываются лишением свободы на срок до пяти лет.

Ст. 138 УК РСФСР предусматривает наказание за нарушение законодательства о труде. Незаконное увольнение трудящегося с работы из личных побуждений, неисполнение решения суда о восстановлении на работе, а равно иное умышленное существенное нарушение законодательства о труде, совершенное должностным лицом государственного или общественного предприятия или учреждения, наказываются исправительными работами на срок до одного года или увольнением от должности.

Отказ в приеме на работу или увольнение с работы женщины по мотивам беременности или увольнения с работы матери, кормящей грудью, по этим мотивам, согласно ст. 139 УК РСФСР, наказываются исправительными работами на срок до одного года или увольнением от должности.

Нарушение правил безопасности горных работ, если оно причинило вред здоровью людей, по ст. 214 УК РСФСР наказывает-

ся лишением свободы на срок до одного года или исправительными работами на тот же срок, а если это нарушение повлекло гибель людей или иные тяжкие последствия — лишением свободы на срок до пяти лет или исправительными работами на срок до одного года.

По ст. 215 УК РСФСР нарушение при производстве строительных работ строительных, санитарных и противопожарных правил, а также правил эксплуатации строительных механизмов, если оно причинило вред здоровью людей, наказывается лишением свободы на срок до одного года или исправительными работами на тот же срок. То же нарушение, если оно повлекло гибель людей или иные тяжкие последствия, наказывается лишением свободы на срок до пяти лет или исправительными работами на срок до одного года.

Нарушение производственно-технической дисциплины или правил, обеспечивающих безопасность производства на взрывоопасных предприятиях или во взрывоопасных цехах, по ст. 216 УК РСФСР наказывается исправительными работами на срок до одного года или штрафом до ста рублей, или увольнением от должности, а если те же действия повлекли гибель людей или иные тяжкие последствия — лишением свободы на срок до семи лет.

Нарушение правил хранения, использования, учета или перевозки взрывчатых и радиоактивных веществ, а также незаконная пересылка этих веществ по почте или багажом, если эти действия могли повлечь тяжкие последствия, наказывается лишением свободы на срок до одного года или исправительными работами на тот же срок, а если те же действия повлекли тяжкие последствия — лишением свободы на срок до семи лет (ст. 217 УК РСФСР).

Загрязнение рек, озер и других водоемов и водных источников неочищенными и необезвреженными сточными водами, отбросами или отходами промышленных и коммунальных предприятий, могущее причинить вред здоровью людей либо сельскохозяйственному производству или рыбным запасам, а равно загрязнение воздуха вредными для здоровья людей отходами промышленного производства наказывается исправительными работами на срок до одного года или штрафом до трехсот рублей (ст. 223 УК РСФСР).

2.3.4. ГРАЖДАНСКАЯ (МАТЕРИАЛЬНАЯ) ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Наряду с дисциплинарной, административной и уголовной ответственностью должностных лиц за нарушение законодательства об охране труда закон предусматривает гражданскую (материальную) ответственность самих предприятий.

Ст. 90 Основ гражданского законодательства Союза ССР и союзных республик устанавливает ответственность за вред, причиненный источником повышенной опасности. Организации и граждане, деятельность которых связана с повышенной опасностью для окружающих (транспортные организации, промышленные предприятия, стройки и т. п.), обязаны возместить вред, причиненный источником повышенной опасности, если не докажут, что вред возник вследствие непреодолимой силы или умысла потерпевшего.

Организация должна возместить потерпевшему вред (увечье или иное повреждение здоровья), причиненный в связи с исполнением работником своих трудовых (служебных) обязанностей по вине организации, обязанной уплачивать за него взносы по государственному социальному страхованию. Этот вред возмещается в части, превышающей сумму получаемого потерпевшим пособия или назначенной ему после повреждения здоровья и фактически получаемой им пенсии (ст. 91 Основ гражданского законодательства). Такую же ответственность несет и организация, не обязанная уплачивать за потерпевшего взносы по государственному социальному страхованию (ст. 92 Основ гражданского законодательства). Таким образом, пострадавший от несчастного случая или профессионального заболевания имеет право на дополнительное возмещение, компенсирующее разницу между его заработком до причинения вреда и получаемым возмещением от органа социального страхования.

Если возникновению или увеличению вреда содействовала грубая неосторожность самого потерпевшего, то в зависимости от степени вины потерпевшего (а при вине причинителя вреда и в зависимости от степени его вины) размер возмещения должен быть уменьшен либо в возмещении вреда должно быть отказано (ст. 93 Основ гражданского законодательства).

Ст. 94 Основ гражданского законодательства устанавливает право регресса. Организация, ответственная за причиненный вред, обязана по регрессному требованию органа государственного социального страхования или социального обеспечения возместить этому органу суммы пособий или пенсии, выплаченных пострадавшим.

Если вред причинен преступным действием или бездействием администрации, орган социального страхования, удовлетворивший потерпевшего, имеет право требования к предприятию в размере выданного потерпевшему пособия (регресс) (ст. 463 Гражданского кодекса РСФСР и аналогичные статьи гражданских кодексов других союзных республик).

Материальная ответственность предприятия в связи с трудовыми увечьями и профессиональными заболеваниями наступает в том случае, если они явились следствием нарушения ад-

министрацией предприятия требований охраны труда. Предприятие обязано возместить бюджету государственного социального страхования расходы по выплате пострадавшим работникам (или семьям умерших) пособий и пенсий в порядке социального страхования. Эти суммы взыскиваются фабрично-заводским местным комитетом в бесспорном порядке, если на заседании комитета было установлено, что повреждение здоровья работника произошло в результате нарушения администрацией требований охраны труда.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 2 октября 1961 г. установлено, что в случае причинения по вине предприятия (учреждения, организации) рабочему или служащему увечья либо иного повреждения здоровья, связанного с его работой, возмещение пострадавшему ущерба производится по решению администрации предприятия (учреждения, организации).

В соответствии с этим Указом Государственный комитет Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы совместно с ВЦСПС утвердил «Правила возмещения предприятиями, учреждениями, организациями ущерба, причиненного рабочим и служащим увечьем либо иным повреждением здоровья, связанным с их работой».

Администрация возмещает ущерб работнику, если увечье (или иное расстройство здоровья) произошло на территории предприятия и учреждения либо вне этой территории, но при выполнении трудовых обязанностей или во время следования к месту работы и с работы на транспорте предприятия (учреждения).

Ущерб возмещается в том случае, если увечье (повреждение здоровья) произошло по вине предприятия (учреждения). Вина устанавливается с учетом конкретных обстоятельств и имеющихся доказательств по каждому случаю. Ущерб возмещается выплатой потерпевшему денежных сумм для восполнения заработка, которого он лишился из-за утраты трудоспособности.

Когда в причинении вреда здоровью виноваты и предприятие, и сам работник, грубо нарушивший правила охраны труда и техники безопасности, размер возмещения определяется в зависимости от степени вины каждого, которую устанавливает администрация с учетом заключения комиссии охраны труда фабрично-заводского (местного) комитета.

В случае смерти работника по вине предприятия (учреждения) право на возмещение ущерба имеют нетрудоспособные лица, состоявшие на его иждивении, а также не состоявшие на иждивении, но имевшие право на получение от него содержания.

Размер суммы, выплачиваемой в возмещение ущерба, зависит от степени утраты работником профессиональной и общей трудоспособности а также от размера его среднемесячного за-

работка и пенсии, назначенной в связи с данным увечьем или повреждением здоровья. Решение о производстве выплат администрация оформляет приказом или распоряжением.

Вопрос о возмещении ущерба рассматривается предприятием после того, как органы социального обеспечения назначат пенсию потерпевшему работнику или откажут в ней, а в случае его смерти разрешат вопрос о пенсии членам его семьи.

Копия приказа или мотивированный письменный отказ вручаются заинтересованному лицу в 10-дневный срок со дня подачи заявления. Если в этот срок ответа не поступило, то считается, что администрация отказывается от возмещения ущерба. Если работник не согласен с решением администрации, спор рассматривается фабричным (заводским, местным) комитетом.

Роль регрессных требований и исков, вытекающих из причинения вреда жизни и здоровью работников в процессе труда, не только в возмещении расходов, понесенных в связи с выплатой работнику страховых пособий, но и в понуждении более строго выполнять требования техники безопасности.

Фабричные (заводские, местные) комитеты профсоюза рассматривают споры о праве на возмещение ущерба, его размерах и сроках выплаты, о выплате разницы при временном переводе на нижеоплачиваемую работу в связи с увечьем, о перерасчете при изменении заработка, а также другие споры, связанные с возмещением ущерба.

Спор рассматривается в 10-дневный срок со дня поступления заявления в присутствии заинтересованного лица и представителя администрации. Разрешение спора без присутствия самого работника допускается только по его письменному заявлению. Неявка на заседание представителя администрации не лишает фабрично-заводской (местный) комитет права рассматривать спор по существу. Постановление комитета должно быть исполнено немедленно. Если администрация не выполняет постановления профсоюзного комитета, то его председатель (или исполняющий обязанности, или член комитета) выдает удостоверение на принудительное исполнение.

Предприятие в порядке регресса может взыскать все выплаченные суммы с должностного лица, виновного в причинении повреждения здоровью. Виновное должностное лицо несет полную материальную ответственность перед предприятием, если в его действиях имеются признаки уголовного деяния, а в остальных случаях несет ограниченную материальную ответственность в пределах одной трети месячного оклада (ст. 83 КЗоТ РСФСР).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Киселев Я. Л. Законодательство об охране труда и технике безопасности. Госюриздат, 1962.

3. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА

3.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПАСНОСТИ И ВРЕДНОСТИ

На производстве возможно такое стечение обстоятельств (вследствие непредусмотренного контакта людей с оборудованием и материалами, нарушений технологического процесса, нежелательного влияния тех или иных условий), когда возникает опасность мгновенного повреждения организма, создается возможность причинения травм. Такие *производственные опасности* создаются движущимися частями машин, соприкосновение с которыми вызывает механические поражения; электрическим оборудованием, контакт с которым может привести к электрическим поражениям; сильно нагретыми предметами и пламенем, воздействие которых вызывает ожог, и др.

Возникновение возможности поражения может и не привести к повреждению организма, но если повреждение произошло, такое происшествие рассматривается как *несчастный случай*.

Таким образом, несчастный случай — это происшествие, при котором в результате внешнего воздействия мгновенно происходит повреждение организма, травма.

В нашем трудовом законодательстве имеются два понятия несчастных случаев: 1) связанных с работой и 2) связанных с производством. Первое понятие является более широким и, как правило, включает в себя второе понятие.

По Положению о порядке назначения и выплаты пособий по государственному социальному страхованию и Положению о порядке назначения и выплаты государственных пенсий (утвержденному Постановлением Совета Министров СССР от 4 августа 1956 г.) связанными с работой считаются несчастные случаи, происшедшие:

а) при выполнении обычных обязанностей работника, а также при выполнении отдельных поручений администрации пред-

приятия (учреждения) или уполномоченных ею лиц (в том числе во время командировок);

б) при совершении действия хотя бы и без поручения администрации предприятия (учреждения) или уполномоченных ею лиц, но в интересах предприятия (учреждения);

в) в связи с выполнением общественных обязанностей, связанных с предприятием (учреждением), в котором работник занят, а также в связи с выполнением специальных заданий советских, партийных или профессиональных организаций, хотя бы эти задания и не были связаны с данным предприятием (учреждением);

г) на территории предприятия (учреждения) или в ином месте работы в течение рабочего времени (включая установленные перерывы); в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды и т. п. перед началом или по окончании работы;

д) вблизи предприятия (учреждения) или иного места работы в течение рабочего времени, если нахождение там не противоречило правилам внутреннего распорядка;

е) во время пути на работу и с работы домой;

ж) при выполнении долга гражданина СССР по охране социалистического правопорядка, по спасанию человеческой жизни, а также по охране социалистической собственности.

Связанными с производством считаются несчастные случаи, происшедшие с рабочими и служащими при выполнении работы по заданию администрации на территории предприятия (организации, учреждения) или вне этой территории (но при выполнении задания администрации), а также на транспорте предприятия с обслуживающими его лицами или с рабочими и служащими, доставляемыми на этом транспорте на место работы и с нее.

Несчастный случай, происшедший на территории предприятия, считается связанным с производством независимо от того, в какое время он произошел (в рабочее время, после работы, в выходной день и т. д.). Но при этом учитывается, по какой причине трудящийся оказался на территории предприятия¹.

Производственные травмы могут быть:

механические (ушибы, порезы и др.);

термические (ожоги, обморожение и т. д.);

химические (химические ожоги);

¹ По несчастным случаям, связанным с работой, но не связанным с производством, акты по форме Н-1 не составляются. Право на дополнительное возмещение ущерба может возникнуть только при несчастном случае, связанном с производством, в то время как при несчастном случае, связанном с работой, но не связанным с производством, пострадавший может требовать возмещения вреда не от предприятия, а от конкретного виновника.

- электрические (электрический удар и др.);
- лучевые (вызванные ионизирующими излучениями);
- комбинированные (например, одновременно механическая и термическая травмы).

Следствием несчастного случая может явиться смерть или заболевание вызывающее потерю трудоспособности; потеря трудоспособности может быть временная с последующим полным или частичным восстановлением здоровья или постоянная (частичная или полная).

В производственной обстановке могут создаваться и такие условия, когда какие-либо факторы постоянно вредно действуют на здоровье работающих, причем результат воздействия сказывается не сразу, а через некоторое время.

Связанные с производственным процессом условия, систематически вредно воздействующие на здоровье работающих, рассматриваются как *профессиональные вредности*.

Под влиянием профессиональных вредностей возникают профессиональные болезни. Профессиональные болезни — это такие заболевания, которые свойственны исключительно работе, связанной с определенными профессиональными вредностями, а также заболевания, встречающиеся при работе с данными вредностями во много раз чаще, чем при иных условиях.

Утвержденный перечень профессиональных болезней содержит 22 названия заболеваний¹.

Опасность травмирования и профессиональные вредности нельзя рассматривать как неизбежные. Исторический характер этих явлений и связь их с общественными условиями выявляются особо четко на социалистических предприятиях, где многие профессиональные вредности уже ликвидированы. Однако и у нас на производстве возникают условия для поражений; это объясняется несовершенством техники, недостаточной разработкой отдельных вопросов техники безопасности, неудовлетворительной организацией работ.

Провести резкую грань в отношении воздействия на организм между производственными опасностями и вредностями трудно, так как один и тот же фактор может оказаться причиной и болезни, и травмы. Так, например, выделяющаяся на производстве пыль, попадая в организм, может вызвать профессиональную болезнь, а при попадании в глаз — травму; ионизирующая радиация может вызвать лучевую болезнь, но может явиться и причиной молниеносного лучевого поражения; шум может быть причиной и профессиональной болезни, и слуховой травмы.

¹ Список профессиональных заболеваний, утвержденный Министерством здравоохранения СССР 1 августа 1956 г. и ВЦСПС 2 августа 1956 г.

Итак, в производственных условиях могут возникать те или иные опасности и вредности. Причинами их возникновения являются: несовершенство технологических процессов, несовершенство или неудовлетворительное состояние оборудования, использование несоответствующего инструмента, неправильная организация труда и др.

Производственные опасности и вредности вызываются:

движущимися частями машин и механизмов, транспортными средствами; отлетающими частицами обрабатываемых материалов;

электрическим током;

неблагоприятными метеорологическими условиями (ненормальная температура воздуха, сквозняки, ненормальное атмосферное давление); нагретыми оборудованием и материалами;

тепловыми, ультрафиолетовыми, ионизирующими излучениями, электромагнитными полями, слепящей яркостью;

загрязнениями воздуха вредными веществами;

шумом и сотрясениями;

взрывоопасными смесями и воспламеняющимися материалами;

производственными авариями; нарушением прочности сооружений и др.

Для обеспечения здоровых и безопасных условий труда необходимы такое устройство предприятий и цехов, такие конструкции оборудования, такие технологические процессы, такая организация работ, которые исключали бы потенциальные причины травматизма и профессиональных заболеваний.

Чтобы выявить потенциальные опасности и вредности, необходим всесторонний анализ условий труда. При этом имеется в виду не анализ экономических или правовых условий труда, а анализ трудовой обстановки с точки зрения ее возможного воздействия на организм работающих.

3.2. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И УТОМЛЯЕМОСТЬ

Понятие «работа» может быть распространено на все виды превращения энергии, в том числе и на те, которые происходят в организме человека и связаны с его трудовой деятельностью. Но эту работу трудно вычислить в количественных единицах, особенно трудно определить нервную деятельность.

Расход энергии определяют по выработанному организмом теплу либо по газообмену с окружающей средой.

При работе в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с работой мышц. При этом потреб-

ляется кислород, необходимый для окисления продуктов распада.

Количество потребляемого организмом кислорода зависит от напряженности работы: чем интенсивнее работа, тем потребление кислорода больше. Необходимое при тех или иных условиях количество кислорода является кислородной потребностью, или кислородным запросом, организма.

Каждый организм обладает определенными функциональными возможностями в отношении потребления кислорода. Максимальное количество кислорода, которое может потребить человек в 1 мин, называется кислородным потолком. Уровень кислородного потолка определяется деятельностью сердечно-сосудистой системы и органов дыхания. Кислородный потолок для взрослого человека не превышает 3 л/мин, а для хорошо тренированного может составлять 4—5 л/мин.

В зависимости от количества работы, выполняемой в единицу времени, различают работы умеренной, большой и предельной мощности.

К работам умеренной мощности относятся такие, при которых кислородный запрос не превышает кислородного потолка. При работах большой мощности кислородный запрос несколько выше кислородного потолка. К работам предельной, или максимальной, мощности относятся такие, при которых кислородный запрос в полтора или больше раз превышает кислородный потолок.

Превышение кислородного запроса над кислородным потолком приводит к возникновению кислородного долга. Чем больше кислородный долг, тем сильнее напрягается организм, тем меньшее время может выполняться данная работа.

Работы могут характеризоваться и энергетическими затратами. Энергетические затраты составляют для легких работ 150 ккал/ч, работ средней тяжести 150—250 ккал/ч, тяжелых работ — более 250 ккал/ч.

Способность организма поддерживать требуемый уровень мощности работы в течение возможно более длительного времени при неизменных качественных показателях ее называется работоспособностью.

В результате выполнения чрезмерно продолжительной или интенсивной работы возникает утомление. Утомление вызывается также неправильным положением тела, вынужденным перенапряжением отдельных органов и другими причинами.

Утомление не только снижает работоспособность, но и ослабляет внимание и может поэтому привести к несчастным случаям. Утомление уменьшает сопротивляемость организма различным вредным воздействиям на него.

3.3. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования условий труда являются: человек в процессе труда, окружающая производственная обстановка, технологический процесс и оборудование.

В течение многих лет развития промышленности в условиях капиталистического строя при создании и использовании машин интересы человека, работающего на машине, никак не учитывались. Считалось, что человек должен приспособиться к машине, какой бы она ни была.

В условиях социалистического производства главное — забота о человеке, и не человек вынужден приравниваться к машине, а машина, производственные агрегаты должны быть приспособлены к человеку, должны быть удобными и для работы, и для управления ими. На каждом предприятии работа должна быть построена так, чтобы она отвечала интересам и потребностям человека.

Ответ на вопрос, каковы требования человеческого организма к производственному оборудованию и промышленной среде, дают гигиена, физиология и психология труда.

Гигиена — наука о здоровье. Гигиена труда — отрасль медицинской науки, изучающая трудовые процессы, производственную среду и их воздействие на организм и разрабатывающая научные медицинские основы для создания здоровых условий труда.

Производственная санитария — раздел гигиены труда, посвященный изучению вопросов санитарного устройства промышленных предприятий.

Изучение человека в процессе труда является предметом физиологии труда — специального раздела физиологии, посвященного изучению изменений функционального состояния организма человека под влиянием его рабочей деятельности и физиологическому обоснованию средств организации трудового процесса, способствующих длительному поддержанию работоспособности человека на высоком уровне.

Задачами психологии являются изучение и разработка научных основ развития психики человека, его духовных сил и способностей, раскрытие путей формирования ценных качеств личности, изучение психологических условий эффективной организации деятельности людей и в первую очередь — их труда.

Психология труда включает изучение психологических факторов повышения производительности труда, овладения передовой техникой и передовыми методами работы. Необходимо исследовать наиболее целесообразные формы восприятия работающего в условиях современной техники производства, навыки планирования работающими своих трудовых операций и т. д.

Очень важно и определение наилучших внешних условий труда — организации рабочего места, режима трудового процесса, оформления и размещения приборов сигнализации и управления и т. п., учет психологических особенностей работника с точки зрения предъявляемых профессией требований.

Окружающая производственная среда может оказывать влияние на самочувствие работающего, его работоспособность и утомляемость, вызывать профессиональные заболевания, способствовать возникновению несчастных случаев. Поэтому гигиенические исследования производственных условий имеют важнейшее значение для оценки технологических процессов и изыскания способов их оздоровления.

Неблагоприятные изменения производственной среды, вызываемые особенностями технологических процессов, должны устраняться прежде всего путем воздействия на технологическое оборудование, технологический процесс, а уж затем средствами вентиляции и др.

Для оценки производственной среды необходимо исследование условий микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха), теплового облучения, шума, освещенности и т. д.

Технологический процесс и оборудование изучаются для выявления их возможного воздействия на работающих и влияния на производственную среду, для того чтобы определить, какие изменения в процессах и оборудовании необходимы для обеспечения здоровых и безопасных условий труда.

Важное значение имеют изучение организации труда, технологических инструкций, применяемых методов работы, причин их нарушения и т. д.

Одним из обязательных условий совершенствования техники является учет при создании оборудования более высоких требований, предъявляемых современным оборудованием к управляющему их человеку, и учет требований человеческого организма к оборудованию и технологическому процессу.

3.4. ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разнообразные методы исследований, применяемые в технике безопасности, могут быть подразделены на три вида: технические, монографический и статистический.

При оценке производственной обстановки и расследовании причин несчастных случаев нередко приходится использовать *технические методы исследования*, например, для определения содержания вредных веществ в воздухе рабочих помещений,

определения прочности конструкций, анализа качества металла какого-либо сооружения и т. д.

Многие из этих методов являются обязательными и регламентируются ГОСТами или другими обязательными нормами.

Монографическое исследование состоит в углубленном исследовании выбранного объекта. Оно включает детальное описание конструкций агрегатов, оборудования, технологического процесса, применяемого сырья и других материалов, получаемого продукта, промежуточных продуктов, окружающих условий (воздушной среды и вредных выделений, метеорологических условий, сотрясений, шумов, слепящей яркости и т. п.), устройства рабочих мест, особенностей выполняемой работы, условий отдыха и т. д. Анализируются также причины несчастных случаев на объектах, подобных изучаемому. Если изучается действующий объект, то подвергаются анализу причины происшедших на нем несчастных случаев.

В результате такого исследования выявляются не только причины происшедших несчастных случаев, но и потенциальные опасности и вредности, скрытые и не проявившиеся, которые могут оказать вредное воздействие на работающих при нормальном ходе процесса или при нарушении его.

Монографическое исследование дает возможность наиболее полно определить способы предупреждения травматизма.

Статистическое исследование причин травматизма состоит в выяснении связей между условиями труда и возникающими несчастными случаями.

Всякое статистическое исследование включает три этапа: наблюдение, обработку (сводку) полученных материалов и их анализ.

Материалами статистического наблюдения являются данные регистрации несчастных случаев в соответствии с единым для всей страны порядком, установленным ВЦСПС.

Обработке статистических материалов должен предшествовать тщательный контроль их как счетный, так и логический.

Статистическая обработка материалов основывается на их группировке — отграничении качественно однородных совокупностей. По актам о несчастных случаях могут быть составлены следующие группировки: по полу пострадавших, по возрасту, по выполняемой работе, по стажу работы, по месту происшествия, по причинам несчастных случаев, по их тяжести и др.

Для полноты суждения об уровне травматизма необходимо сопоставление статистических данных во времени, по различным предприятиям и отраслям и т. д.

Для такого сопоставления пользуются статистическими показателями частоты и тяжести травматизма.

В качестве *показателя частоты* травматизма в СССР принимается число травм на 1000 списочных рабочих за определенный календарный период:

$$K_q = T \frac{1000}{P}, \quad (3.1)$$

одну травму, за определенный календарный период:

P — списочное число рабочих.

В качестве *показателя тяжести* травматизма принимается средняя длительность нетрудоспособности, приходящаяся на одну травму, за определенный календарный период:

$$K = \frac{D}{T}, \quad (3.2)$$

где D — число человеко-дней нетрудоспособности за все время болезни (в рабочих днях) у всех пострадавших (кроме умерших), временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде;

T — число травм.

3.5. АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Как указано выше, статистическое исследование основывается на данных регистрации несчастных случаев.

«Положение о расследовании и учете несчастных случаев, связанных с производством» (утвержденное ВЦСПС 4 сентября 1959 г.) устанавливает обязательное расследование всех несчастных случаев, связанных с производством, вызвавших потерю трудоспособности не менее чем на один рабочий день, с обязательным оформлением акта по форме Н-1. Острые отравления, отмораживания, тепловые удары, происшедшие в связи с производством, расследуются и учитываются как несчастные случаи.

За правильность и своевременность расследования, регистрацию и учет несчастных случаев отвечают руководители предприятия (организации, учреждения) и его отделов, а контроль за правильностью расследования и учета, а также за устранением причин, вызвавших несчастный случай, осуществляют фабрично-заводские и местные комитеты профсоюза, технические инспекторы советов профсоюзов и инженеры-контролеры Госгортехнадзора.

Сам пострадавший или ближайший свидетель несчастного случая должен известить об этом случае соответствующего руководителя работ, который организует немедленную помощь пострадавшему и сообщает о происшедшем начальнику цеха

Начальник цеха обязан срочно доложить о происшедшем руководителю предприятия (организации, учреждения) и фабрично-заводскому (местному) комитету, затем в течение 24 ч с участием старшего общественного инспектора по охране труда расследовать обстоятельства несчастного случая, установить его причину и составить акт о происшедшем несчастном случае по форме Н-1 в трех экземплярах и направить его главному инженеру (в учреждениях акт составляют в двух экземплярах).

Акт оформляется на каждого пострадавшего.

Один экземпляр утвержденного главным инженером акта направляется начальнику цеха, другой — фабрично-заводскому комитету профсоюза.

Главный инженер обязан принять меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай.

По окончании временной нетрудоспособности сведения об исходе несчастного случая администрация вносит в акт и сообщает об этом комитету профсоюза.

Несчастные случаи, происшедшие на предприятии с учащимися, которые проходят производственную практику, расследуются и учитываются этим предприятием. В акте указывается название организации, направившей пострадавшего на предприятие. Копия акта посылается на место обучения (или постоянной работы) пострадавшего — администрации и местному (фабрично-заводскому) комитету.

О групповых, т. е. происшедших с тремя и более работниками, и смертельных несчастных случаях немедленно сообщается техническому инспектору совета профсоюзов, вышестоящей хозяйственной организации и прокурору (на подконтрольных Госгортехнадзору объектах и местному органу Госгортехнадзора).

При авариях с человеческими жертвами и при массовых отравлениях немедленно извещаются вышестоящий хозяйственный орган, совет профсоюзов, ЦК профсоюза и ВЦСПС (на подконтрольных Госгортехнадзору объектах и управление округа Госгортехнадзора).

Групповые и смертельные несчастные случаи немедленно расследуются техническим инспектором совета профсоюзов с участием представителя вышестоящей хозяйственной организации, администрации предприятия, фабрично-заводского комитета и составляются акты.

Все материалы расследования технический инспектор направляет совету профсоюзов, ЦК профсоюза и прокуратуре.

Администрация предприятия (организации, учреждения) обязана представлять вышестоящей хозяйственной организации, совету профсоюзов, статистическому управлению полугодовые отчеты о несчастных случаях, связанных с производством. В от-

ФОРМА Н-1

Акт № _____ о несчастном случае, связанном с производством (составляется в трех экземплярах)

1. Название предприятия _____
2. Адрес предприятия _____
3. Отрасль народного хозяйства _____
4. Фамилия, имя и отчество пострадавшего _____
5. Мужчина, женщина (подчеркнуть) _____
6. Возраст _____
7. Профессия (должность) _____
8. Цех, в котором постоянно работает пострадавший _____
9. Место происшествия несчастного случая _____
10. Фамилия мастера, на участке которого произошел несчастный случай _____
11. Стаж работы пострадавшего: а) по данной профессии _____
б) в указанном цехе _____
12. Проходил ли инструктаж, обучение безопасным методам работы (указать, какой и когда) _____
13. Несчастный случай произошел в _____ часов _____ числа _____ месяца _____ года
14. Подробное описание обстоятельств и причин несчастного случая и меры, принимаемые к их устранению администрацией цеха _____
Акт составлен в _____ часов _____ числа _____ месяца

Начальник цеха

(руководитель соответствующего участка) _____ (подпись)

Старший общественный инспектор _____ (подпись)

15. Перечень мероприятий по устранению причин несчастного случая

№ п.п.	Наименование мероприятий	Срок	Исполнитель
--------	--------------------------	------	-------------

Главный инженер предприятия
(организации, учреждения) _____ (подпись)

16. Исход несчастного случая (указать: присугнул к работе, установлена инвалидность, случай смертельный) _____

Диагноз по больничному листу	Освобожден от работы		Число дней нетрудоспособности (в рабочих днях)
	с	по	

Начальник цеха

(руководитель соответствующего участка) _____ (подпись)

чете указываются: среднесписочное число работающих, число пострадавших при несчастных случаях (со смертельным исходом и с утратой трудоспособности свыше трех рабочих дней), общее число человеко-дней нетрудоспособности за все время болезни (в рабочих днях) пострадавших (кроме умерших), временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде.

С целью изучения динамики профессиональных отравлений и заболеваний и разработки мероприятий по борьбе с ними лечебные учреждения обязаны регистрировать и извещать органы государственного санитарного надзора о всех случаях острых профессиональных отравлений и заболеваний кожи, кессонных заболеваний и электроофтальмии.

3.6. РАССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

При заполнении акта о несчастном случае следует учитывать, что дальнейшая работа по устранению причин травматизма основывается на обработке и анализе этого документа. Особенно тщательно надо записывать в акт причины несчастного случая.

Обстоятельства несчастного случая описывают на основе сопоставления показаний потерпевшего и свидетелей и по объективным данным производственной обстановки (записи контрольно-измерительных приборов, журналов, данные анализов, исследований и т. п.).

Причины «мелких» несчастных случаев должны так же тщательно выясняться, как и причины аварий, привлекающих к себе чрезвычайное внимание. Необходимо расследовать также и причины происшествий, которые не привели, но могли привести к несчастным случаям.

Объяснение причин происшедших несчастных случаев должно получать широкую огласку и привлекать внимание всех работающих, что имеет большое значение для предупреждения повторения подобных несчастных случаев.

Информация о причинах происшедших несчастных случаев нужна всем работникам техники безопасности, так как вооружает их знанием фактов, важных для квалифицированного проведения предупредительных мероприятий.

Расследование причин несчастных случаев имеет не только предупредительную цель. При тщательном расследовании причин выявление связанных с ними фактов может иметь значение и для установления ответственности.

Несчастный случай, вызвавший потерю трудоспособности, всегда является следствием цепи событий, последнее из которых и рассматривается обычно как непосредственная причина несчастного случая; однако необходимо выявить не только непосредственную причину, но и все связанные с ней. Чем больше известно о причинах происшедших несчастных случаев, тем легче выявить и устранить их.

Объем информации о несчастном случае, предусматриваемый актом, должен быть достаточным для всестороннего суждения о нем. Вместе с тем описание обстоятельств несчастного случая должно быть четким и понятным.

Расследование причин несчастного случая проводит начальник цеха с привлечением представителей общественного профсоюзного контроля; необходимо привлечение и работников службы безопасности.

Следует подвергать расследованию не только происшествия, приведшие к травматизму, но и такие, которые могли вызвать его.

Расследование должно проводиться немедленно после происшествия и быстро. Чем скорее станут известны результаты расследования, тем эффективнее воздействие сделанных выводов для предупреждения повторения в дальнейшем несчастных случаев, подобных по обстоятельствам ранее происшедшим случаям.

В описание обстоятельств несчастного случая входят: при какой работе произошел расследуемый случай, в какой день недели, в какую смену, через сколько часов после начала смены, что явилось непосредственной причиной травмы; характеристика места, где произошел несчастный случай; описание и характеристика рабочей операции, оборудования и инструментов, с которыми работал потерпевший; профессиональный стаж (общий и специальный в данной должности) потерпевшего, характеристика его квалификации, обученности правилам безопасности, отношения к работе, внимательности, утомляемости. Необходимо также указать, были ли затруднения и осложнения в работе, которые могли повлиять на потерпевшего; были ли признаки возникновения опасности и как реагировал на них потерпевший и т. д.

Следует тщательно выяснить все вызвавшие и сопутствовавшие несчастному случаю обстоятельства производственной обстановки и поведения работающих. В отношении производственной обстановки выясняется, какие именно факторы связаны с происшедшим несчастным случаем (в конструкции агрегата, условиях среды, организации проведения работ и т. д.), каким образом нанесено повреждение, какой частью машины или каким предметом, явилось ли поражение следствием на-

рушения нормального хода технологического процесса или такого нарушения не было.

В отношении поведения работающих (самого пострадавшего, а также его товарищей по работе) выясняется связь происшествия с действием (или бездействием) и кого именно из работников; было ли предвидено возникновение опасности; могли ли действия работающего (или его товарищей) отвести опасные последствия или, наоборот, способствовали их наступлению; являлись ли действия работающего при возникновении несчастного случая обычными или произошло отклонение от обычно принятой практики; какое влияние на действия работающего могли оказать окружающие условия (шум, плохая освещенность, неблагоприятные метеорологические условия и т. п.) или утомление; обладал ли работающий достаточными знаниями для предотвращения опасности и т. д.

Причины несчастных случаев на производстве разнообразны. Даже среди многих десятков несчастных случаев трудно найти два совершенно однотипных.

Общепринятой классификации причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний пока нет. Предлагаемая обобщенная классификация может служить основой для разработки конкретной классификации причин для того или иного производства.

Примерный обобщенный перечень причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний

I. Технические причины

1. Несовершенство технологических процессов.
2. Несовершенство оборудования и приспособлений.
3. Отсутствие ограждений и предохранительных устройств.
4. Неудовлетворительное состояние оборудования, инструмента, приспособлений.

II. Организационные причины

1. Неправильная организация труда (нерациональный режим работы, чрезмерная продолжительность или интенсивность; длительное вынужденное однообразное или ненормальное положение тела или отдельных органов, перенапряжение их).
2. Неправильная планировка оборудования.
3. Неудовлетворительная организация, расположение и содержание рабочих мест, проходов, проездов.
4. Недостаточная обученность рабочих; несоответствие работающего выполняемой работе.

5. Использование несоответствующего инструмента, оборудования, приспособлений.
6. Нарушение технологического режима.
7. Применение нерациональных (опасных) способов работы, несогласованность действий работающих.
8. Неудовлетворительное качество (или отсутствие) индивидуальных защитных средств.
9. Отсутствие предупреждения об опасности.

III. Санитарно-гигиенические причины

1. Недостаточность кубатуры и площади производственных помещений.
2. Ненормальные метеорологические условия (температура, влажность, скорость движения и давление воздуха); тепловые излучения; нездоровое (для человека) сочетание этих условий.
3. Нерациональное освещение.
4. Вредные и отравляющие вещества.
5. Вредные излучения (ультрафиолетовые, рентгеновские, радиоактивные, электромагнитные поля, слепящая яркость).
6. Шум и сотрясения.
7. Нарушение правил личной гигиены.
8. Неудовлетворительное состояние бытовых и профилактических учреждений и устройств.

Тот или иной несчастный случай или профессиональная болезнь могут явиться результатом воздействия не одной, а совокупности нескольких причин, что должно быть выявлено при расследовании.

В результате расследования должны быть четко указаны не только непосредственные причины несчастных случаев, но и меры, необходимые для предотвращения повторения подобных или близких по обстоятельствам возникновения несчастных случаев.

4. ОБЩИЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА

Задачей техники безопасности является полное устранение причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Однако в ряде случаев причины травматизма и профзаболеваний не удастся устранить полностью, и приходится ограничиваться мерами, приводящими только к ослаблению опасностей и вредностей. В таких случаях необходимо прибегать и к мероприятиям индивидуальной защиты организма человека от воздействия на него профессиональных вредностей.

Для создания здоровых и безопасных условий труда может быть использовано большое число разнообразных мер, и постоянно создаются все новые и новые способы обеспечения безопасности труда. Эти меры и способы, имеющие различный характер и назначение, в зависимости от того, на улучшение какого элемента производственных условий они направлены, могут быть определенным образом и классифицированы:

- 1) по организации производства и труда;
- 2) по общему устройству предприятий и цехов;
- 3) по оборудованию и технологическому процессу;
- 4) по индивидуальной защите.

Обычно возникает необходимость проведения разнообразных мер из всех указанных четырех групп. В каждом отдельном случае задача оздоровления условий труда сводится к анализу условий труда и соответствующему выбору наиболее эффективных мер по возможности более легко осуществимых и экономичных.

4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА

Правильная организация производства и труда имеет важнейшее значение для обеспечения здоровых и безопасных условий работы. Необходимы точное соблюдение установленных технологических режимов и трудовой дисциплины, четкий

контроль работы всего персонала, правильная расстановка рабочей силы, целесообразное распределение рабочего времени, времени отдыха, соответствие работающих выполняемой ими работе.

При приеме на работу проводят предварительный медицинский отбор (медпрофотбор) для проверки соответствия здоровья поступающего специфическим условиям труда по данной профессии, руководствуясь списком, утвержденным Министерством здравоохранения СССР. К таким работам относятся все виды работ со свинцом и его соединениями, с ртутью, получение кадмия и его соединений, производство карбонильных металлов, ремонт металлургических печей, ряд работ в литейных цехах, работы с токами ультравысокой частоты, радиоактивными веществами и др. Для рабочих ряда профессий установлен периодический медицинский осмотр для своевременного и возможно более раннего распознавания возникающего профессионального заболевания¹.

Для производственных цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда устанавливается укороченный рабочий день².

Рабочее время в рамках установленной продолжительности рабочего дня строго регламентируется; при тяжелых условиях работы, особенно при проведении ремонтов, устанавливаются перерывы в работе или подсмены.

Важной организационной мерой является установление научно обоснованных гигиенических нормативов условий производственной среды. Многие из этих нормативов утверждены как обязательные, другие имеются пока только в виде рекомендаций. К обязательным гигиеническим нормативам относятся: предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочих помещений, нормы метеорологических условий, минимальные уровни освещенности рабочих помещений и другие, установленные Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН 245—63 максимально допустимые уровни облучения, нормы допускаемых физических нагрузок и многие другие.

¹ Список производств и профессий, работники которых подлежат предварительным при поступлении на работу и периодическим медицинским осмотрам (Приложение 1 к приказу министра здравоохранения СССР от 7 сентября 1957 г. № 136-м). Список противопоказаний, препятствующих приему на работу в производства, в которых рабочие подвергаются периодическим медицинским осмотрам (Приложение 2 к инструкции Министерства здравоохранения СССР от 7 сентября 1957 г.).

² Список производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день. Экономиздат, 1963.

Технические нормативы безопасности, представляющие собой определенные технические условия, требования или рекомендации, учитывают:

при проектировании предприятий, зданий, сооружений, оборудования, машин, приборов, технологических процессов;

при эксплуатации оборудования;

при контроле и инспектировании.

Технические нормативы могут быть классифицированы следующим образом:

конструктивные нормативы — расчетные и размерные нормы для изготавливаемого оборудования, сооружений, их ограждений, предохранительных и защитных устройств; эти нормы применяются для обеспечения надлежащей прочности, устойчивости и безопасности эксплуатации;

габаритно-планировочные нормативы — габариты транспортных путей, проездов, проходов, рабочих мест, расстояний между оборудованием, зданиями и др.;

параметрические нормативы — ограничение (в целях безопасной эксплуатации) скоростей, давлений, электрического напряжения и др.

Технические условия безопасности на проектирование включают требования к оборудованию, которые должны быть учтены при его проектировании.

Правила техники безопасности и производственной санитарии включают требования безопасности к устройству и содержанию территории предприятий, производственных и вспомогательных зданий, отоплению, вентиляции, освещению, электрообеспечению, водоснабжению и канализации, планировке оборудования, сооружений и рабочих мест, транспорту и грузоподъемным механизмам, ограждениям, бытовым и вспомогательным помещениям, а также указания о необходимых индивидуальных защитных средствах и спецодежде, о порядке допуска к проведению работ и др.

Правила безопасности предусматривают все необходимые технические нормативы, а также нормы и технические условия, обеспечивающие безопасность эксплуатации и технологических режимов, условия допуска персонала к работе и требования к безопасной организации работ. Основные инструктивные указания, касающиеся порядка проведения работ и поведения работающих, включаются в правила безопасности только в общей форме.

Инструкции по безопасному выполнению работ предназначены для работающих. Они определяют порядок и условия безопасного выполнения работающим порученных ему операций, выполнения его обязанностей и правил поведения при работе, сформулированные в виде требований к работающему. Требо-

вания, выполнение которых не зависит от работающего, в инструкцию не включаются.

Инструкции также служат и для контроля должностными лицами соблюдения работающими предписанных правил.

Содержание инструкции базируется на Правилах безопасности данной отрасли производства, действующих нормах и ГОСТах.

Инструкции составляют отдельно для каждой профессии и с учетом специфики условий работы; в них включают общие положения, указания о мерах предохранения от опасностей и вредностей и предупреждения аварий, о содержании рабочего места, защитных приспособлениях и спецодежде.

Инструкции утверждаются главным инженером предприятия.

Служба безопасности осуществляет планирование мероприятий по оздоровлению условий труда и их внедрению, осуществляет контроль за безопасным выполнением всех работ и соблюдением всеми инженерно-техническими и другими работниками правил и инструкций по безопасности, проводит обучение работающих безопасным приемам работы и проверку их знаний в этой области, ведет пропаганду безопасности труда и т. д.

Учреждения здравоохранения ведут наблюдение за общей и профессиональной заболеваемостью и участвуют в разработке мер по ее снижению.

4.2. УСТРОЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ

Для предупреждения несчастных случаев и профессиональных заболеваний немаловажное значение имеет общее устройство предприятия (его размещение, планировка, конструкция зданий, вентиляция, освещение, бытовые помещения и т. д.). Обеспечение здоровых и безопасных условий труда должно предусматриваться уже при проектировании предприятия.

Строительство промышленных предприятий осуществляют по проектам и сметам, разрабатываемым в соответствии с утвержденной правительством инструкцией. Согласно инструкции, в рабочих чертежах проектов производится детальная разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности.

Санитарное состояние промышленных предприятий должно отвечать требованиям инструкции, утвержденной Главным санитарным врачом СССР.

4.2.1. ПЛАНИРОВКА ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ

Планировка предприятий и цехов должна удовлетворять ряду требований охраны труда.

Предприятия, цехи и отдельные производственные сооружения по отношению к жилому поселку располагаются с подветренной стороны к ветрам преобладающего направления (преобладающее направление принимается по средней розе ветров теплого периода года на основе многолетних наблюдений). Цехи, создающие вредные выделения, располагаются с подветренной стороны по отношению к другим цехам.

Между предприятием и жилым районом создается санитарно-защитная зона (территория между местами выделения в атмосферу производственных вредностей и жилым районом). Ширина этой зоны зависит от количества вредностей, выбрасываемых предприятием в воздушный бассейн; в этом отношении Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245—63 устанавливают пять классов предприятий:

Класс	Ширина санитарно-защитной зоны, м
I	1000
II	500
III	300
IV	100
V	50

По согласованию с органами государственного санитарного надзора допускается уменьшение ширины санитарно-защитной зоны при ликвидации или уменьшении производственных вредностей. Государственный санитарный надзор может потребовать и увеличения ширины санитарно-защитной зоны (но не более чем в три раза).

Необходимо благоустраивать и озеленять санитарно-защитную зону древесно-кустарниковыми насаждениями (как и территорию самого предприятия).

Для передвижения людей по территории предприятия устраивают отдельные дороги (тротуары); желательно, чтобы эти дороги не пересекались с транспортными путями. На металлургических заводах пешеходные дороги устраивают в виде мостов или туннелей.

Расстояния между зданиями выбирают с таким расчетом, чтобы не создавалось помех естественному освещению и вентиляции.

По санитарным нормам расстояния между зданиями, освещаемыми через оконные проемы, должны быть не менее наибольшей высоты противостоящих зданий (до верха карниза).

Объем производственного помещения на каждого работающего — не менее 15 м^3 .

Высота производственных помещений должна быть не менее 3,2 м; в помещениях с избытками явного тепла, выделениями

газов или влаги высота устанавливается с учетом технологического процесса и удаления избытков выделений из рабочей зоны.

Высота галерей и эстакад принимается не менее 2 м при регулярном проходе работающих и не менее 1,9 м при нерегулярном проходе, а ширина — не менее 1,5 м с увеличением на 0,5 м на каждые 200 человек сверх 400.

При размещении оборудования учитываются требования безопасности в отношении проходов и габаритов, размещения рабочих мест и др.

4.2.2. РАБОЧЕЕ МЕСТО

Рабочими местами считаются места постоянного или периодического пребывания работающих для наблюдения и ведения производственных процессов. Если производственные процессы происходят в различных пунктах производственного помещения, то рабочим местом считается все производственное помещение. Рабочей зоной считается пространство высотой 2 м над уровнем рабочего места.

На каждого работающего в производственном помещении должно быть не менее 4,5 м² площади.

Планировка рабочего места должна обеспечить необходимые условия для производственной работы при высокой культуре труда, т. е. наиболее экономные и производительные приемы работы и безопасность труда. Рабочее место устраивают так, чтобы утомляемость работающего была сведена к минимуму.

Поверхность рабочих площадок должна быть горизонтальной и ровной, без порогов и выступов, удобной для очистки. Уклоны допустимы только как исключение, когда они необходимы для стока жидкостей; в этом случае покрытия полов должны быть непроницаемы для жидкостей.

Полы устраивают нескользящими, упругими и бесшумными, с достаточным сопротивлением статическим и динамическим нагрузкам, истирающим и химическим воздействиям, огнестойкими.

При работе с долговременным пребыванием людей на рабочих местах для покрытия полов используют материал с коэффициентом теплоусвоения не более 5 ккал/м² · ч · град.

4.2.3. ВЕНТИЛЯЦИЯ

Вентиляция производственных помещений является эффективным средством обеспечения нужных гигиенических качеств воздуха.

Вентиляция достигается перемещением воздуха: загрязненного из помещения и свежего в помещение.

По применяемому способу перемещения воздуха вентиляция может быть естественной и механической.

При совместном применении естественной и механической вентиляции она называется смешанной. При смешанной вентиляции используется сочетание естественной и механической вентиляции в различных вариантах.

Естественная вентиляция осуществляется благодаря разнице температур воздуха в помещении и вне его (тепловой напор) и воздействию ветра (ветровой напор).

Механическая вентиляция создает обмен воздуха посредством специальных механизмов и приспособлений (вентиляторы и эжекторы).

По назначению вентиляция может быть приточной, вытяжной и приточно-вытяжной, а по месту действия — общей и местной.

Общая, или общеобменная, вентиляция предназначена для обмена воздуха во всем помещении. Местная вентиляция создается для удаления вредностей непосредственно от места их образования или для подачи свежего воздуха на определенные, ограниченные участки помещения.

В зависимости от объема помещения, приходящегося на каждого работающего, подача наружного воздуха предусматривается в следующем количестве:

Объем помещения на каждого работающего, м ³	Подача воздуха на одного работающего, м ³ /ч
Менее 20	Не менее 30
20—40	» » 20

Для вентиляции должен подаваться незагрязненный воздух; при наличии в приточном воздухе загрязнений он подвергается очистке.

Неорганизованный приток наружного воздуха для возмещения вытяжки в холодный период года допускается в объеме не более однократного воздухообмена в час.

Подача приточного воздуха в производственные помещения системами механической вентиляции, как правило, производится в рабочую зону (при общеобменной вентиляции и совместном выделении тепла и газов, а также при наличии выше рабочей зоны вытяжки из зоны с максимальными концентрациями пыли) или в верхнюю зону помещений (при наличии местных отсосов пыли и газов и отсутствии значительных избытков явного тепла, а также при нижней вытяжке пыли и паров летучих растворителей), или часть — в верхнюю, а часть — в рабочую зону (при наличии явного тепла и влаги либо только влаги).

Необходимое количество воздуха для общеобменной вентиляции помещений определяют расчетным путем. Оно может быть охарактеризовано нормой воздухообмена

$$n = \frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (4.1)$$

где $V_{\text{вент}}$ — необходимый объем воздуха;
 $V_{\text{пом}}$ — объем вентилируемого помещения.

В больших металлургических цехах естественная вентиляция осуществляется посредством аэрации — организованного регулируемого естественного воздухообмена, поддерживающего в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аэрация является основным видом общей вентиляции современных цехов-гигантов, так как позволяет осуществлять вентиляцию больших помещений с интенсивным воздухообменом, для создания которого при механической вентиляции потребовались бы большие затраты на устройство и эксплуатацию.

Полная аэрация (т. е. естественный воздухообмен в летний и зимний периоды) обязательна для цехов с большими избытками явного тепла (доменных, мартеновских, прокатных, кузнечных, термических цехов и др.).

Смешанная система вентиляции (летом — аэрация или искусственная вытяжка с естественным притоком, зимой — искусственная приточная вентиляция и естественная вытяжка) предусматривается в производственных помещениях, в которых тепловыделений недостаточно для нагрева приточного воздуха, а также при больших тепловыделениях, но и при одновременном наличии других вредностей (например, газов и влаги).

Для аэрации обычно устраивают три ряда отверстий в продольных стенах здания: 1-й ряд — на уровне не выше 1,2 м от пола, 2-й — на уровне не ниже 4 м от пола и 3-й — на уровне подкрановых балок. На крыше устраивается вытяжной фонарь (рис. 4.1).

Такое размещение отверстий необходимо для того, чтобы увеличить воздухообмен летом, а зимой, закрыв нижние проемы, уменьшить воздухообмен и обеспечить подогрев за счет тепла помещения поступающего через средний проем холодного воздуха прежде, чем он дойдет до рабочих мест.

Управление створками фонарей и рамами окон и очистка стекол фонарей механизмируются.

Когда не требуется большой воздухообмен или по конструктивным соображениям нет возможности устройства фонарей для удаления воздуха из помещений, для естественной вытяжки воздуха из помещений используют вытяжные трубы и шахты. С целью использования энергии ветра для вытяжки и усиления теплового напора при вытяжке от источников конвекционного

тепла используются дефлекторы; над вытяжной трубой укрепляется цилиндрическая обечайка, которая для облегчения выхода воздуха заканчивается плавным расширением (диффузором) (рис. 4.2).

Для исследования эффективности вентиляции производят измерение давления и скорости движения воздуха. Измерение давления производится пневмометрическими трубками, U-образными манометрами, микроманометрами, тягомерами и др.; скорость движения воздуха измеряется анемометрами.

Для создания благоприятных климатических условий на рабочих местах все более широкое применение получает кондиционирование воздуха, т. е. процесс организованной подачи воздуха с постоянными заданными характеристиками температуры, влажности, скорости

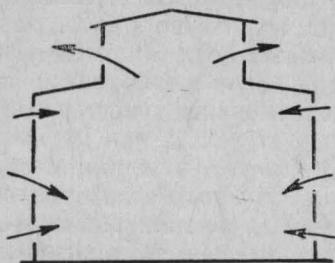


Рис. 4.1. Схема аэрации здания

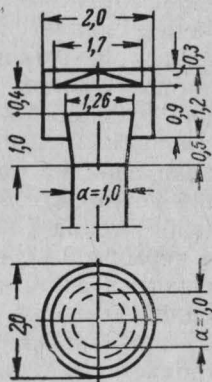


Рис. 4.2. Дефлектор ЦАТИ

движения, степени очистки (при автоматическом регулировании этих параметров).

Окружающий нас воздух всегда в той или иной степени ионизирован вследствие распада радиоактивных веществ почвы и воды (наружный воздух), а также строительных материалов (внутренний воздух).

На многих промышленных предприятиях имеются мощные источники ионизации воздуха — расплавленный металл, электрические дуги и другие источники, в связи с чем возникает повышенная ионизация воздуха, часто с резким преобладанием ионов того или иного знака. Наиболее высокая ионизация наблюдается в цехах, в которых производственные процессы сопровождаются выделением пыли и дыма, при сварке и т. д.

В определенных случаях (при преобладании положительной полярности) повышенная ионизация оказывает неблагоприятное воздействие на организм. В выдыхаемом воздухе также содержатся тяжелые аэроионы с преобладанием положительной по-

лярности, представляющие собой физиологически вредный фактор.

Иногда ионизация оказывает благоприятное воздействие на организм (при преобладании легких ионов) и, очевидно, может служить для оздоровления воздушной среды и профилактики некоторых профессиональных заболеваний, вызываемых загрязнением воздуха. Этот вопрос изучается.

4.2.4. ОТОПЛЕНИЕ

Отопление зданий имеет значение не только для создания нужной температуры в помещениях, но и для сохранности зданий, так как плохо отапливаемые здания подвержены сырости, вызывающей их разрушение. Отопление здания необходимо тогда, когда тепловые потери через ограждающие конструкции превышают выделения теплоты от производственных агрегатов, источников искусственного освещения, людей, инсоляции. В отоплении нуждаются здания, величина избыточных тепловыделений в которых не превышает $20 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$.

Система отопления должна создавать соответствующую равномерную температуру в рабочей зоне, легко регулироваться и не должна являться источником вредностей.

Температуру поверхности нагревательных приборов выбирают такой, чтобы не происходило воспламенение или пригорание оседающей на них пыли и не создавалась опасность возгонки ядовитых веществ или выделения воспламеняющихся газов.

Нагревательные приборы должны быть удобны для очистки.

В помещениях, в которых при местном повышении температуры и увеличении скорости движения воздуха возможно испарение ядовитых веществ, не допускается воздушное отопление.

4.2.5. ОСВЕЩЕНИЕ

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев и заболеваний глаз.

Осветительные условия оказывают значительное влияние на работоспособность глаза. С увеличением освещенности до известных пределов усиливается острота зрения, т. е. способность глаза различать мелкие предметы. От условий освещения зависит скорость, с какой глаз различает отдельные предметы, т. е. быстрота различения. При рациональном освещении глаз длительное время сохраняет способность устойчивого видения, не

утомляясь. Опыт показывает, что при увеличении осветительных условий повышается производительность труда.

Яркость — та из светотехнических величин, на которую непосредственно реагирует глаз.

При обычных условиях яркости в 30000 *нт* являются слепящими. Яркости, превышающие 165000 *нт*, обладают так называемой абсолютной блескостью, так как глаз ни при каких условиях к ним приспособиться не может¹.

Можно считать, что гигиенически приемлемыми являются яркости поверхностей до 5000 *нт*.

При переходе от больших яркостей к малым глазу требуется известное время для приспособления к новым условиям; при переходе из освещенного помещения в темное глаз только через некоторое время (десятки секунд) начинает различать окружающие предметы.

Утомление глаза зависит от ряда причин; основная из них — недостаточная яркость рассматриваемых поверхностей.

Чрезмерное световое раздражение снижает чувствительность и работоспособность глаза, вызывает ослепленность; в течение некоторого промежутка времени перед глазами находится изображение только что виденного яркого предмета, в результате чего человеку трудно ориентироваться в окружающем пространстве.

Слепящее действие на глаз могут оказывать осветительные устройства, расплавленный металл, электрические дуги, пламя; от такого действия возникает утомление или даже повреждение зрительных органов.

При адаптации глаза на темноту даже небольшие яркости могут обладать блескостью и, следовательно, оказываться неприятными для глаза.

Естественное освещение подвержено значительным колебаниям; в течение нескольких минут освещенность может увеличить или уменьшиться в несколько раз.

Наружная освещенность, создаваемая рассеянным дневным светом в открытом пространстве, различна для разных местностей и колеблется в широких пределах. Естественная освещенность внутри здания обычно гораздо меньше наружной освещенности.

При проектировании и расчете естественного освещения за источник света принимают рассеянный свет небосвода (прямое солнечное освещение не учитывают).

¹ Блескостью называется свойство светящихся поверхностей вызывать изменение установившегося в данных условиях уровня видимости. Состояние глаза, возникшее в результате воздействия блескости, называется ослепленностью.

Светотехническое нормирование производят по коэффициенту естественной освещенности (к. е. о.):

$$e_M = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

где e_M — коэффициент естественной освещенности;

E_B — освещенность в какой-либо точке M внутри помещения, освещаемой светом видимого через проем участка небосвода, лк;

E_H — одновременная освещенность наружной горизонтальной плоскости рассеянным светом небосвода, лк.

Наименьшую расчетную освещенность определяют при наружной освещенности 5000 лк.

Освещение помещения естественным светом характеризуется к. е. о. ряда точек, расположенных в пересечении двух плоскостей: вертикальной плоскости характерного разреза помещения (например, посередине помещения по оси окон или между ними) и горизонтальной плоскости, принимаемой за условную рабочую плоскость помещения.

При боковом освещении нормируют минимальное значение к. е. о. (e_{\min}) в пределах рабочей зоны.

При верхнем и комбинированном освещении нормируют среднее значение к. е. о. ($e_{\text{ср}}$).

При проектировании естественного освещения промышленных зданий устанавливают характер зрительной работы на рабочих поверхностях с учетом особенностей технологического процесса; определяют количественные и качественные требования к освещению; выбирают способ освещения, удовлетворяющий условиям зрительной работы; определяют форму, размеры и расположение световых проемов (в наружных стенах и покрытиях), соответствующие требованиям норм.

Установлено шесть разрядов работ по условиям зрительной работы. При этом для районов севернее 45° и южнее 60° северной широты $e_{\text{ср}}$ устанавливается в пределах от 10% (для I разряда) до 1% (для VI разряда), а e_{\min} — от 3,5 до 0,25% (приложение 1).

В производственных помещениях I—IV разрядов работ с верхним и комбинированным освещением равномерность освещения (отношение минимального к. е. о. к максимальному в пределах характерного разреза помещения) должно быть не менее 0,3.

По СН 245—63 расчет освещенности по к. е. о. производят с учетом общего коэффициента светопропускания остекленных проемов, светоотражения от внутренних поверхностей помещения, затенения противостоящими зданиями, неравномерности яркости неба, затемнения несущими конструкциями.

Для искусственного освещения применяют электрические лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Люминесцентное освещение используется при необходимости создать особо благоприятные условия для зрительной работы (точные работы, учебные помещения и др.), в помещениях с недостаточным естественным освещением, в которых постоянно пребывают люди, при работе с различением цветовых оттенков (при определении марки металла по его излому, в прутково-проволочных цехах, на столах технического контроля и др.).

Для искусственного освещения применяют осветительные приборы (сочетание лампы с осветительной арматурой) ближнего действия (светильники) и дальнего действия (прожекторы).

В прожекторе световой поток источника света, излучаемый почти во всех направлениях, перераспределяется и концентрируется при помощи оптической системы в направленный пучок света. Прожекторы заливающего света имеют относительно широкий световой пучок.

Назначение арматуры — предохранить глаз от действия ярких частей лампы, дать нужное распределение силы света, предохранить лампу от перегрева, оседания пыли, механических повреждений; вместе с тем арматура должна быть экономичной и удобной для обслуживания. В ряде случаев к арматуре предъявляются специальные требования в зависимости от специфических производственных условий. Защита от ярких частей лампы достигается созданием определенного «защитного угла», который должен быть не менее 27° .

Защитным называется угол между горизонталью, на которой лежит световой центр светильника, и прямой, проходящей через край рассеивателя или отражателя и центр тела накала лампы. Световым центром является геометрический центр светящегося тела лампы светильника, которая имеет заданное распределение силы света.

Рассеивателем или отражателем называется часть светильника из светорассеивающего (для рассеивателя) или непрозрачного материала (для отражателя), предназначенная для перераспределения светового потока лампы и защиты глаз от ее слепящего действия.

На промышленных предприятиях используют искусственное освещение двух систем: общее и комбинированное.

Общее освещение — для создания нужного уровня освещенности во всем помещении — осуществляется равномерным или локализованным расположением светильников (при локализованном расположении светильников достигается некоторое усиление освещенности на отдельных местах).

Комбинированное освещение состоит из общего и местного освещения.

Местное освещение позволяет создать нужный уровень освещенности непосредственно на рабочем месте. Применение одного местного освещения не допускается.

Местное освещение может быть стационарным и переносным.

Освещение устраивают: рабочее (для проведения работ в обычных условиях) и аварийное (для временного продолжения работ или для эвакуации работающих при внезапном отключении рабочего освещения).

Требования к искусственному освещению следующие:

1. Рабочее освещение должно создавать достаточную освещенность на рабочих местах. Минимальная освещенность устанавливается по СН 245—63 исходя из разряда работ, размеров объекта различия¹, степени светлоты фона², контраста объекта с фоном³.

Для рабочего освещения установлено семь разрядов работ (некоторые из разрядов имеют и подразряды). Первые шесть разрядов работ совпадают с I—VI разрядами для естественного освещения; VII разряд включает работы с самосветящимися предметами или материалами (независимо от размеров деталей).

Минимальная освещенность установлена в следующих пределах, лк:

	Лампы накаливания	Люминесцентное освещение
Комбинированное освещение	0—1500	75—3000
Общее освещение	20—300	75—750

Нормирована также освещенность жилых и общественных зданий, вспомогательных помещений, мест работы под открытым небом, территории предприятий и путей (приложение 2).

Рекомендуется создавать увеличенные против норм уровни освещенности, особенно в тех случаях, когда зрительное напряжение при работе непрерывное или почти непрерывное, при рассматривании деталей на движущихся поверхностях, при наличии опасных доступных поверхностей.

2. Высокое качество освещения:

а) ограничение прямой блескости, для чего не допускается использование открытых ламп, нормируется наименьшая высота подвеса светильников; светильники снабжаются рассеивателями;

¹ Под «объектом различия» понимается отдельная часть рассматриваемого предмета (линия, царапина, пятно и т. п.), которая должна быть различаема при работе.

² Фон (степень светлоты) считается темным при коэффициенте отражения 0,3 и менее, светлым — при коэффициенте отражения поверхности более 0,3.

³ Контраст объекта различения с фоном считается малым, если он менее 0,2, средним, если он равен 0,2—0,5, большим, если он более 0,5.

б) ограничение отраженной блескости, для чего при освещении поверхностей, обладающих зеркальным блеском (листы металла, шкалы приборов и др.), предусматривается соответствующее направление света;

в) рациональное направление света и степень его диффузности; для целесообразного распределения яркостей в поле зрения освещенность от светильников общего освещения рабочих поверхностей должна быть не меньше 10% нормированной освещенности; равномерность освещения рабочих поверхностей и помещения в целом достигается соответствующим размещением светильников таким образом, чтобы не создавались падающие тени (от работающего, от расположенного вблизи оборудования);

г) постоянство освещенности во времени, для обеспечения которого частота резких изменений напряжения у ламп рабочего освещения при изменении от 1 до 4% должна быть не более 10 раз в час и при изменениях более 4% 1 раз в час; подвеска светильников должна быть жесткой, чтобы не допустить их раскачивания; светильники следует регулярно очищать от пыли.

3. Бесперебойность и длительность работы осветительной установки в данных условиях среды.

4. Пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств.

5. Удобство управления осветительной установкой.

6. Экономичность сооружения и эксплуатации установки.

При проектировании освещения принимают коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации. В зависимости от величины выделений пыли, дыма или копоти принимают коэффициент запаса в пределах от 1,3 до 1,7 при лампах накаливания и от 1,5 до 2 при люминесцентных лампах и регламентируют сроки чистки светильников (2—4 раза в месяц, а на открытых пространствах 3 раза в год).

Обязательно устраивают аварийное освещение с независимым питанием для продолжения работ в помещениях и на открытых пространствах, если погасание рабочего освещения может привести к расстройству технологического процесса, взрыву, травматизму и т. д. Аварийное освещение для продолжения работ должно создавать на рабочих поверхностях освещенность не менее 10% от принятых норм для общего освещения лампами накаливания. Аварийное освещение для эвакуации людей должно создавать освещенность на полу основных проходов и ступенях лестниц и спусков не менее 0,3 лк и в местах основных проходов — не менее 0,2 лк.

Особенностью горячих металлургических цехов является наличие в поле зрения работающих самосветящихся предметов

(пламени, расплавленного и нагретого металла и шлака), непрерывность, производственного процесса, большие площади цехов, а в ряде случаев — необходимость высокой освещенности на вертикальных плоскостях.

Яркость пламени и расплавленных масс металла и шлака обычно значительно выше яркости окружающего фона и вредна для глаз.

Так, например, яркость нагретого металла в прокатных цехах более 10000 нт, ванны в мартеновских печах 73500—112000 нт, ванны в электрических печах 122000—140000 нт и т. д.

Условия работы требуют рассматривания светящихся поверхностей для наблюдения за ходом процесса, определения «на глаз» температуры, качества металла и шлака и др. Необходимость постоянной адаптации глаза при переводе его со

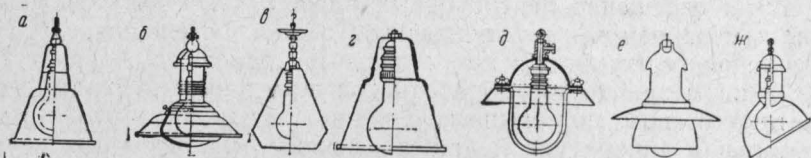


Рис. 4.3. Основные типы осветительных приборов:

а — глубоководный (для высоких помещений); б — универсальный (для невысоких помещений); в — люцетта (для лабораторий); е — широкоугольный (для открытых пространств); д — водонепроницаемый (для горячих, пыльных помещений); г — альфа (для местного освещения); ж — кососвет

светящихся поверхностей на окружающий, более темный фон и наоборот может вызывать снижение зрительных функций, слепление, возникновение последовательного образа, затруднять различение других предметов.

Для исчезновения последовательных образов и обеспечения ясного различия после фиксации глазом светящихся поверхностей необходимо создать определенную яркость поля адаптации (т. е. обеспечить определенный уровень освещенности окружающего фона), избегать резкого различия яркостей на рабочих поверхностях и в поле зрения, окружающем рабочие поверхности.

Исходя из этого и установлена для работ с самосветящимися предметами минимальная освещенность лампами накаливания в 50 лк или люминесцентными лампами в 150 лк.

Для создания рациональной системы освещения необходимо правильно выбрать и разместить светильники. Выбор типа светильников производится с учетом рода помещений и работ, энергетической экономичности, безопасности, долговечности и стабильности светотехнических характеристик в данных условиях среды, качества освещения и удобства обслуживания.

Типы светильников приведены на рис. 4.3.

Светильники располагают таким образом, чтобы заданная освещенность создавалась при наименьшей установленной мощности.

Для создания одинаковой освещенности на всей освещаемой площади светильники располагают равномерно по вершинам квадратов, ромбов или прямоугольников, близких к квадратам. При необходимости иметь различные значения освещенности на разных участках помещения указанная симметрия не соблюдается, так как наимыгоднейшие условия создает локализованное освещение, при котором расположение, мощность и высота подвеса светильников выбираются индивидуально для каждого участка.

Светильники размещают так, чтобы они были легко доступны для обслуживания.

Для освещения вертикальных плоскостей, участков машины и механизмов, недоступных для общего освещения, и для усиления освещенности на отдельных рабочих поверхностях (станки механической обработки, точные работы, клетки прокатных станов, гильотинные ножницы, весы, контрольно-измерительная аппаратура и др.) применяют местное освещение.

На мостовых кранах (на фермах внизу) устанавливаются светильники с питанием от крановой сети; эти светильники предназначены для создания освещенности в зоне работы крана не менее 30 лк и компенсации затенения краном основных светильников.

Для создания высокой освещенности на летках печей и других участках применяют прожекторы. Для ограничения слепимости их устанавливают на большой высоте (11—15 м).

При осмотре и смазке оборудования, регулировке валков и калибров, проверке размеров прокатываемого металла и других работах применяют переносные светильники (обычно аккумуляторные) с напряжением 12—36 в.

Уровень освещенности в значительной степени зависит от отражения освещаемых поверхностей. При одной и той же мощности ламп освещенность может значительно меняться с изменением коэффициента отражения.

Коэффициент отражения поверхности зависит от ее окраски, отражательной способности материала; темные и матовые поверхности дают слабое отражение, полированные поверхности, особенно металлические, наоборот, дают яркое отражение.

Вот почему определенное значение приобретает рациональная окраска стен и оборудования, благодаря которой можно значительно повысить коэффициенты отражения и, следовательно, улучшить осветительные условия.

Исследование осветительных условий заключается в основном в измерении их освещенности и яркости.

Для измерения освещенности применяют люксометры с фотоэлементами; освещение фотоэлемента вызывает в цепи фотоэлемента ток, величина которого зависит от уровня освещенности; возникший ток измеряется миллиамперметром, шкала которого градуируется непосредственно в люксах.

Для измерения яркости используют фотометры, основанные на сравнении яркости поля прибора и яркости исследуемой поверхности.

4.2.6. ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И СТОЧНЫХ ВОД

Загрязнения воздуха промышленных центров отходящими газами и пылью отражаются на здоровье населения и вообще на условиях жизни. Загрязненный воздух непригоден для дыхания; он может способствовать возникновению различных заболеваний. Значительное снижение ультрафиолетовой радиации из-за запыленности воздуха оказывает отрицательное влияние на здоровье людей, особенно детей.

Кроме того, загрязнения атмосферного воздуха вызывают и большой экономический ущерб из-за воздействия атмосферных загрязнений на животных, на растения, из-за коррозии сооружений и необходимости защитных покрытий, необходимости затрат на поддержание в должном состоянии внешнего и внутреннего вида жилых домов и других строений, потерь ценных веществ с дымовыми газами, затрат на технические усовершенствования процессов и очистительные установки, перерасхода электроэнергии и др.

Программа КПСС ставит задачу «... проведения системы мероприятий по дальнейшему оздоровлению условий жизни в городах и других населенных пунктах, включая их озеленение, обводнение, решительную борьбу с загрязнением воздуха, почвы и воды».

Это требует всемерного уменьшения создаваемых предприятиями загрязнений воздуха и воды.

Очистка выбросов, сопряженная с извлечением пыли и газов, часто окупает себя. Следует применять такие способы очистки, которые дают возможность уловить и использовать полезные вещества.

Перед выпуском в атмосферу выбросы воздуха и технологические выбросы, содержащие пыль, ядовитые газы и пары, подвергаются эффективной очистке. Степень очистки выбросов и высота труб выбираются с таким расчетом, чтобы концентрации загрязнений в атмосферном воздухе не превосходили установленных (приложение 3).

Зависимость степени очистки выбросов, содержащих пыль, от предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений характеризуется следующими данными:

П. д. к. пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, мг/м ³
До 2	30
От 2 до 4	60
» 4 » 6	80
» 6 » 10	100

Если очистка отходящих газов в каком-либо случае технически невозможна, выброс газов должен производиться на большой высоте (в более высокие слои атмосферы).

Кроме газообразных выделений, многие предприятия имеют сточные воды, которые также следует обезвреживать.

Состав сточных вод зависит от технологии процесса, системы водоснабжения, качества топлива и др. Условия образования сточных вод разнообразны, поэтому и состав их оказывается различным, и трудно дать ему общую характеристику.

Использование воды должно быть организовано таким образом, чтобы максимальное количество ее возвращалось обратно, т. е. оборотная вода должна иметь возможно больший удельный вес в общем расходе ее.

Условия спуска сточных вод в водоемы регулируются специальными правилами и в каждом отдельном случае согласовываются с местными Советами, органами по использованию и охране водных ресурсов и органами Государственного санитарного надзора и рыбоохраны.

4.2.7. САНИТАРНО-БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

К числу бытовых относятся помещения для удовлетворения санитарных и бытовых нужд трудящихся во время пребывания их на работе: помещения для приема пищи, гардеробные, душевые, уборные, умывальные, курительные, прачечные, комнаты для личной гигиены женщин, кормления грудных детей, для обогрева работающих и питьевого водоснабжения. Кроме того, необходимо предусмотреть помещение для Красного уголка. Назначение, оборудование, устройство и площади бытовых помещений устанавливаются в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов по СН 245—63.

В этом отношении все производственные процессы разбиты на четыре группы.

К I группе относятся производственные процессы, которые ведут при нормальных метеорологических условиях и отсутствии выделений пыли и вредных газов (например, механические цехи); в бытовых помещениях должны быть гардеробные и умывальные. Если работа связана с загрязнением рук и тела (наладка станков, пульверизация и т. п.), предусматриваются также душевые.

Ко II группе относятся производственные процессы, выполняемые при неблагоприятных метеорологических условиях или при наличии вредностей, или при напряженной физической работе (например, горячие, сырые и пыльные цехи); в бытовых помещениях устраивают гардеробные, умывальные, душевые. Кроме того, в мокрых цехах предусматривают помещения для сушки рабочей одежды, в пыльных цехах — помещения для обеспыливания рабочей одежды; при выделениях вредных для здоровья или сильно пахнущих веществ и при применении веществ, загрязняющих одежду или абсорбируемых ею, — помещения для обезвреживания рабочей одежды; при температуре воздуха на рабочих местах ниже -10°C — помещение для обогрева работающих и сушки рабочей одежды.

К III группе относятся производственные процессы с резко выраженными вредностями (обработка ядовитых веществ, выделения ядовитой или сильно раздражающей пыли и др.); в бытовых помещениях должны быть пропускник с гардеробной, душевой и умывальной, а также специальные помещения (для обезвреживания и обеспыливания рабочей одежды и др.).

К IV группе относятся производственные процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции (пищевых продуктов, стерильных материалов, особых изделий и приборов).

Пол в уборных, умывальных, душевых устраивают водонепроницаемый, с уклоном к сточному трапу. Стены на высоту не менее 1,5 м покрывают влагустойчивым материалом, позволяющим производить влажную очистку.

Здания санитарно-бытовых комбинатов строят не выше трех этажей. Они должны примыкать непосредственно к производственным зданиям цеха (не нарушая при этом возможности устройства в стенах здания проемов для притока свежего воздуха к местам «горячих» работ) или соединяться с цехами закрытыми утепленными переходами.

Вспомогательные отделения цехов, расположенные на расстоянии от главного здания, должны иметь свои бытовые помещения, состоящие из раздевальной, душевой, комнаты для приема пищи и теплой уборной.

При наличии в производственных помещениях вредных выделений (пыли, ядовитых газов, дыма и т. п.) бытовые помещения

должны иметь изолированный выход и располагаться таким образом, чтобы не нужно было проходить через производственные помещения с вредными выделениями (в которых данные рабочие не работают).

Бытовые помещения размещают возможно ближе к рабочим местам. При наличии в цехах газов, дыма и т. п. бытовые помещения размещают с наветренной стороны цеха.

Планировка бытовых помещений должна, как правило, исключать встречные потоки работающих.

На территории предприятия создают благоустроенные озелененные площадки для отдыха работающих, размещаемые на участках территории между зданиями, свободными от использования в производственных целях, и в зоне с наименьшим влиянием производственных вредностей.

Правила безопасности для горячих металлургических цехов предусматривают обязательное устройство мест отдыха на рабочих площадках.

Места отдыха устраивают в виде беседок или кабин для отдыха, в которых устанавливают скамьи со спинками. Кроме того, в эти кабины (беседки) подаются охлажденный или кондиционированный воздух, а также питьевая и газированная подсоленная вода.

Для раздачи питьевой воды устанавливают фонтанчики, закрытые баки с фонтанирующими насадками и др. Температура воды при раздаче 8—20°С. Питьевая вода может быть сырой, если она безопасна для употребления, или остуженной кипяченой.

Расстояние от рабочих мест до питьевых установок должно быть не более 75 м.

4.3. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

При конструировании оборудования и разработке технологических процессов обязательно учитывают технические условия безопасности, разрабатываемые для каждого вида оборудования. При отсутствии таких технических условий необходимо провести анализ возможных опасностей и вредностей при эксплуатации проектируемого оборудования или осуществлении технологического процесса и предусмотреть меры, необходимые для профилактики травматизма и профзаболеваний, вытекающие из произведенного анализа.

Для усовершенствования технологических процессов необходима прежде всего механизация, устраняющая тяжелый фи-

зический труд. Механизация является эффективным средством снижения травматизма; она способствует превращению физического, ручного труда в творческий, интеллектуальный, приводит к увеличению производительности труда и сокращению необходимого числа работающих.

При осуществлении механизации необходимо позаботиться о том, чтобы вводимые механизмы не могли явиться причиной несчастных случаев.

В промышленности проведена большая работа по механизации трудоемких процессов, но имеются еще большие возможности для проведения «малой» механизации, т. е. механизации отдельных работ, и комплексной механизации, т. е. механизации отдельных участков.

Автоматизация представляет собой высшую ступень механизации. При автоматизации функции рабочего сводятся к контролю работы машин и рабочий персонал может находиться на безопасном расстоянии от агрегатов. Автоматизация производства в условиях советского социалистического общества способствует ликвидации существенного различия между умственным и физическим трудом.

Проведение автоматизации создает условия для коренного улучшения условий труда и безопасности работ, дает возможность резко сократить затраты общественного труда — живого и овеществленного в средствах производства и тем самым увеличивает производительность труда и снижает себестоимость продукции. Вместе с тем улучшается работа машин, ход технологического процесса и качество продукции.

Высшей ступенью автоматизации является автоматическая система машин. Автоматическая линия представляет собой пример автоматической системы взаимосвязанных машин, самостоятельно выполняющих заданные операции в назначенной последовательности и нуждающихся только в настройке и контроле со стороны высококвалифицированного персонала.

Механизация и автоматизация технологических процессов — основная линия развития техники в нашем социалистическом государстве.

В тесной связи с автоматизацией находится автоматическое регулирование, которое позволяет вести работу без непосредственного вмешательства человека и исключает неправильные включения агрегатов и аварии. Автоматическая блокировка обеспечивает автоматическую остановку системы в случае наступления опасного момента, выключение механизмов при попадании в опасную зону постороннего тела и т. п.

Важное значение для обеспечения безопасности труда имеет дистанционное наблюдение и управление технологическими процессами.

Кроме перечисленных, есть целый ряд других мер, способствующих улучшению условий труда в тех или иных конкретных условиях: герметизация производственных агрегатов с целью устранения вредных выделений, теплоизоляция для устранения излучений, звукоизоляция для защиты от шума, амортизация сотрясений и многие другие.

При осуществлении мероприятий по безопасности труда техника безопасности использует различные методы.

Запас прочности при сооружении различных машин, конструкций, вспомогательных приспособлений позволяет повысить безопасность работ. В ряде случаев нормы техники безопасности регламентируют минимальный коэффициент запаса прочности.

Ограждение движущихся частей машин — широко распространенное средство обеспечения безопасности. Эффективность ограждения повышается при объединении его с блокировкой, не допускающей работы механизма при снятом ограждении.

Сигнализация — указывающая, звуковая и световая — применяется для предупреждения об опасности.

В некоторых случаях устранение опасности при ее возникновении обеспечивается использованием слабых звеньев, например в электросетях устанавливают специальные плавкие предохранители, разрывающие цепь тока при опасном повышении напряжения.

Для облегчения условий труда необходимо, чтобы окружающая работающих производственная обстановка была приятной для самочувствия, вызвала эстетическое удовлетворение.

Хорошее внешнее оформление оборудования и производственных помещений имеет большое значение и для безопасности труда, и для облегчения его. Эстетическое удовлетворение помогает преодолевать физическое напряжение, способствует уменьшению утомляемости и увеличению работоспособности.

В этом отношении важное значение имеет окраска помещений и оборудования. Определенные требования предъявляются и к конструктивной форме оборудования.

Эти вопросы разрабатываются новой отраслью знаний — производственной эстетикой.

Большой интерес представляет использование фотоэлементов, ультразвука, радиоэлектроники, телевидения, радиоактивных изотопов.

Так, ультразвук может быть использован для очистки паровых котлов, что облегчает тяжелый ручной труд. Использование ультразвука для обработки металлов устраняет образование стружки, опасной для работающих.

Фотоэлементы и радиоактивные изотопы используются для создания защитных ограждений на машинах.

Телевидение применяется для дистанционного наблюдения за процессами, что устраняет необходимость пребывания людей в опасных зонах.

Ультразвук, фотоэлементы и радиоактивные изотопы используются для создания контрольно-измерительной аппаратуры, что облегчает задачу автоматизации процессов.

4.4. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Индивидуальными защитными средствами называются разнообразные приспособления и одежда, используемые во время работы в целях защиты от травматизма и профессиональных вредностей.

К числу индивидуальных защитных средств относятся приспособления для защиты тела, головы, рук, ног, органов дыхания, зрения, слуха.

Обязанность предприятий снабжать рабочих необходимой одеждой и приспособлениями устанавливается ст. 141 КЗоТ РСФСР и различными постановлениями. Перечень защитных средств и срок, на какой они выдаются, устанавливаются обязательными нормами спецодежды и индивидуальных средств защиты.

Спецодежда должна защищать работающего от неблагоприятных воздействий внешней среды, механических, химических, термических повреждений, не нарушая при этом теплорегуляции организма.

К тканям спецодежды предъявляется ряд гигиенических требований. Ткани должны обладать большей или меньшей теплопроводностью (для защиты от охлаждения — плохо проводить тепло, а для защиты от перегрева — хорошо проводить его).

Воздухонепроницаемые ткани негигиеничны; необходимая степень воздухопроницаемости зависит от назначения одежды: для бельевых тканей она наибольшая, а для зимней одежды — наименьшая.

Гигроскопичность определяет способность передачи испаряемой телом влаги во внешнюю среду. Теплопроводность определяет теплозащитные свойства тканей.

В ряде случаев ткани должны обладать невоспламеняемостью, малой пылепроницаемостью, непроницаемостью для воды, кислот, масел, щелочей, устойчивостью против их действия.

Для спецодежды применяются хлопчатобумажные, льняные, шерстяные ткани, асбест, кожи, ткани со специальной пропиткой.

Высокие гигиенические и защитные свойства ткани не всегда совпадают. Может оказаться, что гигиеничные и удобные при

данном виде работ ткани плохо защищают и даже небезопасны (например, хлопчатобумажные ткани при возможности воспламенения одежды), а хорошо защищающая ткань может оказаться неудобной в носке и мало гигиеничной (например, льняные брезенты при тех же условиях работы).

В зависимости от назначения в основном применяются следующие ткани:

Для защиты	Ткани
От брызг расплавленного металла	Плотные льняные (брезентовые) и шерстяные, шинельное сукно
От воспламенения	Мягкие льняные
При опасности ожогов	Несгораемые асбестовые ткани, накладки из плотных огнестойких тканей
От облучения	Хлопчатобумажные ¹ , трикотажная сетка
От кислот	Шерстяные, резиновые ²
От щелочей	Тяжелые прорезиненные
От пыли	Плотные хлопчатобумажные
От промокания	Брезентовые, резиновые
От минеральных масел и жидкостей	Со специальной пропиткой

¹ При наличии конвекционного тепла (без искр и опасности воспламенения) могут применяться хлопчатобумажные плотные ткани; льняные ткани применять нельзя, так как, пропитавшись потом, они становятся жесткими и могут натирать кожу.

² Кроме защиты от азотной и серной кислот.

Применяют также ткани с различными покрытиями и пропитками. Разработаны химические составы для придания тканям невоспламеняемости, огнестойкости, водостойкости, маслостойкости и др. Для рабочих металлургической промышленности предложены и испытаны в производственных условиях различные ткани, отражающие тепловые лучи; наилучшей оказалась алюминизированная ткань.

При выборе ткани принимаются во внимание в первую очередь защитные свойства, хотя бы в ущерб гигиеническим, а недостаток в гигиенических свойствах компенсируется целесообразным покроем и рациональным комбинированием тканей.

Спецодежда может давать общую и местную защиту. Общая защита (когда закрывается все тело рабочего) достигается ношением костюмов, комбинезонов, халатов, плащей. Местная защита создается фартуками, рукавицами, нарукавниками, гетрами, наколенниками и др.

При выборе спецодежды для той или иной профессии нужно заранее определить, создает ли избранный тип спецодежды достаточную защиту и не может ли она сама стать причиной несчастного случая или создавать неудобство при работе.

При выборе спецодежды требования защиты и безопасности всегда имеют решающее значение. Кроме того, должны быть учтены гигиенические качества, обеспечивающие нормальный теплообмен между телом и внешней средой и удобство работы в одежде.

Типы спецодежды устанавливаются соответствующими ОСТ.

За исправностью спецодежды и индивидуальных защитных приспособлений администрация цеха устанавливает постоянное наблюдение; организуется централизованная стирка и починка спецодежды.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Батурин В. В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1956.
Мешков В. В. и Соколов И. И. Курс осветительной техники,
5-е изд. Госэнергоиздат, 1960.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. ОБЯЗАННОСТИ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Администрация предприятий и учреждений обязана принимать все необходимые меры к устранению или ослаблению вредных условий работы, предупреждению несчастных случаев и к содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии, согласно общим и специальным постановлениям, касающимся данного производства (ст. 139 КЗоТ РСФСР).

Для устранения условий, которые могут угрожать жизни или здоровью работающих, администрация должна принимать экстренные меры, в том числе и такие, которые не предусмотрены в действующих правилах по технике безопасности (ст. 149 КЗоТ РСФСР).

По типовым правилам внутреннего распорядка администрация обязана: соблюдать законы и правила об охране труда, строго придерживаться установленного распорядка рабочего дня, осуществлять все необходимые мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии.

Ответственными за состояние охраны труда на предприятии в целом являются его директор и главный инженер, на которого возлагается оперативное руководство организацией службы безопасности на предприятии.

Ответственным за состояние охраны труда и безопасность работы в цехе является начальник цеха; он отвечает за культуру производства, правильную организацию труда, трудовую дисциплину, обучение инженерно-технического персонала и рабочих правилам техники безопасности и соблюдение их всеми работающими.

Начальник цеха обязан:

следить за безопасностью подходов и подъездов к цеху;

зарегистрировать в инспекции Госпорттехнадзора подъемно-транспортные устройства, приспособления и установки, работающие под давлением (которые подлежат такой регистрации);

зарегистрировать в технической инспекции профсоюзов ацетиленовые аппараты.

Начальник цеха несет ответственность за своевременную регистрацию и учет несчастных случаев.

Непосредственная ответственность за безопасное состояние рабочих помещений, оборудования, инструмента и правильную организацию работ, за выполнение указаний и требований по технике безопасности возлагается на технический персонал, руководящий данным участком работ: начальников цехов, отделений (пролетов), мастерских, старших мастеров, мастеров, бригадиров участков и прорабов.

Главные (цеховые) механики и энергетики отвечают за безопасное состояние и своевременные испытания паровых котлов, сосудов и аппаратов под давлением, ацетиленовых и кислородных установок, паросиловых, электросиловых, газовых установок и сетей, грузоподъемных механизмов, вентиляционных установок, оградительных устройств и контрольной аппаратуры.

Заведующий транспортным цехом отвечает за правильное устройство, содержание и эксплуатацию путей, сигнализации, транспортных средств и за безопасность погрузочно-разгрузочных работ.

В выполнении правил техники безопасности особенно велика роль мастера. Мастер производственного участка обязан:

организовать проведение всех работ в точном соответствии с требованиями технологии и правил безопасности;

проводить в установленные сроки инструктаж рабочих по соблюдению безопасных методов работы;

наблюдать за исправным состоянием и правильной эксплуатацией оборудования, инструмента, приспособлений, оградительных и предохранительных устройств;

наблюдать за выполнением работающими правил и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии и правил внутреннего трудового распорядка, за использованием спецодежды и защитных приспособлений;

следить за работой санитарно-гигиенических установок, чистотой и порядком;

участвовать в расследовании причин каждого несчастного случая и профотравления и в разработке мероприятий по устранению причин и предупреждению несчастных случаев.

5.2. РАБОТА ОТДЕЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Советом Министров РСФСР (постановлением от 6 апреля 1961 г. № 363) утверждены типовые положения о службе по технике безопасности совнархоза, отраслевого управления совнархоза, предприятия (стройки) совнархоза.

В соответствии с этим положением отдел (группа) техники безопасности предприятия осуществляет систематический контроль за проведением мероприятий по созданию безопасных условий труда, а также по борьбе с травматизмом и авариями на предприятиях; отдел (группа) подчиняется непосредственно директору и главному инженеру предприятия.

На отдел возлагается:

- контроль за соблюдением на предприятии действующего законодательства, постановлений и распоряжений правительства и совнархоза, инструкций, правил и норм по технике безопасности;

- организация разработки цехами мероприятий по созданию безопасных условий труда, составление проектов годовых (квартальных) планов мероприятий по технике безопасности предприятия, контроль за выполнением этих мероприятий;

- участие в разработке и внедрении в производство более совершенных конструкций ограждающих и предохранительных устройств, а также внедрении предложений научно-исследовательских институтов и передовых предприятий в области техники безопасности;

- проверка выполнения мероприятий по технике безопасности, предусмотренных в коллективных договорах;

- участие в рассмотрении проектов строительства, реконструкции, капитального ремонта цехов и оборудования и в приемке их в эксплуатацию;

- участие в проверке знаний инженерно-технических работников в области техники безопасности;

- пропаганда вопросов техники безопасности;

- участие в расследовании причин аварий и несчастных случаев, связанных с производством, в разработке мероприятий по предупреждению и устранению этих причин;

- учет пострадавших при авариях и несчастных случаях, связанных с производством, анализ их причин;

- составление отчетов об авариях и несчастных случаях, связанных с производством, а также об освоении ассигнований на мероприятия по технике безопасности;

- представление руководству предприятия предложений о поощрении работников за хорошую работу в области техники безопасности, а также о привлечении к ответственности в уста-

новленном порядке виновных в нарушении правил техники безопасности.

Отдел техники безопасности имеет право:

проверять состояние техники безопасности во всех цехах и участках предприятия;

давать работникам предприятия указания об устранении недостатков и нарушений правил безопасности;

запрещать работу в условиях, опасных для жизни и здоровья работающих;

принимать меры к изъятию оборудования и инструментов, не соответствующих требованиям безопасности;

требовать от руководителей цехов и отделов предприятия систематического учета и своевременного расследования несчастных случаев, связанных с производством, а также наличия на рабочих местах инструкций по технике безопасности.

Указания отдела техники безопасности могут быть отменены только руководителем предприятия.

Важной работой отдела техники безопасности является организация проведения различных исследований и испытаний на предприятии: санитарно-гигиенических условий труда (состава воздуха, интенсивности излучений, метеорологических условий, сотрясений и др.), различных устройств, прочности сооружений и т. д. Для этого отдел техники безопасности устанавливает контакт с заводской лабораторией и главным механиком.

Осуществление технических усовершенствований проводится через технический отдел предприятия и начальников цехов.

Отдел техники безопасности обязан работать в тесном контакте с профсоюзной организацией.

Методическое руководство работой отделов техники безопасности предприятий осуществляет отдел техники безопасности отраслевого управления совнархоза и отдел техники безопасности совнархоза.

Штат отдела техники безопасности утверждается в зависимости от числа трудящихся предприятия из расчета примерно один инженер по технике безопасности на 1000 трудящихся. Инженеров по технике безопасности, входящих в штат заводского отдела, обычно распределяют по отдельным цехам для наблюдения за их работой. На некоторых предприятиях инженеры по технике безопасности входят в штат отдельных цехов, но работают в тесном контакте с заводским отделом техники безопасности. На небольших предприятиях и в лабораториях вместо отдела техники безопасности назначается инженер по технике безопасности.

При небольшом числе работающих обязанности инженера по технике безопасности возлагаются на одного из инженерно-технических работников по совместительству.

Задачей отдела техники безопасности является привлечение всего коллектива предприятия к участию в профилактических мероприятиях по охране труда.

Основная работа отдела техники безопасности заключается в повседневной проверке порядка проведения работ и выявлении потенциальных опасностей и вредностей, недостатков оборудования и производственной среды, неправильного ведения работ.

Отдел техники безопасности проверяет организацию вспомогательных, ремонтных и других работ и наличие плана организации безопасности работ, участвует в рассмотрении проектов и проверяет соответствие этих проектов требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

Проверка условий труда производится путем:
комплексного обследования (с участием технической, санитарной и других инспекций, профсоюза и др.);
инспекторского обследования инженерами по технике безопасности;

повседневного надзора инженерами по технике безопасности;
систематической проверки администрацией цеха.

Результаты обследований фиксируют в актах с указанием нарушений, рекомендуемых мероприятий, сроков их выполнения и ответственных лиц. Акты утверждаются главным инженером предприятия.

По замеченным нарушениям правил техники безопасности отдел техники безопасности немедленно выдает начальнику цеха специальное предписание по устранению выявленных недостатков с указанием срока их устранения.

В особых случаях выдают предписание о приостановке работ, изъятии неисправного инструмента и т. п. Такое предписание утверждается главным инженером предприятия.

Отдел техники безопасности участвует в оперативных совещаниях у директора, на которых рассматривается ход производства. На этих совещаниях (ежедневных рапортах) начальники цехов обязаны докладывать о происшедших нарушениях производства и несчастных случаях, а отдел техники безопасности сообщает свое заключение.

Отдел техники безопасности подготавливает проведение совещаний по технике безопасности у главного инженера, на многих предприятиях такие совещания проводятся ежемесячно.

На совещаниях у главного инженера проверяют деятельность цехов по технике безопасности и производственной санитарии за истекший период и дают оценку работе начальников цехов в этой области.

В таком же плане начальники цехов проводят совещания с

начальниками смен и мастерами с участием инженера по технике безопасности.

Вопросы оздоровления условий труда следует обсуждать и на производственных совещаниях.

Полезна практика проведения специальных цеховых собраний, на которых обсуждают вопросы дальнейшего улучшения условий труда, и научно-технических конференций по вопросам техники безопасности.

Для усиления профилактической работы по предупреждению несчастных случаев на ряде предприятий в специальных дневниках, выдаваемых каждому инженерно-техническому работнику цеха, ведут учет замеченных нарушений правил безопасности; в эти дневники записывают фамилии лиц, замеченных в применении неправильных приемов труда или отступлении от установленных норм поведения, и сделанные предложения.

5.3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

По каждому виду работ должна иметься утвержденная главным инженером предприятия инструкция по технике безопасности.

Инструкции по технике безопасности составляют на основании соответствующих действующих правил безопасности с учетом особенностей данного цеха, производственных обязанностей рабочих данных профессий, выполняемых трудовых операций. Содержание инструкции должно соответствовать ходу технологического процесса.

Инструкция адресована непосредственно работающему; она должна быть составлена ясно и четко, технически грамотно и понятно. Требования инструкции излагаются в категорической форме.

В инструкции указываются безопасные и производительные приемы работы, организация рабочего места перед работой, меры личной предосторожности при приходе на работу и уходе с работы, при выполнении работы, меры безопасности по отношению к окружающим, меры личной гигиены, способы оказания первой помощи.

Инструкция по технике безопасности должна быть выдана каждому рабочему под расписку. Кроме того, инструкции вывешивают у рабочих мест.

5.4. ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА

Овладение техникой производства включает изучение вопросов безопасности и умение безопасно работать. Повышение производственной квалификации персонала сопровождается повы-

шением квалификации в отношении умения работать с соблюдением правил безопасности, знания опасных моментов при работе и необходимых предупредительных мер.

Обучение новых рабочих состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте.

При вводном инструктаже новый рабочий знакомится с общими правилами техники безопасности, правилами безопасного передвижения по заводу, правилами безопасной работы и др.

Вводный инструктаж проводят в форме беседы и на конкретном материале предприятия. О его прохождении выдают справку, необходимую для оформления на работу.

Инструктаж на рабочем месте проводят для ознакомления с требованиями правильной организации рабочего места и правилами безопасности при данной работе. Рабочее место, на которое приходит новый рабочий, должно быть в образцовом порядке и оборудовано всеми необходимыми устройствами и приспособлениями.

Инструктаж проводится с учетом знаний и навыков обучаемого.

Все работающие должны периодически проходить повторный инструктаж по технике безопасности. При переходе на новую технологию или новое оборудование инструктаж является обязательным. Мастера также проходят техминимум по технике безопасности.

Обучение проводится наиболее квалифицированным инженерно-техническим персоналом. Программы обучения утверждают главным инженером.

При обучении необходимо использовать опыт рабочих — передовиков производства, овладевших приемами безопасной работы.

По окончании обучения производят проверку знаний работающих и результаты ее фиксируют в специальном документе, где обученный расписывается в знании правил, а подписи обучавшего мастера и начальника цеха удостоверяют разрешение допустить к работе.

Предусмотрено также обучение правилам безопасности на специальных курсах лиц, которые по условиям работы могут подвергаться особой опасности или несут ответственность за безопасность работающих в зоне действия обслуживаемых ими механизмов или агрегатов (электромонтеры, газо- и электро-сварщики, машинисты кранов, газовщики, машинисты турбин и др.). По прохождении курса обучения эти рабочие сдают экзамен и получают свидетельство об обучении и присвоении квалификации, которое необходимо для допуска к работе.

Рабочие, мастера и бригадиры, не сдавшие испытаний по технике безопасности, не должны допускаться к работе.

По всем проводимым занятиям ведут журналы. Начальник цеха обязан периодически проверять проведение инструктажа и правильность ведения журналов.

Инженерно-технические работники при поступлении на предприятие обязаны знать правила техники безопасности.

Для повышения квалификации инженерно-технического персонала организуют различные курсы и обмен опытом работы в области охраны труда.

5.5. ПРОПАГАНДА БЕЗОПАСНОСТИ

Большое значение в борьбе с несчастными случаями и заболеваниями имеет пропаганда безопасных методов работы, которая проводится разнообразными способами.

Агитационно-массовая работа проводится в виде лекций, бесед, радиопередач, посвященных методам работы передовиков производства, мерам борьбы с травматизмом при тех или иных работах, вопросам гигиены труда и промышленной санитарии и др. Полезным является и обсуждение на производственных совещаниях вопросов охраны труда и техники безопасности, докладов о состоянии техники безопасности в цехе, причинах происшедших несчастных случаев и мерах их предупреждения.

Печатная пропаганда по технике безопасности ведется в заводской многотиражке, стенгазетах, специальных стенгазетах — «молниях», фотогазетах и др.

В заводских газетах должны регулярно освещаться работа отдела техники безопасности и общественных организаций, проведенные мероприятия, рационализаторские предложения, принятые меры борьбы с травматизмом и т. д. В специальных выпусках следует помещать злободневные материалы, случаи нарушения правил безопасности и т. п. Внешнее оформление газеты должно привлекать к ней внимание, для чего следует использовать фотоснимки, диаграммы, рисунки.

Особое значение имеют плакаты по технике безопасности, которые являются наглядным и действенным оружием в борьбе с травматизмом. Используются плакаты, указывающие правила поведения, приемы безопасного выполнения работ и недопустимость опасных приемов, надлежащую последовательность работ, условия безопасности при эксплуатации установленного оборудования, инструментов, приспособлений; запрещающие те или иные опасные действия, предупреждающие об опасности, и др. В ряде случаев плакаты являются обязательными, например на дверях трансформаторных будок, у переходов через пути, в зоне работы кранов и т. п.

Плакат должен быть ярким, художественно выполненным, технически, грамотным, понятным без объяснений, с возможно более выразительным текстом. Плакат не должен быть устрашающим, запугивающим.

Полезным и нужным делом является организация кабинетов по технике безопасности. Такие кабинеты имеются на многих предприятиях. Основное назначение кабинетов — быть учебно-методическим центром и базой наглядного обучения безопасным приемам работы. Кабинет устраивают так, чтобы в нем можно было проводить занятия по технике безопасности, лекции и беседы.

Работа кабинета строится по тщательно продуманному тематическому плану. В кабинете имеются иллюстративный материал и наглядные пособия по вопросам техники безопасности на предприятии. В качестве экспонатов используются модели, макеты, плакаты, диапозитивы, фотомонтажи, предметы в натуре (исправный и неисправный инструмент, цепи, крюки, электрический инструмент, рукавицы и т. д.).

В цехах многих заводов имеются уголки по технике безопасности, в которых на специальных щитах демонстрируются плакаты по технике безопасности, пригодный и непригодный инструмент и др. В этих уголках наряду с постоянно действующими экспонатами необходимо демонстрировать материалы, имеющие злободневное значение, что повышает интерес к этим уголкам.

Важным делом для мобилизации всего коллектива предприятия на осуществление мероприятий по охране труда являются общественныемотры, проводимые дирекцией предприятия совместно с профсоюзной организацией. В период общественного смотра проверяют выполнение намеченных мероприятий по охране труда, контролируют проведение инструктажа рабочих, выполнение правил безопасности и т. д., а также собирают предложения трудящихся по улучшению состояния техники безопасности. Собранные предложения рассматривают комиссии по смотру; рациональные предложения принимают к исполнению.

5.6. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Характерная особенность социалистических предприятий — непрерывное улучшение и облегчение условий труда на базе внедрения новой техники.

Работа по охране труда на предприятии планируется отделом техники безопасности и комитетом профсоюза.

Основным в работе является комплексный план. Этот план составляется отделом совместно с представителями государственных инспекций, профсоюзной организации, медико-санитарной части предприятия. Часть этого комплексного плана выполняется путем включения соответствующих мероприятий в коллективный договор и в соглашение по охране труда, заключаемые комитетом профсоюза с дирекцией, а остальная часть входит в рабочий план отдела техники безопасности, комитетов профсоюза, госинспекцией и медико-санитарных учреждений.

Планирование мероприятий по безопасности труда основывается на учете не только запоминающихся благодаря своим особенностям (например, тяжести) случаев, но и учете всех, даже «мелких» случаев травматизма, иногда приобретающих массовый характер (придавливание пальцев, ранения при погрузочных работах, ранения отлетающей стружкой и т. п.).

В плане должны быть учтены предложения работающих.

План должен быть конкретным для данного предприятия, цеха. При планировании учитывается то обстоятельство, что одни причины могут быть устранены быстро и при малых затратах, а другие требуют значительного времени и больших капитальных затрат. Этот учет важен для правильного планирования проведения мероприятий во времени.

В плане указывают причины несчастных случаев, подлежащие устранению, характер мероприятий, виды и сроки работ, ответственных за работы лиц и т. д.

Работы, требующие капитальных затрат, планируют особо и ассигнования на них выделяют отдельно в общих годовых планах капитальных затрат. Номенклатура этих работ установлена постановлением Наркомтруда СССР.

Администрация предприятия ежегодно заключает с профсоюзной организацией соглашение, в которое вносятся все необходимые мероприятия. Это соглашение должно быть известно всем работающим.

Кроме мероприятий, включенных в соглашение и осуществляемых по плану капитальных работ, проводят и текущие мероприятия за счет средств по эксплуатации.

Выполнение всех этих мероприятий контролируется по использованию ассигнований и по номенклатуре и фиксируется специальным актом, подписываемым председателем завкома и главным инженером.

5.7. ГАЗОСПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА

На металлургических предприятиях имеется газоспасательная служба (газоспасательные станции), в задачи которой входят: систематическое наблюдение за газовыми сетями и агрега-

тами, контроль состава воздуха и принятие мер к устранению нарушений техники безопасности; выполнение спасательных работ при авариях, эвакуация людей из опасных мест и спасение пострадавших; проведение работ по ликвидации аварий и других опасных работ, а также общий надзор за газоспасательными работами; соответствующее обучение персонала газового хозяйства и руководство работой добровольных газоспасательных дружин.

Газоспасательная служба участвует в составлении перечня газоопасных работ и мест на предприятии; разрабатывает местные инструкции по проведению газоопасных работ; участвует в разработке профилактических мероприятий по предупреждению аварий и профотравлений в газовом хозяйстве и планов ликвидации возможных аварий; ведет учет и контроль за газоопасными работами и контролирует допуск персонала к этим работам; организует дежурства газоспасателей; следит за исправным состоянием газозащитных аппаратов; организует газоаналитическое опробование воздуха в газоопасных местах.

Газоспасательные станции имеют постоянный штат работников и работают на правах самостоятельного цеха. Кроме того, на предприятиях имеются добровольные газоспасательные дружины. В административном и техническом отношении станцией руководит главный инженер предприятия.

Для осуществления работ газоспасательные станции имеют: газозащитную аппаратуру и необходимые для ее оснащения предметы и материалы, средства оказания первой помощи пострадавшим, контрольно-измерительную аппаратуру для испытаний газозащитного и другого оборудования, газоаналитические приборы, инструменты для проведения газоопасных работ и ремонта инвентаря, транспортные средства, средства связи.

Газоспасательные станции размещаются в отдельных зданиях, расположенных вблизи основных обслуживаемых цехов.

На каждом предприятии, имеющем газовое хозяйство, составляют перечень газоопасных работ и мест. К газоопасным относятся места, где возможно загрязнение воздуха ядовитыми и взрывоопасными газами и парами.

Все газоопасные места делятся на три группы:

I группа — места, где кратковременное пребывание без газозащитной аппаратуры смертельно опасно; здесь можно работать только в газозащитных аппаратах по специальному допуску газоспасательной станции и в присутствии газоспасателей;

II группа — места, где содержание ядовитых газов и паров в воздухе постоянно превышает допустимые пределы; здесь можно работать в противогазах по специальному допуску газоспасательной станции и в присутствии газоспасателей;

III группа — места, где возможны небольшие концентрации ядовитых газов и паров или большие концентрации угольной пыли; здесь можно работать без специального допуска, но с уведомлением газоспасательной станции; газоспасатели производят периодический обход этих мест.

Все газоспасательные работы в зависимости от величины утечки газов делятся на две группы.

На все газоспасательные работы составляют план организации, утверждаемый главным инженером предприятия (для работ I группы) или начальником цеха (для работ II группы).

В план организации работ включают: подготовительные работы, последовательность выполнения отдельных операций, меры техники безопасности (с указанием ответственных лиц и приложением схем и чертежей производства работ); в плане предусматривается оповещение газового цеха о сроках готовности остановки объекта на ремонт и проверка газовым цехом готовности потребителя газа к остановке объекта (или принятию газа). Перед началом газоопасных работ проверяют выполнение намеченных подготовительных работ и усвоение персоналом соответствующих инструкций безопасности, после чего выдают наряд-допуск на производство работ.

Общей мерой безопасности при проведении работ является четкий контроль за числом и состоянием людей, участвующих в работах.

После окончания газоопасных работ тщательно проверяют состояние газового оборудования потребителя. Подачу газа производят по наряду-допуску.

5.8. МЕДИЦИНСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Медицинское обслуживание трудящихся в связи с их работой осуществляется на каждом предприятии. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий предусматривают организацию здравпунктов; численность персонала и площадь здравпункта зависят от числа работающих.

Лечебно-профилактическое обслуживание рабочих на предприятии осуществляет медико-санитарная часть предприятия. Основными задачами медико-санитарной части являются разработка и проведение совместно с санитарно-эпидемиологической станцией мероприятий по оздоровлению условий труда и быта, предупреждению и снижению общей и профессиональной заболеваемости и травматизма, организация и обеспечение квалифицированного лечения.

Медико-санитарная часть организуется при промышленном предприятии с числом работающих от 4000.

В металлургической промышленности организуются общезаводские здравпункты:

Число работающих	Категория здравпункта	Число врачей	Площадь помещений м ²
Более 2000	I	4	170
1501—2000	II	2	110
1201—1500	II	2	110
801—1200	III	1	75
300—800	IV (или III)	фельдшер (1)	55

Общезаводские здравпункты, как правило, размещаются вблизи наиболее многочисленных или особо опасных в отношении травматизма цехов, в отдельных зданиях либо в первых этажах вспомогательных или производственных зданий с удобным подъездом.

Профилактическая работа медицинского персонала заключается в первую очередь в систематическом наблюдении за работающими, проведении обязательных и периодических медицинских осмотров работающих. На основе данных периодических медицинских осмотров намечают санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия (систематическое диспансерное наблюдение, направление на отдых, указание о перемене работы, направление во ВТЭК и др.).

Медицинский персонал привлекают и для оценки гигиенических условий работы, контроля химических веществ, разработки рационального режима труда и отдыха, оценки индивидуальных защитных средств, разработки защитных мероприятий и мер по профилактике травматизма и заболеваний.

В ряде случаев желательное привлечение врачей к расследованию происшедших несчастных случаев.

Важными сторонами профилактической работы являются контроль за чистотой и санитарной культурой, проведение противозидемических мероприятий и санитарное просвещение.

Здравпункты обязаны поставить точный учет заболеваемости (профессиональной и общей) и травматизма и вести разработку этих данных; анализ их и выводы должны сообщаться техническому персоналу. По требованию администрации предприятия или цеха здравпункты обязаны вести сигнализационную статистику (например, «мелких» травм, простудных заболеваний и др.).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ермаков П. Д. и др. Организация работы по технике безопасности на металлургическом заводе. Металлургиздат, 1957.

Методика составления инструкций по технике безопасности и производственной санитарии. ЛИОТ, 1961.

6. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ

Температура воздуха в производственных помещениях зависит от ряда факторов: количества тепловых выделений от производственных источников и работающих людей, инсоляции, объема здания, теплоотдачи через наружные ограждения здания и воздухообмена в помещении.

Основное воздействие на температуру воздуха в помещениях оказывает явное тепло. Избытки явного тепла, не превышающие $20 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$, считаются незначительными; помещения с таким количеством явного тепла, как правило, нуждаются в отоплении. Избытками явного тепла считаются остаточные тепловыделения после осуществления мероприятий по их уменьшению.

Избытки явного тепла более $20 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$ считаются значительными. В горячих металлургических цехах они составляют $150\text{—}200 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$ и даже более, что приводит к значительному повышению температуры воздуха. Кроме того, печи, нагретый металл и шлак являются источниками интенсивных тепловых излучений.

Высокая температура воздуха и тепловое излучение ухудшают условия труда, вызывают снижение производительности его и могут явиться причиной различных заболеваний. Эти болезни, еще в сравнительно недалеком прошлом распространенные среди рабочих горячих цехов и являющиеся и сейчас не редкостью на капиталистических предприятиях, в СССР исчезают благодаря осуществлению мер по оздоровлению условий труда.

6.1. ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ

6.1.1. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА

В человеческом организме непрерывно протекает ряд реакций, сопровождающихся выделением теплоты. Приблизительно величина теплообразования в зависимости от физического напряжения характеризуется следующими данными, ккал/мин .

Состояние покоя	1,5
Легкая работа	2,5
Работа средней тяжести	3,5—4,5
Тяжелая работа	5,5—7,0
Очень тяжелая работа	8,0—10,0

Образующаяся в организме теплота подводится к наружному кожному покрову благодаря теплопроводности тканей организма и конвекции с потоком крови. Так как теплопроводность тканей организма мала, то основную роль играет конвективная теплопередача с потоком крови.

Организм отдает теплоту во внешнюю среду различными путями: теплопроводностью и конвекцией (в нормальных условиях примерно 30% всей теплоотдачи), излучением (около 45% всей теплоотдачи), испарением пота (около 20%); примерно 5% теплоты отдается с внутренней поверхности дыхательных путей.

Суммарный поток теплоты зависит от эффективной внешней поверхности тела, т. е. от площади, через которую отдается теплота. Эффективная внешняя поверхность тела существенно зависит от положения тела и составляет 50—80% геометрической внешней поверхности; обычно она принимается равной $1,8 \text{ м}^2$.

Удерживаемый на внешней поверхности пограничный слой воздуха препятствует отдаче теплоты конвекцией и теплопроводностью. При неподвижном воздухе толщина пограничного слоя 4—8 мм, причем на выпуклых местах внешней поверхности тела она меньше; при увеличении атмосферного давления толщина пограничного слоя уменьшается; в подвижном воздухе толщина пограничного слоя сильно уменьшается и при скорости движения воздуха 2 м/сек составляет менее 1 мм.

В нормальных условиях величина теплоотдачи равна теплообразованию, благодаря чему температура тела сохраняется на уровне $36,5\text{—}37^\circ \text{C}$.

Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению. Это свойство теплорегуляции характеризует способность организма путем изменения теплообразования и теплоотдачи приспосабливаться к окружающим условиям, сохраняя постоянную температуру тела.

Однако возможности механизма теплорегуляции ограничены определенными пределами; вследствие чего могут создаваться условия, когда тепловое равновесие будет нарушено. Если теплоотдача окажется меньше теплообразования, будет происходить накопление тепла в организме и перегрев его; при превышении теплоотдачи над теплообразованием возникает переохлаждение организма. И перегрев, и переохлаждение могут явиться причиной заболеваний.

Свойство терморегуляции организма сказывается в том, что по мере уменьшения теплоотдачи конвекцией и излучением возрастает теплоотдача испарением выделяемого организмом пота, которая может достичь даже 100% всей теплоотдачи (рис. 6.1).

Когда регулирование теплоотдачи происходит главным образом за счет испарения пота, терморегуляция значительно ухудшается, особенно если отделение пота превысит 2—2,5 г/мин.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей (до 1%; в том числе 0,4—0,6% поваренной соли). При неблагоприятных условиях потеря жидкости организмом может достичь 8—10 л за смену (и в ней до 60 г поваренной соли). Обеднение организма водой вызывает сгущение крови и нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, питания тканей и органов. Питье пресной воды только усиливает потоотделение, так как потеря соли лишает кровь способности удерживать воду и приводит к быстрому выведению из организма выпитой жидкости. Восполнение дефицита хлоридов возможно только их возмещением организму.

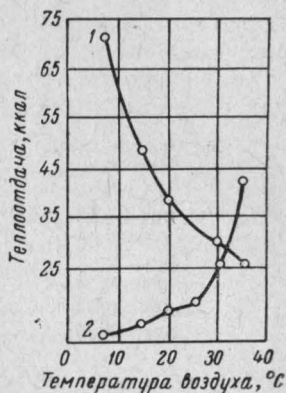


Рис. 6.1. Зависимость теплоотдачи организма от температуры воздуха:

1 — излучением и конвекцией;
2 — испарением пота

6.1.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ

В горячих цехах создаются потоки тепловых излучений главным образом инфракрасных лучей с длиной волны до 10 мк. Источники их следующие:

	Температура поверхности °C	Длина волны мк
Наружные поверхности печей	До 500	3,7—9,3
Внутренние поверхности печей, нагретый металл и др.	До 1200	1,9—3,7
Расплавленные металлы, пламя	До 1800	1,4—1,9
Пламя дуговых печей, сварочных аппаратов	Более 2000	0,8—1,2

При поглощении этих лучей телом возникает теплота. Тепловой эффект воздействия облучения зависит от длины волны, интенсивности потока излучений, величины облучаемой поверхности, облучаемого участка организма, длительности облучения и прерывности его, угла падения лучей, одежды.

Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи видимого спектра и короткие инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мк, глубоко проникающие в ткани и мало поглощаемые поверхностью кожи. Наибольший нагрев поверхности кожи вызывают лучи с длиной волны около 3 мк. Это свидетельствует о необходимости защиты не только от высокотемпературных, но и от низкотемпературных излучателей.

Зависимость теплового ощущения от энергии облучения и длительности воздействия характеризуется следующим образом:

Энергия облучения, ккал/м ² ·ч	Характер воздействия	Переносимо при непрерывном облучении
240—480	Слабое	Неопределенно долго
480—900	Умеренное	3—5 мин
900—1380	Среднее	40—60 сек
1380—1800	Значительное	20—30 сек
1800—2400	Высокое	12—24 сек
2400—3000	Сильное	8—10 сек
Более 3000	Очень сильное	2—5 сек

От величины облучаемой поверхности зависит общее количество теплоты, поглощенной телом. Чем больше величина облучаемой поверхности и чем ближе облучаемый участок организма к наиболее важным жизненным органам, тем тяжелее эффект воздействия.

В производственных условиях облучение переносится открытой кожей несколько легче вследствие прерывности воздействия облучения, некоторого привыкания к этому воздействию и др. Однако нередко интенсивность облучения в горячих цехах намного превышает переносимую организмом. Так, облучение на расстоянии 1 м от источника достигает у мартеновских печей (при открытых заслонках) 10000 ккал/м²·ч, при горячих ремонтах — 12000 ккал/м²·ч, при разливке чугуна 10000 ккал/м²·ч, от слитков металла 2400—3000 ккал/м²·ч, при установке стопора в ковш 9000 ккал/м²·ч и т. д.

Интенсивность облучения приблизительно равна

$$\rho = \frac{0,78F \left[\left(\frac{T_{\text{и}}}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l_{\text{и}}^2} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \quad (6.1)$$

$$\text{или} \quad \rho = \frac{0,78 \sqrt{F} \left[\left(\frac{T_{\text{и}}}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l_{\text{и}}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (6.2)$$

где ρ — интенсивность облучения, ккал/м²·ч;
 F — площадь излучающей поверхности, м²;
 $T_{\text{и}}$ — температура излучающей поверхности, °К;
 $l_{\text{и}}$ — расстояние от центра излучающей поверхности, м.

При этом формула [6.1] служит для определения интенсивности облучения при $I_{\text{и}} \geq F$, а формула (6.2) — при $I_{\text{и}} \leq F^*$.

Интенсивность облучения может быть определена также по методу, предложенному С. А. Ключиным. Зная температуру источника, по графику (рис. 6.2) определяют интенсивность облучения на расстоянии, равном стороне излучающего квадрата,

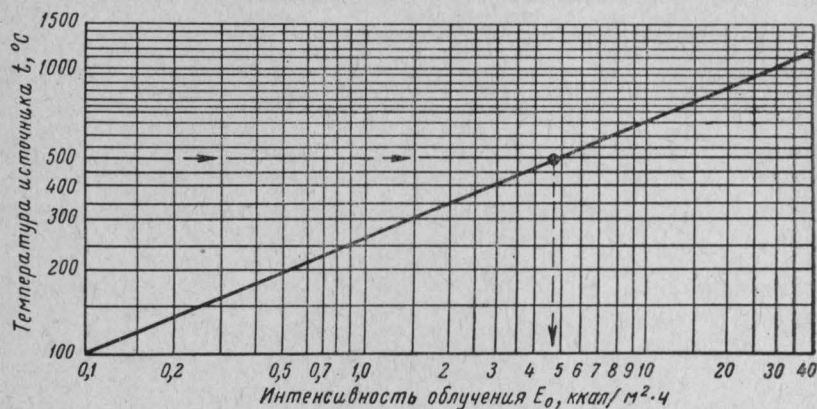


Рис. 6.2. График С. А. Ключина

и затем полученное значение умножают на величины двух поправок: 1) поправка на расстояние: если расстояние до облучаемого места x меньше стороны излучающего квадрата a , поправка равна $\frac{a}{x}$, а если $x > a$, поправка равна $\left(\frac{a}{x}\right)^2$; 2) поправка на свойства материалов; поправочный коэффициент равен степени черноты материала.

Если место облучения смещено от перпендикуляра к центру излучающей поверхности, необходимо полученную величину интенсивности облучения умножить на косинус угла смещения.

6.1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА БЛАГОПРИЯТНОГО МИКРОКЛИМАТА

Благодаря большой гибкости механизма терморегуляции организм человека способен приспосабливаться к колебаниям физических условий воздушной среды и сохранять тепловое равновесие. Однако терморегуляция организма не безгранична и существуют определенные пределы акклиматизации в том или ином микроклимате.

* По абсолютным значениям.

**НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИ
Помещения, характеризующиеся значительными**

Категория работы	Холодный и переходный периоды года (температура наружного воздуха ниже +10° С)						
	на постоянных рабочих местах						допускаемая темпе- ратура воздуха вне рабочих мест, °С
	оптимальные			допускаемые			
	температура воздуха, С	относитель- ная влаж- ность возду- ха, %	скорость дви- жения возду- ха, м/сек	температура воздуха, °С	относитель- ная влаж- ность возду- ха, %	скорость дви- жения возду- ха, м/сек	
Легкая	18—21	60—40	Не более 0,2	17—24	Не более 75	Не более 0,5	15—26
Средней тяжести	16—18	60—40	Не более 0,3	17—22	Не более 75	Не более 0,5	15—24
	14—16	60—40	Не более 0,3	14—17	Не более 75	Не более 0,5	12—19

Уровень теплопродукции зависит от физической нагрузки организма, уровень теплоотдачи — от метеорологических условий окружающей воздушной среды.

Отдача тепла конвекцией будет тем больше, чем ниже температура окружающего воздуха и скорость движения его; при высокой температуре окружающей среды (более 36,5°С) происходит не отдача теплоты конвекцией, а, наоборот, нагрев тела.

Отдача тепла излучением тем больше, чем ниже температура окружающих поверхностей; если температура окружающих поверхностей выше температуры тела (или, вернее, наружного слоя одежды), происходит не отдача теплоты излучением, а нагрев тела.

Теплоотдача испарением пота зависит от скорости движения воздуха и так называемого физиологического дефицита насыщения¹, который зависит от относительной влажности воздуха.

¹ Физиологический дефицит насыщения — разница между максимальной влажностью при 37°С и абсолютной измеренной влажностью.

Таблица 6.1

УСЛОВИЯ ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ (ИЗВЛЕЧЕНИЕ)
избытками явного тепла (более 20 ккал/м³·ч)

Теплый период года (температура наружного воздуха +10° С и выше)						
на постоянных рабочих местах						допускаемая температура воздуха вне рабочих мест °С
оптимальные			допускаемые			
температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха, %	скорость движения воздуха, м/сек	температура воздуха °С	относительная влажность %	скорость движения воздуха, м/сек	
22—25	60—40	Не более 0,3	Не более чем на 5° С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28° С	При 28° С не более 55. При 26° С не более 60. При 24° С не более 65. Ниже 24° С не более 75	Не более 0,7	
20—23	60—40	Не более 0,3	То же	То же	0,7—1	То же
17—20	60—40	Не более 0,3	» »	» »	1—1,5, но не менее 0,5	» »

При неблагоприятных условиях воздушной среды выделяемый организмом пот не испаряется, а стекает каплями — возникает «проливное» потение, изнуряющее организм.

Таким образом, микроклимат оказывает решающее влияние на отдачу тепла организмом, а значит и на тепловое состояние его.

В наиболее благоприятных («комфортных») условиях воздушной среды организм легко поддерживает тепловой баланс при нормальной температуре тела. Но условия комфортные, например для легкой работы при сравнительно небольшой теплопродукции организма, могут оказаться неблагоприятными для тяжелой физической работы с большим уровнем теплопродукции.

Таким образом, для различных работ комфортный микроклимат различен.

В условиях горячих цехов в характеристику микроклимата входят не только температура, скорость движения и влажность воздуха, но и тепловое излучение окружающих поверхностей.

6.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА

Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН 245—63 установлены гигиенические нормативы для метеорологических условий производственных помещений (табл. 6.1).

Оптимальные и допустимые температуры, относительную влажность и скорость движения воздуха на постоянных рабочих местах и допускаемую температуру воздуха вне рабочих мест нормируют в зависимости от времени года (холодного и переходного периода, когда температура наружного воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$, и теплого периода, когда температура наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше), характеристики производственных помещений (с незначительными избытками явного тепла и со значительными избытками) и категории работы (легкой, средней тяжести или тяжелой).

В производственных помещениях с площадью пола на одного работающего более 100 м^2 установленные нормы температуры, влажности и скорости движения воздуха допускается обеспечивать только на постоянных рабочих местах.

При интенсивности теплового облучения более $300\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$ на рабочем месте устанавливают воздушные души. Температуру и скорость движения воздуха при воздушном душировании нормируют по СН 245—63 в зависимости от периода года, категории работы и интенсивности теплового облучения (до $600\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$, $600\text{—}1200\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$, $1200\text{—}1800\text{ ккал/м}^2\cdot\text{ч}$).

График проведения работ, связанных с усиленными выделениями теплоты, должен быть построен с расчетом разделения во времени горячих операций (выпуска металла и шлака, разлива металла, заправки печей и др.); совпадение этих операций во времени приводит к утяжелению условий работы. Указанные операции должны проводиться как можно быстрее.

Планово-предупредительный ремонт тепловых агрегатов следует производить своевременно, уделяя особое внимание тепловой изоляции и устранению прогаров.

Работа в тяжелых температурных условиях требует перерывов и подсмен для отдыха и снятия перегрузки организма. Длительность перерывов зависит от условий работы.

Во время перерывов и пауз в работе необходим отдых в соответствующих метеорологических условиях, что облегчает восстановление равновесия организма.

6.3. УСТРОЙСТВО ЦЕХОВ

6.3.1. ПЛАНИРОВКА ЗДАНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

Расположение зданий горячих цехов на площадке предприятия должно быть таким, чтобы обеспечивались наилучшие условия для вентиляции. Горячие цехи по возможности размещаются в одно- или двухпролетных зданиях. При наличии более двух пролетов необходимо, чтобы горячие пролеты чередовались с холодными.

Внутренние дворы между зданиями. П- и Ш-образной формы располагают параллельно под углом от 0 до 45° к направлению господствующих ветров, причем открытая часть двора должна быть обращена на наветренную сторону господствующих ветров.

При ориентировке зданий горячих цехов учитывают направление ветров; продольная ось фонаря должна составлять с направлением господствующего летнего ветра угол $90-60^\circ$; это необходимо для нормальной работы фонаря. Следует ориентировать здание в отношении стран света так, чтобы нагрев солнечными лучами через окна и проемы был наименьшим.

По периметру зданий горячих цехов не должно быть пристроек, мешающих поступлению в здание свежего воздуха. Однако СН 245—63 допускают пристройки протяженностью не более 40% общей протяженности наружных стен данного помещения.

Необходимо, чтобы пространство вокруг здания хорошо вентилировалось и воздух не был загрязнен во избежание попадания этих загрязнений в помещение цеха.

Для остывающих материалов и оборудования (металла, шлака, ковшей) предусматривают охлаждающие помещения (навесы, галереи, туннели). Нельзя допускать размещения остывающих материалов на путях притока свежего воздуха.

Тепловые агрегаты размещают на таком расстоянии один от другого, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались.

Основные источники тепла располагают под фонарем соответствующей ширины.

6.3.2. ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Большие количества теплоты, выделяющиеся при проведении технологических процессов в основных металлургических цехах, требуют значительного воздухообмена, особенно в летнее время. Так, например, в мартеновских цехах для создания нужных метеорологических условий приходится вводить в здания до 100 т

воздуха на 1 т выплавляемой стали. В современные металлургические цехи летом подают десятки тысяч тонн воздуха в час.

Перемещение таких больших объемов воздуха средствами механической вентиляции потребовало бы больших капитальных и эксплуатационных затрат и значительных расходов электрической энергии. Для создания нормальных метеорологических условий используют естественный воздухообмен, создаваемый аэрацией.

Эффективность аэрации зависит от правильности расчета ее, устройства аэрационных проемов, а также от строительно-архитектурного оформления здания (высоты и формы здания, профиля крыши) и его расположения.

Необходимый воздухообмен определяют расчетом по формуле

$$G = \frac{Q_{\text{я}}}{c(t_{\text{yx}} - t_{\text{н}})} \text{ кг/ч}, \quad (6.3)$$

где $Q_{\text{я}}$ — явная теплота в здании, ккал/ч;

c — весовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении, ккал/кг·град;

t_{yx} — температура уходящего воздуха, °С;

$t_{\text{н}}$ — температура поступающего наружного воздуха, °С.

$Q_{\text{я}}$ определяют из теплового баланса здания как разницу между приходом и расходом теплоты.

Приход теплоты складывается из тепловыделений: от производственных агрегатов, остывающих в цехе металла и шлака, перехода электрической энергии в тепловую, инсоляции (нагрева солнечными лучами), работающих в цехе людей.

Расход теплоты складывается из потерь ее через наружные ограждения здания, затрат теплоты на нагрев поступающих в здания материалов и транспорта до температуры цеха, нагрев наружного воздуха, удаляемого местными отсосами, испарение влаги воздуха.

Температура уходящего воздуха зависит от количества явного тепла, воздухообмена, высоты цеха и др.

Температуру уходящего воздуха можно определить из формулы

$$m = \frac{t_{\text{р.з}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{yx}} - t_{\text{н}}}, \quad (6.4)$$

где $t_{\text{р.з}}$ — температура рабочей зоны (по нормам СН 245—63), °С.

Коэффициент m принимают для разных участков сталеплавильных цехов от 0,3 до 0,7, прокатных цехов 0,5, литейных цехов 0,25—0,45, доменных цехов 0,45, термических цехов 0,45 и т. д.

По расчетному воздухообмену определяют необходимую площадь вентиляционных (приточных и вытяжных) отверстий.

Расчет аэрационных площадей производят исходя из учета действия только теплового давления (ветровое давление при расчете не учитывают) по формулам:

$$F_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{пр}}}{3600 \sqrt{\frac{2g\gamma_n H_{\text{пр}}}{\xi_{\text{пр}}}}} \text{ м}^2, \quad (6.5)$$

$$F_{\text{выт}} = \frac{G_{\text{выт}}}{3600 \sqrt{\frac{2g\gamma_y H_{\text{выт}}}{\xi_{\text{выт}}}}} \text{ м}^2, \quad (6.6)$$

где $F_{\text{пр}}$ и $F_{\text{выт}}$ — площади приточных и вытяжных аэрационных проемов, м^2 ;

$G_{\text{пр}}$ и $G_{\text{выт}}$ — количества воздуха, проходящего через приточные и вытяжные проемы, кг/ч ;

g — ускорение силы тяжести, $9,81 \text{ м/сек}^2$;

γ_n и γ_y — удельные веса наружного и удаляемого воздуха, кг/м^3 ;

$H_{\text{пр}}$ и $H_{\text{выт}}$ — потери давления при проходе воздуха соответственно через приточные или вытяжные проемы, мм вод. ст. ;

$\xi_{\text{пр}}$ и $\xi_{\text{выт}}$ — коэффициенты местных сопротивлений приточных и вытяжных отверстий.

В зимнее время тепловой напор значительно больше, чем летом, и поэтому аэрационные проемы, рассчитанные на летний период года, зимой прикрывают. Вот почему важны соответствующее размещение зимних и летних проемов и наличие возможности изменять их живое сечение для регулирования объемов перемещаемого воздуха.

Приточные проемы предпочтительно размещать в местах наибольшего тепловыделения и постоянного пребывания работающих. Если приточный воздух поступает через проемы, расположенные намного выше рабочей зоны помещения, то необходимый объем воздуха окажется значительно большим по сравнению с расчетной величиной, а так как при этом снижается располагаемый напор, то площадь аэрационного фонаря следует увеличить в несколько раз.

Для аэрации могут быть использованы и световые фонари, если их оборудовать открывающимися створками. Но через открытые отверстия с наветренной стороны фонарей будет проходить наружный воздух; при этом произойдет опрокидывание вниз поднимающихся потоков воздуха и ухудшение метеорологических условий в рабочей зоне. Поэтому в таких фонарях при-

ходится регулировать открывание створок в зависимости от изменения направления ветра, что не только не удобно, но и уменьшает площадь вытяжных отверстий.

Поэтому фонари оборудуют ветроотбойными щитами, значительно улучшающими их работу на вытяжку. Наиболее надежным средством предупреждения задувания является использование незадуваемых фонарей, т. е. таких вытяжных фонарей, через горловину которых воздух из помещений выходит, а поступление его снаружи исключено (рис. 6.3).

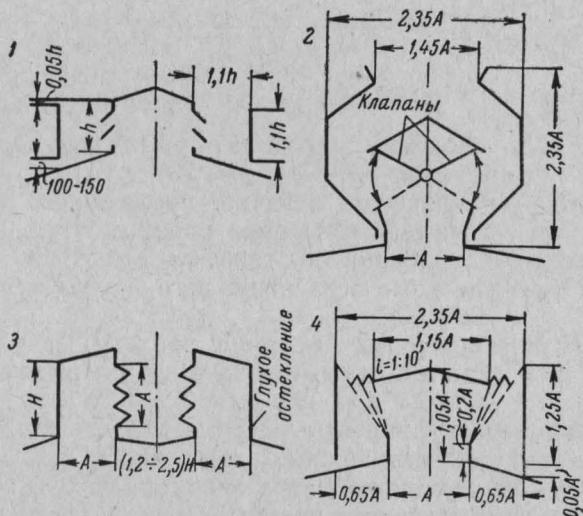


Рис. 6.3 Аэрационные фонари:

1 — П-образный с ветроотбойными щитами; 2 — Гипроме-за; 3 — КТИС; 4 — Ленпромстройпроекта

В горячих цехах не следует допускать «сквозного» проветривания, когда наружный воздух, поступающий через наветренные нижние створки, проносится по низу цеха, нагревается, сдувает вредные газы и пыль и выходит не вверх, а через нижние проемы подветренной стороны. Поэтому необходимо увеличивать площади отверстий с подветренной стороны, чтобы они работали не на вытяжку, а на приток.

В многопролетных зданиях возможно перетекание перегретого воздуха из горячих пролетов в холодные (или менее горячие). Чтобы избежать этого, следует на границе пролетов при равной высоте их установить спускающуюся сверху легкую перегородку, перекрывающую проем на треть или половину высоты.

Для хорошего проветривания межфонарных пространств и устранения скопления и застоя выходящего из фонарей отрабо-

танного воздуха отношение глубины межфонарного пространства к его ширине должно быть не менее 1:3.

Конструктивное оформление вытяжного фонаря должно предотвращать попадание атмосферных осадков в помещение через вытяжные проемы, обеспечивать легкую уборку снега и надежный отвод талой и дождевой воды с крыши здания.

6.3.3. МЕСТНАЯ ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

В горячих цехах широкое распространение получило использование местной приточной (обдувающей) вентиляции для создания потока воздуха, направленного на рабочее место. Такой поток воздуха имеет заданные параметры (температуры, скорости движения воздуха, а иногда и влажности), так что на рабочем месте создаются условия воздушной среды, отличные от окружающей атмосферы и соответствующие благоприятному микроклимату. Таким образом облегчается теплорегуляция организма и улучшается самочувствие работающего.

Воздействие обдувания заключается в усилении теплотдачи конвекцией и испарением пота.

На фиксированных рабочих местах (в кабинах кранов, возле пультов управления) рекомендуется подавать воздух через воздухораспределители над головой оператора — при «ниспадающем потоке» достигается наилучший эффект обдувания.

Ленинградский институт охраны труда и Ленинградский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний разработали дифференцированные параметры воздуха на местах работы и отдыха рабочих основных профессий горячих цехов (приложение 4).

При некоторых работах в горячих цехах (где сохранились ручные операции с большим физическим напряжением или где интенсивность излучения велика) нужна высокая скорость обдувающего воздуха — примерно 5 м/сек. Большая, чем 5 м/сек, скорость движения воздуха недопустима, так как она вызывает неприятные ощущения (ухудшение общего состояния, шум в ушах и др.).

Ширина душирующей струи на рабочем месте 1—1,2 м (кроме случаев, когда рабочие площадки велики).

Охлаждающее действие обдувающего воздуха сказывается прежде всего на открытых участках тела; кроме того, охлаждается поверхность одежды и усиливается воздухообмен под одежного слоя.

Наибольший эффект охлаждения достигается при обдувании облучаемого участка тела.

Структура струи также влияет на эффективность обдувания. «Закрученный» поток (например, создаваемый осевым вентиля-

тором) более эффективен, чем «раскрученный» поток или поток, создаваемый цилиндрическим насадком.

Следует избегать направления струи обдувающего воздуха от печи к рабочему месту, так как при этом может происходить задувание горячего воздуха и газов на работающего.

Установки местной приточной вентиляции получили название воздушных душей.

По особенностям конструкции воздушные души можно разделить на стационарные и передвижные.

Стационарные воздушные души представляют собой общий воздухопровод с приточными (душирующими) насадками, направляющими струю воздуха на рабочие места; насадки позволяют изменять угол наклона воздушной струи по вертикали (для регулирования параметров воздуха на рабочих участках).

Изменение угла наклона приточных струй по вертикали достигается поворотом насадка (приточные круглые поворотные насадки) или поворотом направляющих лопаток в насадках (приточные прямоугольные насадки с поворотными направляющими лопатками).

Установки воздушных душей устраивают с забором наружного воздуха либо с полной или частичной рециркуляцией воздуха помещения.

Распространенные конструкции насадок — патрубок Батурина, лопатки Прандтля и др.

Высоту расположения приточного насадка, угол наклона струи, горизонтальное расстояние от него до начала обслуживаемого участка и другие параметры установки определяют расчетным путем.

Установка стационарных воздушных душей может оказаться затруднительной из-за громоздкости системы воздухопроводов, необходимости их теплоизоляции, большого расхода энергии на подачу воздуха, недостаточной эффективности при большой ширине рабочих площадок (так как воздухопровод, чтобы не мешать работе кранов, должен быть размещен на большом удалении от печей) и др.

Передвижные установки воздушных душей состоят из вентилятора, двигателя к нему и различных добавочных приспособлений (подставки, ограждения вентилятора и др.). Они являются передвижными по своей конструкции, но их используют очень часто как стационарные.

Передвижные установки могут быть разделены на установки, использующие наружный воздух, и установки, использующие внутренний воздух помещений.

Установки, использующие наружный воздух, также различны. Установки местного притока подают приточный воздух в объеме до $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на отдельные рабочие места или ограниченные ра-

бочие площадки. Установки сосредоточенной подачи направляют большие объемы воздуха — до $40\,000\text{ м}^3/\text{ч}$ и больше — на рабочий участок, на котором находится несколько человек.

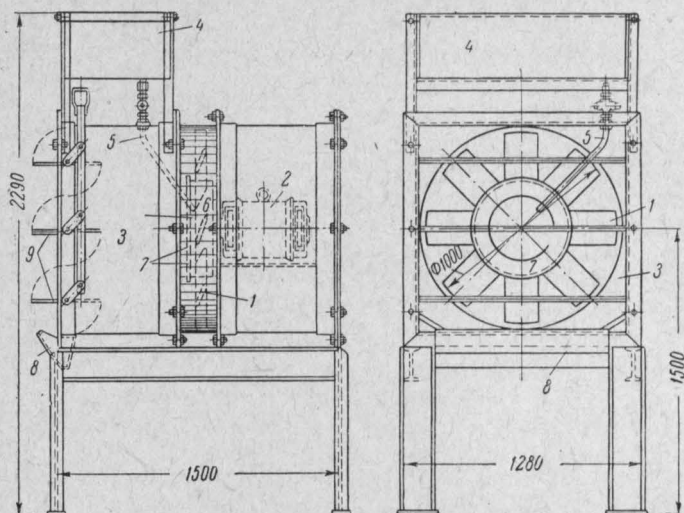


Рис. 6.4. Воздушный душ МИОТ:

1 — вентилятор; 2 — электродвигатель; 3 — стальной кожух; 4 — водяной бачок; 5 — сливная трубка; 6 — диск втулки вентилятора; 7 — наружный кольцевой диск; 8 — корытце; 9 — жалюзи

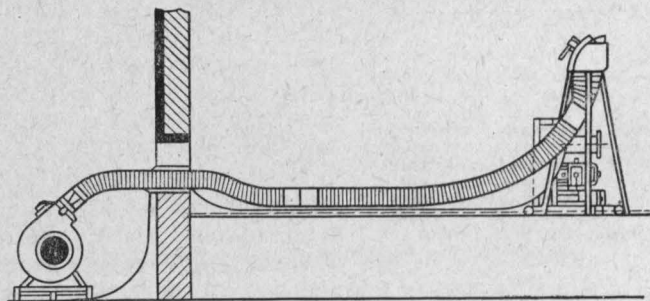


Рис. 6.5. Душ ЛИОТ

Эти воздушные души устанавливают в окнах, стенных проемах или на специальных подставках возможно ближе к открытым проемам.

Установка воздушного душа оценивается прежде всего по характеристике создаваемого ею факела обдувающего воздуха — его дальности и скорости движения воздуха.

Установки, использующие внутренний воздух помещений, получили большое распространение в горячих цехах. Они имеют самое разнообразное конструктивное оформление.

При использовании для обдувания воздуха того же помещения температура в струе практически остается неизменной. В этом случае следует создавать сильно турбулизированные струи.

Эффект обдувания достигается за счет движения воздуха, что допустимо при сравнительно невысокой температуре его. При температуре в помещении выше 28°C и интенсивности облучения более $210 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$, необходимо охлаждение воздуха, которое в переносных душах обычно достигается введением в воздушную струю тем или иным способом распыленной воды.

Благодаря испарению воды происходит снижение температуры обдувающего воздуха. Неиспарившиеся капельки воды, попадая на одежду работающих, испаряются и снижают ее температуру.

В водо-воздушных душах МИОТ (рис. 6.4) вода из бачка по сливной трубке подается на диск втулки вентилятора и, будучи отжатай центробежной силой на плоскость диска, растекаясь, попадает в фитиль, которым выложены внутренние стенки цилиндрического корытца, прикрепленного к втулке осевого вентилятора. Отсюда через узкую

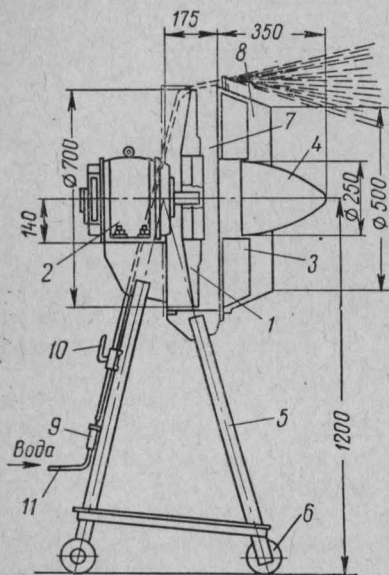


Рис. 6.6. Душ СИОТ:

- 1 — осевой вентилятор (восемь лопаток типа ЦАГИ); 2 — электродвигатель; 3 — лопатки (для выравнивания воздушного потока); 4 — обтекатель параболической формы; 5 — металлическая конструкция; 6 — колеса; 7 — обечайка; 8 — ограждающая съемная сетка; 9 — фильтр; 10 — кран; 11 — водоподводящие трубки

(0,1—0,5 мм) щель между наружным кольцевым диском и краем цилиндрической коробки мелкие капельки воды выбрасываются и уносятся воздушным потоком.

В водо-воздушном душе Ленинградского института охраны труда (рис. 6.5) осуществлен метод «водяной защиты» обдувающего воздушного факела путем создания на его периферии завесы из мелкораспыленной воды, подаваемой форсунками. Эта завеса препятствует подмешиванию к обдувающему воздуху горячего окружающего воздуха и экранирует находящегося в этом воздушном факеле рабочего от лучистого потока. Эта конструк-

ция воздушного душа нашла применение при проведении ремонтных работ внутри горячих агрегатов.

Сходный принцип применен в водо-воздушном душе СИОТ-3 конструкции Свердловского института охраны труда (рис. 6.6).

Свердловским институтом охраны труда разработан и ряд других конструкций воздушных душей (приложение 5).

Для создания нормальных условий воздушной среды на рабочих местах устраивают также воздушные оазисы: часть помещения отделяется перегородками высотой 1,5—2 м и сюда подается холодный и чистый воздух, который будучи тяжелее окружающего нагретого воздуха, заполняет огороженную площадку.

6.3.4. ВОДОРАСПЫЛЕНИЕ

Высокодисперсное распыление применяют для увлажнения и охлаждения воздуха на рабочих местах, а также для увлажнения одежды и открытых частей тела работающих при значительном тепловом облучении.

Водораспыление приточного воздуха способствует повышению эффективности аэрации. Оно помогает также осаждению взвешенной в воздухе пыли.

Водораспыление может быть использовано и для создания водяных завес у мест расположения расплавленного и нагретого металла и других источников теплоизлучений.

Для распыления используется вода питьевого качества.

Распыление воды применяется при температуре окружающего воздуха не менее 28°С, а при интенсивном тепловом облучении — не менее 18°С.

Дисперсность капелек воды — в пределах 50—60 мк. Количество воды выбирается с таким расчетом, чтобы она испарялась, а влажность воздуха не превосходила 13—14 г/м³.

Для водораспыления используют пневматические форсунки, гидравлические и механические водораспылители.

6.3.5. УСТАНОВКИ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА

В основных цехах металлургических заводов на каждого рабочего приходится сотни метров производственной площади. Создать благоприятные микроклиматические условия на таких больших площадях затруднительно. Однако на фиксированных рабочих местах, в ограниченных зонах преимущественного пребывания работающих, а также в кабинах пультов управления и кранов вполне возможно создание нормальных метеорологических условий, для чего используют установки искусственного климата. Эти установки имеют устройства для охлаждения или подогрева воздуха, увлажнения его, очистки от пыли; некоторые установки

снабжены приспособлениями для автоматического регулирования их действия.

В установке ВНИИОТ (рис. 6.7) для охлаждения воздуха используется испарение рециркулирующей воды. Воздух под давлением вдувается в установку и проходит орошаемый слой фарфоровых колец, где увлажняется, а затем сухой слой колец,

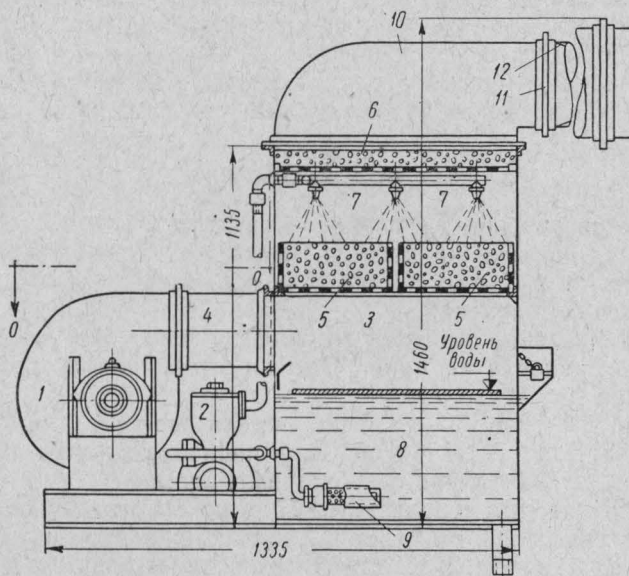


Рис. 6.7. Установка ВНИИОТ:

1 — центробежный вентилятор; 2 — центробежный насос; 3 — камера охлаждения воздуха; 4 — патрубок; 5 и 6 — слои фарфоровых колец; 7 — распылительные форсунки для орошения слоя 5; 8 — бак для стока неиспарившейся воды; 9 — сетчатый фильтр для очистки воды, всасываемой в насос 2; 10 — патрубок; 11 — прямоугольное отверстие патрубка; 12 — круглое сечение для выпуска охлажденного воздуха

который служит каплеуловителем. Скорость обдувающего воздуха зависит от давления вентилятора, а температура и влажность выходящего из установки воздуха — от высоты слоя колец (которую можно регулировать).

В крановых кондиционерах ЦКБ холодильного машиностроения (рис. 6.8) имеется вентиляционное оборудование для циркуляции воздуха, охлаждение которого осуществляется холодильной машиной.

На разливочных кранах для разведения слитков кондиционеры обычно располагают в специальных кабинах или на открытых площадках под кабиной машиниста.

Задача создания необходимых метеорологических условий на всех рабочих площадках и местах в горячих цехах современного металлургического завода может быть успешно решена путем использования искусственно вырабатываемого холода.

Затраты на производство холода могут быть значительно снижены при использовании отбросного тепла, которое в настоящее время на металлургических заводах почти не используют.

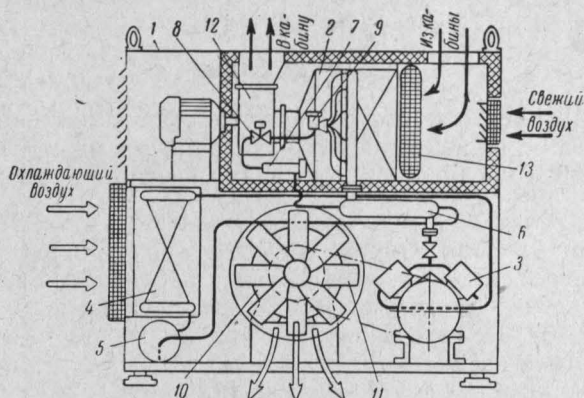


Рис. 6.8. Кондиционер ЦКБХМ:

1 — металлический шкаф; 2 — воздухоохладитель, в трубах которого находится холодильный агент; 3 — компрессор для сжатия паров холодильного агента и нагнетания их в конденсатор; 4 — конденсатор, охлаждаемый потоком наружного воздуха; 5 — раствор, в который стекает жидкий агент, поступающий затем в теплообменник; 6 — теплообменник для охлаждения и передачи теплоты холодным парам, идущим из воздухоохладителя к компрессору; 7 — фильтр, через который проходит холодильный агент после теплообменника; 8 и 9 — соленоидный и терморегулирующий вентили, через которые холодильный агент после фильтра поступает в трубы воздухоохладителя; 10 — электродвигатель компрессора; 11 — вентилятор, просасывающий воздух для охлаждения конденсатора; 12 — вентилятор для прососа воздуха через фильтр, воздухоохладитель и подачи затем в кабину; 13 — масляный сетчатый фильтр.

Между тем максимальные избытки вторичных энергоносителей образуются как раз в теплое время года. К этим энергоносителям относятся пар от испарительного охлаждения печей, отборный пар от теплофикационных турбин заводских ТЭЦ и др.

На металлургических заводах есть и производственные потребители холода (для термической обработки металлов холодом, охлаждения электрических двигателей и др.).

Гипрометом разработана и внедряется схема холодоснабжения металлургического завода.

Наличие холода позволит также широко использовать радиационное охлаждение для различных мест пребывания работаю-

щих. Институтом гигиены труда и профзаболеваний Академии медицинских наук СССР предложено применение экранов с пониженной температурой стенок (от 0 до 14°С) для профилактики перегревания в горячих цехах; улучшение самочувствия работающих происходит благодаря усилению теплоотдачи излучением. Охлаждение стенок экрана достигается помещением в них змеевиков, в которых циркулирует испаряющийся аммиак или охлажденная вода, подаваемые с холодильных установок.

6.3.6. МЕСТА ОТДЫХА

В горячих цехах обязательно устраивают места отдыха для работающих. Их размещают вблизи рабочих мест и защищают от воздействия вредных для организма факторов рабочей среды;

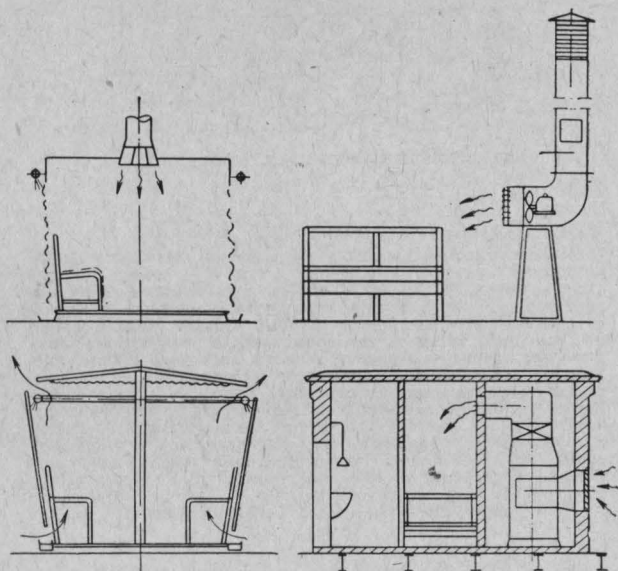


Рис. 6.9. Кабины отдыха

желательно, чтобы с места отдыха было видно рабочее место.

На местах отдыха устанавливают скамьи с опорами для спины и ног, воздушные души; сюда подается газированная подсолненная вода.

Разработан ряд конструкций кабин для отдыха (рис. 6.9).

В горячих цехах предусматривается также установка полу-душей для обмывания до пояса.

6.3.7. ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ

Для предотвращения сквозняков, способствующих простудным заболеваниям, входы зданий закрывают обыкновенными или шторными воротами. Целесообразно устройство воздушных или воздушно-тепловых завес, для чего в проемы дверей и ворот под углом к потоку наружного холодного воздуха подается струя подогретого (до 60°C) воздуха. Благодаря этому на большом расстоянии от входа (до 20 м) создается повышенное давление теплого воздуха, препятствующего проникновению в помещение наружного холодного воздуха.

Воздушные тепловые завесы применяют у ворот производственных помещений, открываемых чаще пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену, у технологических проемов в отапливаемых зданиях, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха -15°C и ниже (когда исключена возможность устройства шлюзов) и при любых расчетных температурах и любой продолжительности открывания ворот, если снижение температуры воздуха в помещении недопустимо по санитарно-гигиеническим или технологическим условиям.

Воздушные завесы устанавливают также в проемах между отапливаемыми и неотапливаемыми помещениями для предотвращения перетекания воздуха из помещения с выделением вредных веществ в соседнее и т. д.

6.4. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

6.4.1. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

В горячих цехах особенное значение имеет механизация трудоемких работ, так как в этих условиях тяжелый физический труд усиливает нарушения нормального теплового состояния организма.

Механизация имеет большое значение для развития производства. Без механизации было бы немыслимо достигнуть существующего уровня производства в черной металлургии. Так, при уровне производительности труда, который был в мартеновских цехах 30—35 лет назад, для обслуживания современной 500-т мартеновской печи (годовая производительность которой достигает 450 000 т) потребовалось бы 2800 рабочих. При таком многочисленном штате работать у печи было бы невозможно. Об охране труда в подобных условиях не могло бы быть и речи. При достигнутом уровне механизации штат на 500-т печи состоит из 87 человек.

В настоящее время имеются решения по механизации почти всех работ у металлургических печей, и задача заключается в их широком внедрении. Однако некоторые операции (например, вскрытие сталевыпускного отверстия мартеновских печей) остаются немеханизированными; плохо механизированы уборка шлака из шлаковниц, клеймение горячего металла и ряд других операций.

В металлургии достигнут и высокий уровень автоматизации. Так, в мартеновском производстве полностью автоматизировано управление тепловым режимом; благодаря этому исключается возможность неправильного пропорционирования топлива и воздуха и тем самым исключается опасность взрывов.

Автоматизирован также тепловой режим нагревательных печей и колодцев прокатных станов.

В доменном производстве автоматизированы машины и механизмы цикла загрузки печей.

В прокатном производстве автоматизация охватывает все основные машины и механизмы, и т. д.

Важное значение для улучшения условий труда имеет внедрение трубопроводного транспорта для жидкого металла, осуществляемое при помощи индукционных насосов. В этих насосах используется электромагнитное поле, создающее в жидком металле индукционные токи, приводящие его в движение.

Размещение миксера вблизи доменного цеха, непосредственный слив в него жидкого чугуна из доменных печей, дальнейшая транспортировка жидкого чугуна от миксера до мартеновской печи с использованием трубопроводного транспорта позволяют не только улучшить условия труда на транспорте чугуна и в мартеновских цехах, но и значительно уменьшить потери теплоты, сократить транспортный персонал, снизить капитальные и эксплуатационные затраты на транспорт жидкого чугуна.

Внедрение в практику работы большого числа разнообразных контрольно-измерительных приборов привело к улучшению условий труда и устранению ряда опасностей. Так, автоматизация перекидки клапанов не только улучшила работу мартеновских печей, но и устранила опасную операцию ручной перекидки клапанов.

Проводятся работы по изысканию необходимых импульсов для схем регулирования, которые могли бы настраивать систему автоматики таким образом, чтобы она сама выбирала оптимальные параметры ведения теплового процесса. Уже появились счетно-решающие установки, выполняющие эту задачу, и недалеко то время, когда решающие машины для управления доменными, мартеновскими и другими печами найдут широкое применение.

6.4.2. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И НАБЛЮДЕНИЕ

В горячих цехах важное значение имеют дистанционное управление и наблюдение за работой агрегатов, которые позволяют избежать пребывания работающих в опасных зонах.

Дистанционное управление получает все большее распространение, в первую очередь для управления кранами. Благодаря этому на кранах горячих цехов отпадает необходимость в кабине машиниста, который может находиться в любом месте цеха — там, где наблюдение за процессом наиболее удобно; если учесть, что оно может осуществляться посредством телевизионной установки, станет, понятно, насколько полезно применение такого дистанционного устройства при транспортировке расплавленных металлов, радиоактивных изотопов, ядовитых веществ и на различных других работах.

Так, распространенная еще в недавнем прошлом разливка стали на канавах с применением тяжелых ручных операций создавала вредные условия труда для персонала вследствие высокой температуры воздуха и интенсивных потоков лучистой энергии, загрязнения воздуха продуктами сгорания смазки изложниц и пылью огнеупорных материалов, выплесков расплавленного металла. Переход к разливке стали на тележках в значительной степени оздоровил условия труда по сравнению с разливкой на канавах.

Значительно улучшатся условия труда с внедрением установок непрерывной разливки стали.

Операцию разливки стали в большинстве случаев выполняют вручную, что отражается на качестве слитков и требует больших физических усилий.

Механизация и автоматизация разливки стали дают возможность освободиться от применения тяжелого физического труда, увеличить производительность труда и повысить качество слитков.

Механизация разливки стали сводится к дистанционному управлению стопором сталеразливочного ковша.

Используют три варианта механизации управления стопором: гидравлический, электрический и механический.

Все большее развитие получает использование телевизионных устройств для дистанционного управления и наблюдения за производственными процессами, осуществления визуальной связи между отдельными участками предприятия, исследования и контроля процессов. Телевидение позволяет распространить зрительный контроль на участки, куда проникновение работающего не только трудно и неудобно, но и опасно.

Основные трудности в применении телевидения в горячих цехах возникают из-за недостаточной освещенности передаваемых

объектов (требуется искусственная подсветка), высокой температуры, запыленности воздуха.

Телевизионные установки используют в мартеновских цехах для наблюдения за работой завалочной машины, взятием проб, при разливке стали в изложницы, заливке чугуна в печи. В телевизионных камерах, работающих в зоне мартеновских печей, необходима дополнительная установка нейтральных светофильтров, вводимых автоматически или дистанционно при появлении больших засветок.

В прокатных цехах телевизионные установки используют на главных постах станов, при загрузке нагревательных печей, при резке слэбов и т. д.

На нагревательных печах камеру устанавливают в торцовой стенке печи. От влияния высокой температуры ее защищают кожухом с водяным охлаждением и торцовым стеклом с воздушным охлаждением.

Телевизионные установки используют также для связи цехов с лабораторией и для многих других целей¹.

6.4.3. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПЕЧИ

Плавильные и нагревательные печи часто выделяют большое количество теплоты и газов в атмосферу цеха, и для соблюдения нормальных условий труда приходится осуществлять различные мероприятия. Но даже мощная вентиляция не всегда эффективно справляется с задачей удаления избыточного тепла и газов.

Многие печи имеют сравнительно невысокий термический коэффициент полезного действия и значительные потери теплоты, в том числе — в помещение цеха. Так, в 500-т мартеновской печи расход тепла на нагрев металла и шлака составляет примерно треть общего расхода теплоты (около 17 млн. ккал/ч), а потери через стенки и излучением через открытые окна составляют около 17% всего расхода теплоты в печи (несколько больше 9 млн. ккал/ч). Так как значительная часть теплоты расплавленного металла и шлака после выпуска из печи также поступает в атмосферу цеха, то общие потери теплоты в здание цеха оказываются не намного меньше, чем полезно расходуемая теплота.

В нагревательных печах потери через кладку достигают иногда 12% общего расхода теплоты, а потери излучением через открытые окна составляют 2% и больше.

С увеличением потерь тепловая работа печи ухудшается. Наблюдаемая прямая связь между отдачей теплоты ванне мартеновской печи и потерями в окружающую среду (рис. 6.10).

¹ О. Д. Бычков. Применение телевидения и кинофототехники на металлургических заводах за рубежом. Бюллетень ЦИИН ЧМ, 1963, № 12 (464).

От величины потерь теплоты через стенки печи зависят температура наружной поверхности стен печи и потери теплоты в окружающее печь пространство (рис. 6.11). Вместе с тем чем больше температура поверхности, тем интенсивнее поток излучения от нее и тем меньше длина волны излучения.

Таким образом, потери теплоты не только ухудшают экономические показатели производства, но и утяжеляют условия труда, вызывают дополнительные расходы на их улучшение, которые к тому же не всегда достигают цели.

Обычно принятая оценка экономичности работы печи является далеко не полной и недоста-

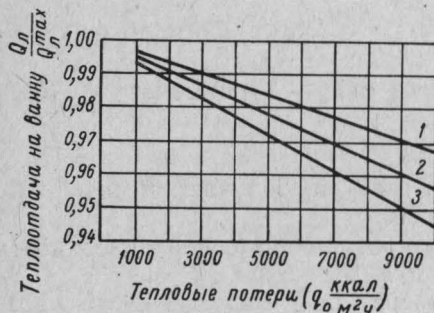


Рис. 6.10. Уменьшение теплоотдачи на ванну при увеличении тепловых потерь в окружающую среду:

1 — завалка; 2 — плавление; 3 — доводка

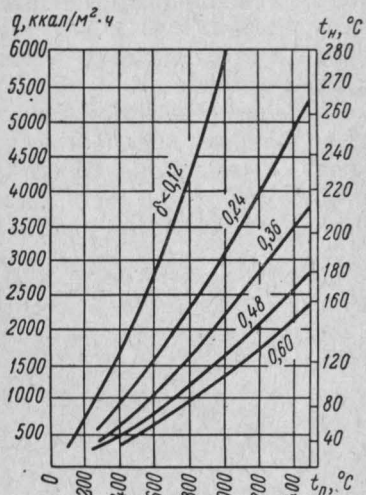


Рис. 6.11. Количество теплоты, передаваемое через стенку печи:

t — температура наружной поверхности печи; δ — толщина стенки; $t_{\text{п}}$ — температура в печи

точной, так как не учитывает дополнительных расходов на защиту работающих от избыточного тепла, а также снижения производительности труда, вызываемого утяжелением условий работы.

Улучшение конструкции и эксплуатации печи необходимо не только для оздоровления условий труда, но и для уменьшения экономических потерь и увеличения производительности.

Уменьшение тепловых потерь

Уменьшение тепловых потерь может быть достигнуто изменением конструкции печи: утолщением кладки, применением огнеупорных материалов с малой теплопроводностью, защитой наружной поверхности кладки теплоизоляционным материалом и др.

Утолщение кладки не может выходить за известные пределы, так как удорожает и утяжеляет конструкцию печи и усложняет ее обслуживание.

Для кладки печей используют обычно строительные материалы, которые поглощают теплоту, выделяемую в рабочем пространстве печи; часть поглощенной теплоты передается ограждениями печи наружу.

Теплоизоляционные материалы различаются между собой по теплопроводности (λ) и температуропроводности (a); наибольшими λ и a обладают металлы, наименьшими — легкие органические материалы.

Чем выше коэффициент теплопроводности материала кладки, тем большее количество теплоты будет отдано во внешнюю среду и тем выше будет температура наружной поверхности печи.

Потери теплоты через кладку печи определяют по формуле

$$Q_{\text{кл}} = C \left[\left(\frac{T_2}{120} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] F + \alpha (T_2 - T_3) F \text{ ккал/ч}, \quad (6.7)$$

где

T_1 — температура облучаемой поверхности °K;

T_2 — температура наружной поверхности кладки, °K;

T_3 — температура окружающего воздуха, °K;

C — коэффициент излучения (для кирпичной кладки 4,6; для металлических плит 4,0);

$\alpha = A_1 A_2 \sqrt{\frac{T_2 - T_3}{l}}$ — коэффициент конвективной теплоотдачи от стенки к воздуху (ккал/м² · ч °C), причем для вертикальных стен l — высота, а для горизонтальных — длина наименьшей стороны, м.

Здесь A_1 — коэффициент: для горизонтальных стен, обращенных вниз, 0,7; обращенных вверх 4,3; вертикальных 1;

A_2 — коэффициент, зависящий от средней температуры стенки и воздуха $\left[t_{\text{ср}} = \frac{(T_2 - 273) + (T_3 - 273)}{2} \right]$;

$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	0	50	100	200	300	500	1000
A_2	1,22	1,14	1,09	1,05	0,95	0,85	0,70

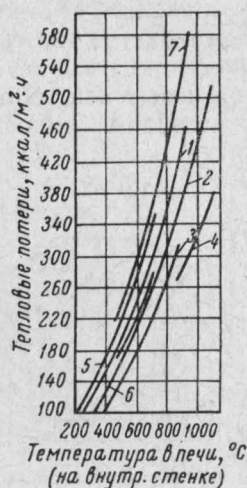
F — площадь кладки, м².

Снижение потерь через стенку печи в результате утолщения кладки обычно оказывается нецелесообразным. Наиболее употребительно применение дополнительного слоя теплоизоляции снаружи кладки.

В качестве теплоизолирующих материалов используют естественные (асбест, смолу, шлаковую вату, торф, смеси асбеста с глиной и др.) и искусственные (легковесный шамот, диатомо-

Рис. 6.12. Зависимость полных тепловых потерь 1 м² плоской стенки печи от температуры в печи и вида теплоизоляции:

1 — пеношамот 112 мм + пенодиатомит 250 мм; 2 — пеношамот 230 мм + пенодиатомит 250 мм; 3 — пеношамот 112 мм + пенодиатомит 370 мм; 4 — пеношамот 230 мм + пенодиатомит 370 мм; 5 — пенодиатомит 250 мм; 6 — пенодиатомит 370 мм; 7 — шамот 50 мм + пенодиатомит 250 мм



вые обжиговые изделия, шлаковую вату, зонолит, асбослюда, совелит, минеральную вату и др.).

Тепловые потери через стенку печи в большой степени зависят от вида теплоизоляции (рис. 6.12).

Применение материалов с малой теплопроводностью (например, легковесных огнеупоров) является достаточно эффективным, но оно не всегда возможно, так как уменьшение аккумулирующей способности кладки сказывается на устойчивости теплового режима печи. Например, в мартеновских печах высокая аккумулирующая способность кладки является полезной, так как она уменьшает снижение температуры печи, происходящее при завалке.

Эффективно использование экранирования для кладки печей. При экранировании кладки с внутренней стороны печного пространства непосредственно нагреву подвергается только экран, а колебания температуры в рабочем пространстве печи сглаживаются. Таким образом, экран является тепловым зеркалом; он аккумулирует тепло при возрастании теплового напряжения в рабочем пространстве печи.

При таком экранировании уменьшение потерь теплоты через кладку зависит только от приведенных коэффициентов излучения и не зависит от температуры.

Многократное экранирование, а также покрытие экрана и обращенной к нему поверхности кладки специальной обмазкой увеличивают эффект экранирования.

Простым способом экранирования является установка вдоль стен печи экрана-щита толщиной до 80 мм. Другой способ экранирования — установка экрана-муфеля (рис. 6.13).

Температура наружной поверхности кладки печи оказывается невысокой, если кладка не участвует в тепловой работе печи. Это достигается в безынерционных печах, в кото-

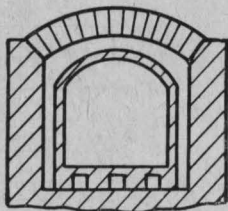


Рис. 6.13. Экран-муфель

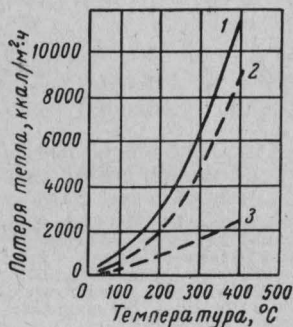


Рис. 6.14. Потери теплоты через стенку мартеновской печи:

1 — общие потери; 2 — потери излучением; 3 — потери конвекцией

рых внутрипечная температура может быстро меняться, а оболочка рабочего пространства практически не участвует в тепловой работе. В этих печах функции кладки — обеспечение в печи нужной интенсивности рабочего нагрева и уменьшение потерь тепла наружу — разделены.

В безынерционных пламенных печах для ограждения рабочего пространства используют тонкие огнеупорные экраны, омываемые с обеих сторон пламенными газами, а в электрических печах — воздухом.

Работающая по принципу отражения теплоты печь с футеровкой из пропускающего воздушно-газовую смесь пористого шамотного кирпича, обладающего высокой способностью излучения (около 0,7 в интервале температур 870—1100°С) и низкой теплопроводностью, имеет высокий термический коэффициент полезного действия: по сравнению с обычной печью экономия топлива достигает 60%. При толщине кладки 150 мм и температуре в печи около 1150°С наружная поверхность стенок печи имеет температуру 66°С.

Тепловое ограждение печи может быть создано из отходящих дымовых газов, циркулирующих в пространстве между внутренними и наружными стенками рабочей камеры. Наружные стенки печи опоясаны коробкой с двойными стенками, выполняющей роль воздухоподогревателя.

Температура наружной поверхности печи, находящаяся в прямой зависимости от теплопотерь через стенку, оказывает большое влияние на условия труда у печи.

С увеличением температуры стенки резко возрастает интенсивность теплоизлучения, так как в суммарной потере теплоты через стенки печи основную часть составляет потеря теплоты излучением (рис. 6.14).

Снижение температуры наружной поверхности печи достигается улучшением теплоизоляции и экранированием.

Печи имеют наружную обкладку из металла с высоким коэффициентом излучения поверхности (алюминия или оцинкованного железа); применение простого листового железа не рекомендуется.

Значительны потери теплоты через отверстия печей. Однако во многих случаях полной герметизации печи достичь нельзя из-за наличия окон и других рабочих отверстий.

Потеря теплоты через открытые окна равна:

$$Q_{\text{изл}} = C_0 \psi \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] F \text{ ккал/ч}, \quad (6.8)$$

где $Q_{\text{изл}}$ — потеря теплоты излучением, ккал/ч;

C_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный $4,96 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°K}^4$;

T_2 — средняя температура рабочего пространства печи, °K;

T_1 — температура окружающей среды (293°K);

F — излучающая поверхность, м^2 ;

ψ — коэффициент диафрагмирования, зависящий от формы отверстия и толщины стенки (определяется по специальным графикам; может быть принят примерно 0,65).

Для уменьшения тепловых потерь площадь окон должна быть минимально необходимой для проведения рабочих операций, а в некоторых случаях — и для наблюдения рабочего пространства печи. Большая, чем минимально необходимая, пло-

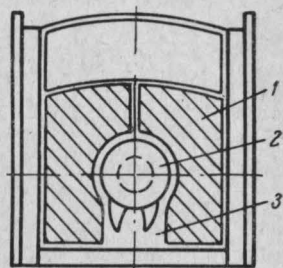


Рис. 6.15. Окно нагревательной печи:

1 — обычная площадь окна;
2 — хобот разгрузочной машины; 3 — достаточная площадь окна

щадь окна вызывает увеличение потерь теплоты и усиление теплового излучения. Выбор конфигурации и размеров окон должен основываться на анализе рабочих операций (рис. 6.15).

Необходимо обеспечить плотное прилегание крышек, закрывающих окна. «Гляделки» в окнах прикрывают створками.

Окна печей должны открываться на минимально необходимое время и закрываться по возможности автоматически.

Охлаждение печей

Большое внимание уделяется поддержанию герметичности печи во время ее эксплуатации.

Для предотвращения разрушения стали и конструктивных элементов печей используют водяное охлаждение, что дает возможность поддерживать температуру конструктивных элементов в необходимых пределах и способствует уменьшению температуры наружной поверхности печей.

Средняя температура отходящей воды принимается не выше 40—50° С, чтобы на стенках охлаждаемой детали не выпадали соли временной жесткости (бикарбонаты).

Однако вследствие неравномерности распределения температур в охлаждаемой детали температура воды может оказаться выше указанной, и произойдет местное выпадение солей; в результате на теплообменной поверхности образуется накипь. Температура стенки поднимается выше допустимого предела, что приведет к прогару охлаждаемой детали.

Поэтому к чистоте воды предъявляют определенные требования.

Конструкция охлаждаемых элементов должна быть такой, чтобы создавалась хорошая циркуляция воды и не образовывались паровые мешки, которые ухудшают теплообмен и вызывают коррозию стенок.

Широкое распространение получило испарительное охлаждение, при котором потери теплоты значительно меньше, чем при обычном водяном охлаждении.

При испарительном охлаждении металлургических печей для отвода теплоты используют скрытую теплоту парообразования, применяя для охлаждения кипящую воду, коэффициент теплопередачи которой значительно больше, чем холодной воды.

При испарении каждого килограмма воды от охлаждаемой детали отнимается более 600 ккал (539 ккал на парообразование и около 70 ккал на нагрев от 30° С до температуры кипения). При водяном охлаждении для отбора такого же количества теплоты требуется 51 кг воды.

При испарительном охлаждении детали подключены двумя трубами к баку-сепаратору. По одной трубе (опускной) вода из

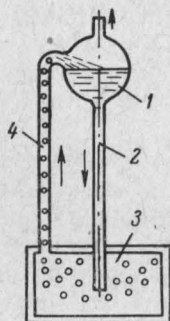
бака-сепаратора подается в детали, по второй (подъемной) паро-водяная смесь, образовавшаяся в деталях, попадает в бак-сепаратор, где пар отделяется от воды и отводится по специальному паропроводу (рис. 6.16).

Вода в системе циркулирует непрерывно, причем циркуляция либо естественная (под действием разности удельных весов воды в опускной и паро-водяной смеси в подъемной трубе), либо принудительная (при помощи насосов). Может быть использован и комбинированный способ циркуляции. Для мартеновских печей во всех случаях может быть применена естественная циркуляция. Убыль пара пополняется добавкой воды в бак-сепаратор.

Так как при испарительном охлаждении расход воды сокращается примерно в 50 раз, становится возможным применение

Рис. 6.16. Принципиальная схема испарительного охлаждения (с естественной циркуляцией);

1 — бак-сепаратор; 2 — опускная труба; 3 — охлаждаемая деталь; 4 — подъемная труба



умягченной катионированной воды, что устраняет отложение накипи и взвесей, т. е. основную причину прогаров; тем самым увеличивается срок службы и повышается надежность работы оборудования.

Применение испарительного охлаждения способствует улучшению условий труда вследствие уменьшения потерь тепла в окружающую среду, снижения температуры наружных поверхностей печей и большей надежности их работы (срок службы охлаждаемых элементов при работе мартеновских печей на испарительном охлаждении увеличивается в 4—10 раз по сравнению с водяным охлаждением).

Однако недостаток испарительного охлаждения в том, что наружные стены холодильников имеют температуру около 100°C (против $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ при водяном охлаждении).

Охлаждение печей имеет важное значение для нормализации условий труда при ремонтах; с этой целью прибегают к естественному и принудительному обдуванию кладки печей. Естественное вентилирование печей осуществляют путем использования положительного теплового напора в замкнутом пространстве

охлаждаемой печи. Тяга дымовой трубы может быть при этом усилена путем подогрева. Для принудительного охлаждения кладки печей используют воздушные души или дутьевые вентиляционные установки печей.

6.4.4. ЭКРАНИРОВАНИЕ

Распространенным способом защиты от облучения является экранирование. В зависимости от качества поверхности различают экраны отражения и экраны поглощения. Предпочтительно применение экранов отражения, так как экраны поглощения сами становятся теплоизлучателями.

Экраны не только защищают от тепловых излучений, но и предохраняют от воздействия искр и выплесков расплавленного металла, шлака, окалины.

Экраны применяют как для экранирования источников излучения, так и для ограждения тех или иных рабочих мест от воздействия лучистой энергии. С последней целью экраны устанавливают в кабинах кранов и возле пультов управления горячих цехов.

Отражающие экраны используют и для ограждения горячих стенок печей. Размещение таких экранов на некотором расстоянии от стенки способствует естественной вентиляции пространства у внутренней поверхности экрана.

Температура внешней поверхности экрана должна быть возможно более близкой к температуре окружающего воздуха, так как при этом конвективный нагрев воздуха помещения от поверхности экрана будет наименьшим.

Температуру экрана определяют по формуле

$$t_{\text{э}} = t_{\text{в}} + \frac{\alpha \rho}{2\alpha} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (6.9)$$

где $t_{\text{в}}$ — температура воздуха, $^\circ\text{C}$;

ρ — интенсивность облучения, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;

α — коэффициент теплопоглощения материала экрана;

α — коэффициент теплоотдачи материала экрана, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Экран может быть рассчитан по формуле

$$\mu = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{э}}}, \quad (6.10)$$

где μ — заданное относительное снижение температуры;

$T_{\text{и}}$ — температура экранируемого источника излучения, $^\circ\text{K}$;

$T_{\text{э}}$ — заданная температура экрана, $^\circ\text{K}$.

Температура экрана не должна превосходить $30\text{--}32^\circ\text{C}$.

Число необходимых экранов n (или число слоев экрана) равно:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{и}}}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} \left(\frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{и}}}\right)^4} \cdot \frac{A_{\text{и,э}}}{A_{\text{и,в}}} - 1, \quad (6.11)$$

где $T_{\text{в}}$ — температура окружающего воздуха, °К;

$A_{\text{и,э}}$ — приведенная степень черноты источника и экрана

$$\left(A_{\text{и,э}} = \frac{1}{\frac{1}{A_{\text{и,з}}} + \frac{1}{A_{\text{э}}} - 1} \right); \quad (6.12)$$

$A_{\text{и, в}}$ — приведенная степень черноты источника и воздуха

$$\left(A_{\text{и, в}} = \frac{1}{\frac{1}{A_{\text{и}}} + \frac{1}{A_{\text{в}}} - 1} \right); \quad (6.13)$$

Причем $A_{\text{и}}$, $A_{\text{э}}$, $A_{\text{в}}$ — степень черноты источника излучения, экрана и воздуха соответственно.

Приведенная степень черноты может быть определена расчетом или по графику (рис. 6.17).

Конструкции экранов представляют большое разнообразие (рис. 6.18).

Так, на мартеновских печах (у задней стенки, у головок) используют стационарные экраны из кирпича, из листового железа с асбестовым картоном, двухстворчатые железные экраны с вырезом для пробивки сталевыпускного отверстия и т. д. Стационарное тепловое экранирование устраивается также в кабинах кранов и пультов управления.

Подвижные экраны используют при ремонтах печей, ковшей, на ферросплавных печах и т. д.

При ремонтах печей используют также разборные экраны.

Экраны изготовляют из белой жести, оцинкованного железа, алюминия, асбеста, алюминиевой фольги на асбесте или сетке и других материалов.

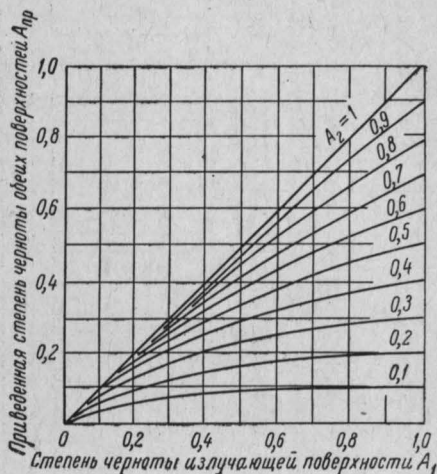


Рис. 6.17. График функции: $A_{\text{пр}} = f(A_1, A_2)$

Экраны могут быть одно- и многослойными в зависимости от необходимой эффективности их. Воздушная прослойка между слоями экрана со свободным прососом нагретого воздуха между

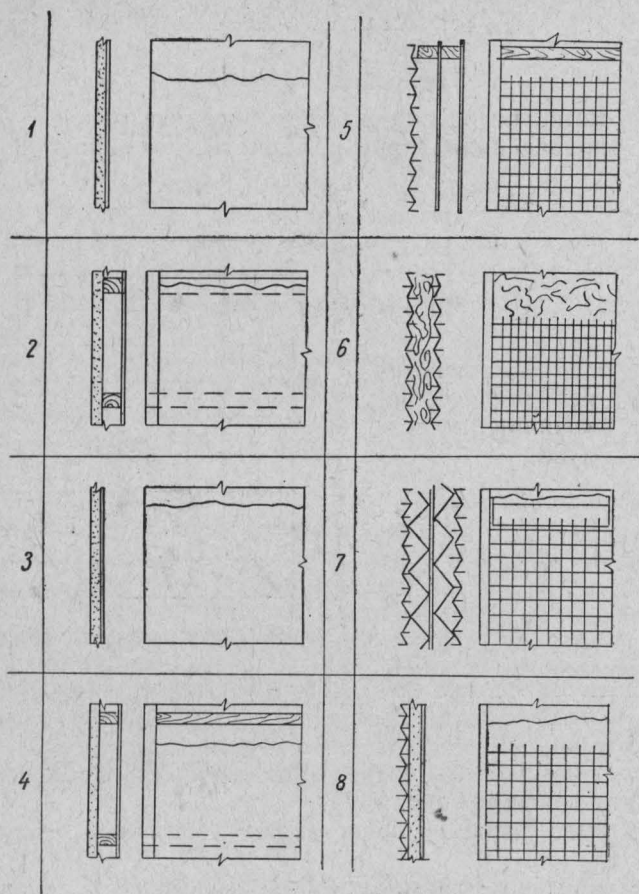


Рис. 6.18. Схемы экранов:

1 и 3 — экраны из альфоля, уложенного на асбесте и фанере; 2 и 4 — двойные экраны из альфоля, уложенного на асбесте или клингерите; 5 — экран из двух слоев альфоля на сетке; 6 — экран из мятого альфоля, уложенного между сетками; 7 — экран из гофрированного альфоля; 8 — экран из альфоля, асбестового картона и сетки

отдельными слоями увеличивает эффективность экранирования. При наличии таких прослоек (толщиной не более 20—25 мм, а желательно до 10 мм) необходимое число слоев оказывается меньшим, чем по вышеприведенному расчету.

Теплозащитные характеристики различных экранов приведены на рис. 6.19.

В ряде случаев возникает необходимость в экранировании смотровых окон (кабин кранов, пультов управления). Обычное остекление создает некоторое ослабление лучистого потока, которое, однако, в большинстве случаев оказывается недостаточным, вследствие чего приходится прибегать к многослойному остеклению, усиливающему эффект экранирования. Полезно применение жаропоглощающего стекла «солекс», предварительно термически обработанного, а также стекла с металлической сеткой.

Поливание стекла водой усиливает эффект экранирования благодаря действию тонкой пленки растекающейся по стеклу воды.

Могут быть также использованы стекла-теплофильтры, препятствующие прониканию инфракрасных лучей.

Практикуется и использование полостных экранов с проточной водой.

Расход воды на полостные водяные экраны определяют по формуле

$$Q_3 = 0,93 \frac{\rho F}{t_y - t_n} \text{ кг/ч}, \quad (6.14)$$

где Q_3 — расход воды, кг/ч;

0,93 — коэффициент теплопоглощения;

ρ — интенсивность облучения, ккал/м² · ч;

F — поверхность экрана, м²;

t_y и t_n — соответственно температура уходящей и поступающей воды, °С.

Температура отходящей воды должна быть не более 35° С.

Для экранирования излучений применяют также водяные завесы (в тех случаях, когда попадание воды в печь не представляет опасности).

Эффективность водяных завес зависит от толщины водяной пленки и от температуры источника излучения. С увеличением толщины пленки поглощение лучей увеличивается, а с увеличением температуры источника излучения уменьшается.

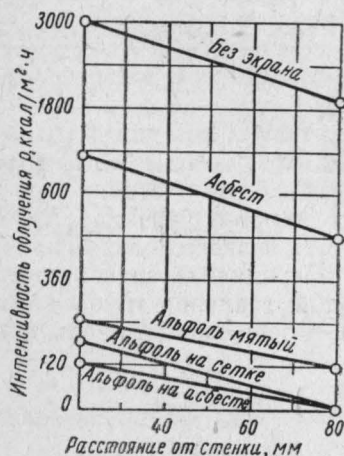


Рис. 6.19. Теплозащитные характеристики экранов

Лучистая теплота хорошо поглощается водой; слой воды толщиной 1 мм полностью поглощает лучи с длиной волны более 3 мк, а толщиной 10 мм достаточен для поглощения потока радиации с длиной волны более 1,5 мк.

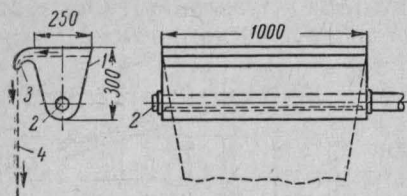


Рис. 6.20. Схема переливной водяной завесы:

1 — бак; 2 — труба; 3 — водослив;
4 — водяная пелена

Преимущество водяных завес в том, что сохраняется возможность наблюдения за рабочим пространством печи.

Водяные завесы устраивают двух типов: переливные с подачей воды сверху (рис. 6.20) и напорные с подачей воды снизу под давлением (рис. 6.21).

Переливная завеса состоит из стального бака, заполненного водой, стальной трубы со щелью, обращенной вниз, и водослива — разрезанной вдоль трубы диаметром 2"; поверхность водо-

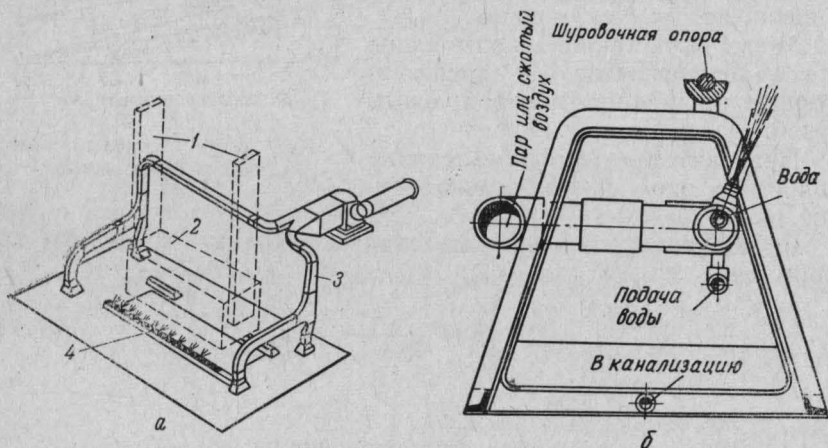


Рис. 6.21. Комбинированная завеса для электропечей Тбилисского института охраны труда:

а — общий вид; 1 — вытяжные шахты; 2 — зонты; 3 — воздушные души; 4 — завеса;
б — распыляющее устройство

слива хромированная, свободный край заострен. Стекая с водослива, вода образует сплошную водяную пелену. Сужение пленки воды устраняется установкой боковых направляющих (стальных реек) по краям пленки.

Оптимальный расход воды 3,4—5 м³/ч на 1 пог. м завесы.

Завесу устанавливают на расстоянии 0,8—1 м (при избыточном давлении в печи) или 0,2—0,3 м от печи.

В напорных водяных завесах вода подается снизу из трубопровода через форсунки с плоской щелью либо из коллектора-распылителя, смонтированного из двух труб, находящихся одна в другой. Внутренняя (водопроводная) труба приварена эксцентрично к наружной (воздушной) трубе, на которой на некотором расстоянии друг от друга приварены стояки-резервуары. Через небольшие отверстия (2 мм) в водопроводной трубе вода под давлением попадает в резервуар стояка, откуда под давлением струи сжатого воздуха выходит наружу через щелевидное сопло.

Для отсоса пара и увлажненного воздуха над печью устанавливают вытяжной зонт.

Для устойчивости напорной водяной завесы необходимо, чтобы распыленные капельки воды не испарялись полностью.

Эффективность поглощения излучения водяной завесой достигает 80—90%. Расход воды составляет

$$Q_3 = \frac{0,6\rho F}{0,1 \cdot 600} \text{ кг/ч}, \quad (6.15)$$

где Q_3 — расход воды, кг/ч;

ρ — интенсивность облучения завесы, ккал/м² · ч;

F — площадь завесы, м²;

0,6 — степень поглощения тепловых лучей;

0,1 — степень испарения воды;

600 — приближенная величина теплоты испарения воды, ккал/кг.

6.5. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Специальная одежда в горячих цехах служит для предохранения работающих от воздействия лучистой энергии и от ожогов металлом и шлаком.

Материал для спецодежды должен быть невоспламеняемым, стойким против воздействия лучистого тепла и вместе с тем прочным, мягким и воздухопроницаемым для облегчения воздухообмена тела работающего с окружающей средой.

Костюм для рабочих горячих цехов состоит из куртки и брюк. Куртка широкого покроя, двубортная. Куртку не следует заправлять в брюки, а брюки — в сапоги.

Типы спецодежды различны. В одних из них используется защитная функция воздушной прослойки, для чего куртка состоит из двух слоев материи с воздушной прослойкой между ними. В другом типе костюмов используется отражение лучистой энергии поверхностью костюма.

Спецодежду рабочих горячих цехов изготавливают из сукна, брезента либо хлопчатобумажных тканей.

Начинают применять новые, упрочненные ткани из синтетического волокна, химически обработанные, с металлическим покрытием и др.

При наличии опасности воздействия пламени и искр используют огнестойкую спецодежду из металлизированной или стеклянной ткани с огнестойкой пропиткой.

Тбилисский институт охраны труда разработал пневматический костюм-комбинезон из ткани со специальной пропиткой. Под одежду подается воздух от шлангового прибора или от сети сжатого воздуха.

Для защиты головы от перегрева и ожогов применяют шляпы с широкими полями из войлока, фетра или грубошерстного сукна.

Для защиты ног применяют специальную обувь. Материал, из которого изготавливают обувь, должен быть стойким к повышенной температуре и облучению, искростоек, малотеплопроводен и воздухопроницаем. Обувь должна легко сниматься с ноги и иметь застёжки (а не шнурки); передняя часть обуви делается глухой.

В передней части обуви имеется дополнительная прокладка из эластичного поропласта или нескольких слоев хлопчатобумажной ткани или теплоизолирующего материала; в остальной части — хлопчатобумажная подкладка.

Для уменьшения скольжения на ходовую часть подошвы наносят рисунок.

Для защиты рук используют брезентовые рукавицы.

Для защиты глаз от воздействия лучистой энергии используют очки со светофильтрами.

Светофильтр подбирают со спектральной характеристикой, соответствующей спектральному диапазону лучистого потока, для защиты от которого очки предназначены.

Для работы у металлургических печей (кроме доменных) при температурах до 1800°С используют синие стекла СС11, ТС2 и ТС3, а у доменных печей, прокатных станов, в кузнечных цехах — СС14. При электросварке используют темные стекла: при газовой сварке ТС2, при электросварке ТС3*.

При работе у плавильных и нагревательных печей применяют также защитные очки в виде непрозрачной пластины с отверстиями для светофильтров; очки крепятся к козырьку или полям головного убора.

Оправа очков должна быть легкой, кроме того, она не должна нагреваться. С этой целью металлическую оправу обшивают мягкой тканью.

* ГОСТ 9497—60. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве.

Применяют также стекла с тонкослойным металлическим покрытием, отражающие падающие на них лучи.

Для защиты глаз и лица используют щитки из органического стекла, металлической сетки и комбинированные (из стекла и сетки).

6.6. ПИТЬЕВОЙ РЕЖИМ

Для восстановления водного баланса в организме, нарушаемого в результате обильного потоотделения, рабочих горячих цехов снабжают подсоленной (0,5% поваренной соли) газированной водой из расчета 4—5 л на человека в смену; газацию воды производят углекислотой.

При питье подсоленной газированной воды восполняются теряемые организмом при потении вода и соли; подсоленная газированная вода лучше утоляет жажду, чем пресная вода, так как при добавлении соли ткани организма лучше удерживают воду.

На ряде заводов СССР применяют белково-витаминный напиток.

Снабжение газированной подсоленной водой предпочтительно производить централизованным способом.

В жарких климатических районах рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или чай.

Для раздачи воды устанавливают питьевые фонтанчики, соединенные с водопроводной сетью.

6.7. КОНТРОЛЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Исследование метеорологических условий заключается в измерении температуры, влажности, скорости движения воздуха и интенсивности тепловых излучений.

Измерения температуры воздуха производят термометрами или термографами, автоматически регистрирующими измерения температуры во времени. В термографе имеется слегка изогнутая полая металлическая пластинка, заключенная в футляр из проволоочной сетки. С изменением температуры воздуха изменяется кривизна пластинки, и это изменение посредством рычага передается перу, пишущему на ленте барабана, который приводится в движение часовым механизмом.

При наличии источника теплового излучения измерение температуры воздуха обычным термометром дает неправильные результаты, если он не защищен от воздействия лучистой энергии.

Для измерения температур в условиях излучения применяют

парный термометр; резервуар одного из двух термометров зачернен, а другого посеребрен. Истинную температуру воздуха определяют по разнице показаний двух термометров с учетом постоянной прибора.

Измерение относительной влажности воздуха производят гигрометрами и психрометрами. Более употребительны в практике психрометры.

Для записи колебаний влажности во времени служат автоматические приборы: гигрографы и психрографы, в которых показания относительной влажности записываются на ленте.

Измерение скорости движения воздуха производят анемометрами — крыльчатыми и чашечными. Малые скорости движения воздуха измеряют кататермометром — спиртовым термометром с цилиндрическим или шаровым резервуаром внизу и расширением в верхней части. Измерение скорости этим прибором основано на зависимости скорости охлаждения его резервуаром от метеорологических условий среды, в частности от скорости движения воздуха.

Измерение интенсивности тепловых излучений производят актинометрами, в которых в качестве приемника излучения использован термостолбик; возникающий в них при облучении термоток пропорционален интенсивности теплового излучения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Глушков Л. А. Защита от перегревов в горячих цехах металлургических заводов. Металлургиздат, 1963.

Бабялов А. Ф. Локализация излучений в горячих цехах. Металлургиздат, 1961.

Защита от тепловых выделений и излучений на предприятиях черной металлургии. Труды НТО ЧМ, т. 24 под ред. Б. М. Злобинского. Металлургиздат, 1960.

Бутаков С. Е., Основы вентиляции горячих цехов. Металлургиздат, 1962.

7. ПРОФИЛАКТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА

7.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЯДОВИТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ

Вещества, обладающие способностью нарушать нормальную жизнедеятельность организма и приводить к преходящим или стойким патологическим изменениям, называются ядовитыми. Возникающее в результате их действия состояние организма называется отравлением. Производственными, или профессиональными, считаются отравления, возникшие в связи с работой в результате воздействия применяемых или образующихся при этом ядовитых веществ.

Ядовитыми, или токсическими, следует считать такие вещества, которые проявляют свое вредное действие в небольших количествах. Многие вещества, которые не считают ядовитыми, в необычных условиях способны оказывать вредное действие на организм.

Токсические вещества проникают в организм тремя путями: через дыхательные пути, через пищеварительный тракт и через кожу.

Попавшие внутрь организма с вдыхаемым воздухом вещества всасываются слизистой оболочкой дыхательных путей и отсюда проникают в большой круг кровообращения. Большинство отравлений происходит этим, наиболее опасным путем.

Пыли и пары могут попадать в пищеварительный тракт при заглатывании. Часть попавших таким путем в организм вредных веществ всасывается в кровь, часть же задерживается и обезвреживается в печени.

Некоторые яды (растворимые в жирах и жидкостях организма) могут попадать внутрь организма через неповрежденную кожу, а затем проникать в кровь, минуя печень.

Выделение ядов из организма происходит различными путями, в основном через почки и кишечник. Так выделяются преиму-

шественно металлы, галоиды, эфирные масла, красящие вещества, производные ароматических соединений и др. Различные летучие вещества (бензин, эфир и др.) выделяются с выдыхаемым воздухом. Выделение ядов через кожу незначительно (анилин, нитробензол и др.).

Период выведения ядов из организма различен для разных веществ, причем по пути они могут оказывать вторичное токсическое действие на организм.

Иногда яды накапливаются в тканях организма, образуя здесь в них временные или стойкие депо; например, тяжелые металлы могут накапливаться в печени и других органах. Из таких депо токсические вещества поступают в кровь и вызывают отравление.

Действие токсических веществ проявляется в отравлениях различной степени: острых, хронических и подострых.

Помимо ясно выраженного действия на те или иные органы, яды могут вызывать понижение общей сопротивляемости организма к другим вредным воздействиям и способствовать возникновению общих заболеваний.

Яды оказывают на организм общее или местное действие. Местное действие может явиться толчком для общего действия.

Степень токсичности вещества и характер вызываемых им нарушений в организме зависят от ряда факторов, в первую очередь от химической структуры веществ. Так, например, замещение в ароматических соединениях (бензол, толуол и др.) водородных атомов нитро- и аминогруппой (NO_2 и NH_2) придает им новые токсические свойства. Токсическое действие галоидных органических соединений тем сильнее, чем больше атомов замещено галоидами; например, тетрахлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$) токсичнее дихлорэтана ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$) и хлористого этила ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$).

Чем дисперснее вещество, тем легче, скорее и глубже проникает оно в организм.

Обладая развитой удельной поверхностью, пыль является хорошим адсорбентом и способна поглощать газы из окружающей среды, из-за чего нетоксичная пыль может стать токсичной.

Растворимость ядовитого вещества в соках и жидкостях организма усиливает его вредное действие. Растворимость в воде усиливает опасность поражения верхних дыхательных путей.

При комбинированном воздействии разных ядов токсический эффект их потенцируется (т. е. оказывается сильнее, чем при простом сложении их действия).

Имеет значение и индивидуальная чувствительность организма. У некоторых людей наблюдается повышенная чувствительность к отдельным ядам. Она выше у детей и подростков, после перенесенных болезней и т. д.

Опасность отравления зависит не только от токсичности, но и от времени действия и концентрации яда. В отношении многих токсических веществ выяснена зависимость между временем действия, концентрацией и эффектом воздействия на организм.

Так, для окиси углерода при $tc < 350$ действия установить нельзя; при $tc = 700$ действие слабое; при $tc = 1000$ головные боли и тошнота; при $tc = 1700$ тяжелое отравление (здесь t — время действия, ч; c — концентрация, $мг/м^3$).

Разумеется, чем выше в окружающем воздухе концентрация яда, тем больше его поступит в организм при вдыхании и тем скорее и тяжелее окажется его воздействие.

Минимальная концентрация, вызывающая начальное типичное воздействие или еле ощутимое раздражение того органа, который главным образом подвергается воздействию данного вещества, называется пороговой концентрацией.

Предельно допустимой концентрацией газа, пара или пыли считается концентрация, которая переносится без каких-либо последствий при ежедневном вдыхании в течение рабочего дня и многолетнем постоянном воздействии.

Оказывают свое влияние и условия окружающей среды. При высокой температуре воздуха расширяются кожные сосуды, усиливается потливость, учащается дыхание, повышается минутный объем сердца; это ускоряет проникновение некоторых ядов в организм. Высокая температура оказывает влияние на скорость испарения и летучесть веществ, что усиливает опасность загрязнения воздуха. Влажность воздуха усиливает токсичность некоторых веществ (например, соляной кислоты, фтористого водорода).

Нетоксичная пыль может оказывать вредное действие на легкие, кожу, глаза, зубы, десны, слуховые и пищеварительные органы. Известно вредное действие на легкие пыли, содержащей кремнезем.

При вдыхании в легкие попадают почти исключительно взвешенные во вдыхаемом воздухе пылевые частицы размерами от 0,01 до 5—10 $мк$; частицы меньше 0,01 $мк$ большей частью выдыхаются обратно с током воздуха; частицы больше 5—10 $мк$ оседают в носоглотке, они удаляются из нее с носовой слизью при кашле и чихании.

7.2. ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Вредные вещества встречаются в производстве в виде сырья, промежуточных продуктов, готовой продукции, случайных примесей, вспомогательных веществ, отходов, побочных продуктов.

Таблица 7.1

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Название	Формула	Состояние	$T_{\text{плав}}$ °C	$T_{\text{кип}}$ °C	Плотность	Действие на организм
Азота соединения: окись двуокись пятиокись	N_2	Бесцветный газ	-163,6	-151,8	1,34	Кровяной яд Раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути Раздражает верхние дыхательные пути и легкие
	NO	Пары красно-бурого цвета	-11,2	20,7	1,49	
	NO_2	Бесцветные игольчатые кристаллы, распыляющиеся на воздухе	30	32,3 (возг.)	1,64	
	N_2O_5	Бесцветная жидкость	42	86	1,5	
азотная кислота	HNO_3					Ожоги кожи, раздражает дыха- тельные пути, действует на зубы и глаза
	Al	Легкий светло-серый ме- талл	660	2348	2,7	При вдыхании пыли и дыма — по- ражение легких. Пыль раздражает слизистые оболочки глаз, носа, рта и другие специфические поражения кожи
	Al_2O_3	Белый порошок	2050	2977	3,9	
Алюминия соединения: окись					0,59	Раздражает преимущественно вер- хние дыхательные пути, в высоких концентрациях действует на цент- ральную нервную систему
Аммиак	NH_3	Бесцветный газ с острым запахом	-77,8	-33,5		Под давлением оказывает нарко- тическое действие
Аргон	Ar	Газ без цвета и запаха	-189,2	-185,7	1,78	Слабый наркотик: Удушье из-за уменьшения содержания кислорода в воздухе
Ацетилен	C_2H_2	Газ	5	56,5	0,798	
Бериллия соединения: окись сульфат	Be	Светло-серый металл	1278	2970	1,85	Металлический Be и его соли ядо- виты; при высокой дисперсности ча- стиц поражаются глубокие дыха- тельные пути, при меньшей диспе- рсности — преимущественно верхние дыхательные пути и кожа, дейст- вует на кожу и слизистые оболочки глаз
	BeO	Белый порошок	2550	3900	3,02	
	$BeSO_4$	Белый порошок, распы- ляющийся во влажном воз- духе	550—600 (разл.)	—	2,44	
Фторид	BeF_4	Бесцветное гигроскопиче- ское вещество, после плавл- ения — стекловидное	803	—	1,99	
хлорид	$BeCl_2$	Белый или зеленоватые кристаллы, распыляющие- ся на воздухе	440	520	1,9	
Ванадия соединения: трехокись пятиокись	V	Серебристо-серый	1720	3000	5,87	Вызывают изменения в кровообра- щении, органах дыхания, нервной системе, обмене веществ, заболева- ния кожи и др.
	V_2O_5	Черные кристаллы	1970	—	4,87	
	V_2O_3	Красно-желтый порошок	675	1750	3,35	

Водорода соединения: перекись	H_2 H_2O_2	Бесцветный газ Жидкость без цвета и запаха, с горько-вяжущим вкусом	-259,2 -0,46	-258,8 151,4	0,09 1,44	Под давлением — наркотик Возможны воспалительные заболевания кожи
Вольфрама соединения: диоксид триоксид	W WO_2 WO_3	Твердый металл Бурий тугоплавкий порошок Желтый порошок	3380 1300 1473	6000 1500 (разл.) 1357 (возг.)	19,3 12,11 7,16	Возможны отравления: WO_3 раздражает кожу; соли W отлагаются в кишечнике, костях, селезенке, коже
Железа пентакарбонид	$\text{Fe}(\text{CO})_5$	Бледно-желтая жидкость	21	103	1,46	Сильно токсичен при вдыхании или всасывании даже через неповрежденную кожу; вызывает острый отек легких
Кадмия соединения: окись сульфат сульфид	Cd CdO CdSO_4 CdS	Аморфный коричневый порошок Бесцветные кристаллы Желтые кристаллы	1426 1000 1750	1559 — —	8,15 4,69 4,82	Очень ядовиты; действуют на дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, центральную нервную систему, почки, печень
Кальция соединения: окись	Ca CaO	Белое вещество	2572	2850	3,37	Раздражает слизистые оболочки, особенно глаз; тяжелые ожоги кожи
томасшлак	—	Темно-серый порошок	2580	—	—	Пыль вызывает воспаление легких, ожоги и воспаление кожи
Кремния соединения:	Si	—	—	—	—	Кремнезем вызывает хроническое заболевание легких; растворимые силикаты калия и натрия вызывают кожные заболевания
Магния соединения: окись	Mg MgO	Легкий серебристо-серый металл Белый кристаллический порошок	651 2800	1107 3600	1,74 3,58	Могут вызывать лифтейную лихорадку
Марганца соединения:	Mn	Серебристый металл	1260	1900	7,20	Сильные яды, в особенности действующие на центральную нервную систему, а также на легкие, печень, кровь
Меди соединения: окись сульфат	Cu CuO $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Красноватый металл Черный порошок Синие кристаллы	1083 1026 —	2300 — —	8,92 6,40 2,29	Действуют на желудок, кровь, дыхательные пути, кожу
Метан	CH_4	Газ	-183,2	-161,6	0,415	Наркотик
Молибдена соединения: триоксид	Mo MoO_3	Серебристо-белый металл Зеленоватый кристаллический порошок	2625 795	3700 —	10,23 4,50	Могут вызывать хроническое отравление

Продолжение табл. 7.1

Название	Формула	Состояние	$T_{\text{плав}}$ °C	$T_{\text{кип}}$ °C	Плотность	Действие на организм
Мышьяка соединения: трихокись	As As_2O_3	Серый кристаллический металл Белая масса	814 193 (субл.)	615 (возг.) —	5,73 4,09	Отравляющее действие при попадании внутрь (и через кожу); при окислении потом или слюной As превращается в As_2O_3 ; порошкообразный As вызывает поражения кожи
Натрия соединения: гидрат окиси перекись	Na NaOH Na_2O_2	Серебристо-белый металл Твердое белое вещество Белый порошок	97,8 320 —	883 1390 —	0,97 — 2,8	Вызывают ожоги кожи, глаз
Олова соединения: диокись	Sn SnO_2	Серебристо-белый металл Порошок белого или желтоватого цвета	232 700—950	2260 —	5,75 6,95	Могут вызывать заболевания легких, поражения кожи
Ртуть	Hg	Серебристый жидкий металл	—33,87	356,9	13,55	Может вызывать острые и хронические отравления
Свинец	Pb	Мягкий серый металл	327	1740	11,34	Свинец и его соединения ядовиты, в особенности действуют на нервную систему, кровь и сосуды
Селен	Se	Аморфный или кристаллический порошок и другие модификации	170	690	4,26	Соединения Se ядовиты, по действию схожи с соединениями мышьяка
Серы соединения: сероводород сероуглерод	S H_2S CS_2	Бесцветный газ с запахом тухлых яиц Бесцветная жидкость с запахом	—85,5 —108,6	—60,4 46,3	1,2 1,26	Оказывает раздражающее действие Сильный яд; при хроническом влиянии может вызвать поражение центральной нервной системы Раздражает дыхательные пути
сернистый ангидрид серная кислота	SO_2 H_2SO_4	Бесцветный газ с острым запахом Маслянистая прозрачная жидкость	—75,5 10,35	—10 330	1,43 1,83	Вызывает тяжелые ожоги
Сурьма	Sb	Хрупкий серебристо-белый металл	630	1625	6,68	Сурьма и ее соединения могут вызывать острые отравления (следствие раздражающего действия на слизистые оболочки дыхательных путей и пищеварительного тракта, а также на кожу); а также хронические отравления
Таллий	Tl	Мягкий серебристо-белый металл	303,5	1472	11,85	Сильный яд, поражает нервную систему, желудочно-кишечный тракт и почки; вызывает выпадение волос. Соединения Tl ядовиты

Теллура соединения:	Te	Вещество серебристо-белого цвета с металлическим блеском Газ без цвета, по запаху напоминает H_2S Бесцветные кристаллы	452	1390	6,24	Могут вызывать острые отравления (раздражение слизистых оболочек, головная боль, одышка, тошнота (почечные боли и др.) и хронические отравления (рагит, расстройство желудка, сонливость и др.)
Титана соединения:	H_2Te TeO_2 Ti TiO_2 $TiCl_4$	Серебристо-белый металл Белые кристаллы Прозрачная жидкость	1668 1825 -23	3262 — 136	2,6 (жидк.) 5,8	Оксиды, карбиды, металлической Ti относительно малотоксичны $TiCl_4$ вызывает заболевание легких
Углерода соединения:	C CO	Газ без цвета и вкуса со слабым запахом чеснока	-207	-191,3	0,96	Химический удушающий газ (вытесняет O_2 из крови, образуя карбоксигемоглобин- $COHb$)
двуокись	CO_2	Газ без цвета и запаха с кислотным вкусом	-56,6	-78,5	1,57	Наркотик, раздражающий слизистые оболочки и кожу
Фосфора соединения:	P белый P красный PH_3	Бесцветная мягкая кристаллическая масса Аморфный порошок Бесцветный газ с запахом гнилой рыбы	44,1 590 -132,5	208,5 280 -87,8	1,82 2,20 1,53	Сильно ядовит; вызывает острые и хронические отравления Пыль действует отравляюще; могут возникнуть поражения кожи Действует на нервную систему обмен веществ, кровеносные сосуды, печень, почки
Хлор	Cl_2	Зеленовато-желтый газ с «колошим» запахом	-101	-34,5	2,49	Раздражает дыхательные пути, может вызывать отек легких
Хрома соединения	Cr	Белый блестящий металл	1890	2480	6,92	Cr и его двухвалентные соединения малоядовиты, более ядовитые трехвалентные, наиболее ядовитые шестивалентные соединения. Раздражают и прижигают слизистые оболочки и кожу, поражают желудочно-кишечный тракт
Циана соединения:	CN HCN $CNBr$	Бесцветная жидкость со слабым запахом миндала Бесцветные кристаллы	-13,4 52	25,65 61,3	0,70 2,01	Вызывает тканевое удушье Действует, подобно HCN ; кроме того, раздражает дыхательные пути и глаза
бромциан						
пшанид натрия	$NaCN$	Бесцветные кристаллы, расплавляющиеся на воздухе	562	1497	—	Пыль ядовита, может проникать и через кожу
пшанид калия	KCN	Серебристый металл	638,5 419,4	907	1,52 7,14	Значительное прижигающее действие на слизистые оболочки и кожу
Цинка соединения:	Zn					
окись	ZnO	Белый рыхлый порошок	1800	—	5,47	Вызывает латентную лихорадку
хлорид	$ZnCl_2$	Белые кристаллы	262	732	2,91	Резко раздражает и прижигает слизистые оболочки и кожу

В металлургии токсичными являются газы, выделяющиеся при металлургических процессах, пары многих металлов, газы, выделяющиеся из расплавленных металлов и шлаков, и др. Кроме того, воздух загрязняется пылью, которая образуется: а) при измельчении, сортировке, перегрузке материалов, при прокатке металла, ломке футеровки печей, чистке поддонов и т. д.; б) из-за конденсации паров металлов при плавке, выпуске и разливе. В черной металлургии пыль основных материалов, промежуточных и конечных продуктов производства является смешанной; она состоит в основном из окислов железа и небольшого количества окислов кальция, алюминия, магния, марганца, кремния, графита. Пыль, образующаяся при ремонтах печей, содержит до 70% кремнезема.

Во многих случаях могут образовываться аэрозоли, в состав дисперсной фазы которых входят металлы и их соединения. Это аэрозоли дезинтеграции, возникшие при трохочении, дроблении, размоле, измельчении, просеве, разгрузке и выгрузке материалов и т. д. Как правило, в дисперсной фазе этих аэрозолей содержатся частицы разных размеров и форм с неоднородным вещественным составом.

При плавке, возгонке, обжиге могут возникать аэрозоли конденсации, состоящие в основном из частиц малого размера, однородных по составу и форме (преимущественно шарообразной). В то время как в аэрозолях дезинтеграции пыль полиморфна и полидисперсна, в аэрозолях конденсации она мономорфна и монодисперсна.

В зависимости от состава обрабатываемых материалов в аэрозоле, кроме основного металла, могут оказаться и другие соединения, оказывающие на организм специфическое действие, а также пыль графита и сажи.

Интенсивность выделения паров металла зависит от упругости паров при соответствующих температурах. Опасность загрязнения воздуха этими парами может быть оценена путем сопоставления температуры испарения с температурой, при которой осуществляется технологический процесс.

У некоторых металлов испарение начинается раньше перехода в жидкое состояние, а аэрозоли конденсации могут образовываться без этого перехода, как следствие возгонки (сублимации) металла. Кроме того, следует учесть, что при химическом взаимодействии металла с газами при высокой температуре могут образовываться окисные соединения, температура возгонки или испарения которых более низкая, чем у чистого металла.

Так, например, температура кипения молибдена 5560°C , а температура возгонки MoO_3 600°C ; температура кипения вольфрама 5900°C , а температура возгонки WO_3 1350°C и т. д.

Летучесть сплавов отличается от летучести составляющих их металлов. Летучесть металлов в различных соединениях оказывается различной.

Таким образом, интенсивность образования аэрозоля конденсации металлов зависит от ряда причин. На нее оказывают влияние также и окружающие условия газовой среды.

При оценке токсического действия следует иметь в виду, что поведение частиц металлических сплавов в организме, по-видимому, отличается от поведения частиц чистых металлов. Характеристика возможных загрязнений воздуха в металлургических цехах приводится в табл. 7.1.

7.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА

СН 245—63 устанавливают гигиенические нормативы в виде предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных газов, паров, пыли, аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений. В действующем в настоящее время списке ПДК установлены по 275 веществам (табл. 7.2).

Таблица 7.2

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ, ПАРОВ, ПЫЛИ И ДРУГИХ АЭРОЗОЛЕЙ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (ИЗВЛЕЧЕНИЕ)

Наименование веществ	ПДК мг/м³	Наименование веществ	ПДК мг/м³
<i>1. Газы и пары</i>			
Аммиак	20	Углекислый газ (в пересчете на C)	300
Бензол	20	Фосфористый водород	0,1
Двуокись хлора	0,1	Фосфорный ангидрид	1
Йод	1	Фосфор желтый	0,03
Мышьяковистый водород	0,3	Фтористый водород	0,5
Озон	0,1	Соли фтористоводородной кислоты (в пересчете на HF)	1
Оксиды азота (в пересчете на N ₂ O ₅)	5	Хлор	1
Оксид углерода	20	Хлористый водород и соляная кислота (в пересчете на HCl)	5
Ртуть металлическая	0,01	Цианистый водород и соли синильной кислоты (в пересчете на HCN)	0,3
Серная кислота, серный ангидрид	1	Четыреххлористый титан (по содержанию HCl в воздухе)	1
Сернистый ангидрид	10	Четыреххлористый углерод	20
Сероводород	10		
Сероуглерод	10		
Спирт метиловый	50		
Спирт этиловый	1000		
Уайт-спирит (в пересчете на C)	300		

Продолжение табл. 7.2

Наименование веществ	ПДК мг/м³	Наименование веществ	ПДК мг/м³
Пыль, содержащая более 70% свободной SiO_2 в ее кристаллической модификации (кварц, кристобалит, тридимит, конденсат SiO_2)	1	Ванадий и его соединения:	
Пыль, содержащая больше 10% и до 70% свободной SiO_2	2	а) дым пятиокиси ванадия	0,1
Пыль стеклянного и минерального волокна	3	б) пыль пятиокиси ванадия	0,5
Пыль других силикатов (талек, оливин и др.), содержащая менее 10% свободной SiO_2	4	в) феррованадий	1
Пыль барита, апатита, фосфорита, цемента (содержащая менее 10% SiO_2)	5	Вольфрам, карбид вольфрама	6
Пыль искусственных абразивов (корунда, карборунда)	5	Германий, окись германия	2
Пыль цемента, глины, минералов и их смесей, не содержащих свободной SiO_2	6	Окись железа с примесью фтористых или марганцевых соединений	4
Пыль угольная и угольно-породная, содержащая более 10% свободной SiO_2	2	Кадмий окись	0,1
Пыль угольная, содержащая до 10% свободной SiO_2	4	Кобальт металлический и окись кобальта	0,5
Пыль угольная, не содержащая свободной SiO_2	10	Марганец (в пересчете на MnO_2)	0,3
Пыль пресс-порошков фенопластов и氨基пластов	6	Молибден, растворимые соединения в виде аэрозоля конденсата	2
Прочие виды минеральной и растительной пыли, не содержащей SiO_2 и примесей токсичных веществ	10	Молибден, растворимые соединения в виде пыли	4
Алюминий, окись алюминия, сплавы алюминия	2	Молибден, нерастворимые соединения	6
Бериллий и его соединения	0,001	Мышьяковый и мышьяковистый ангидриды	0,3
		Никель, окись никеля	0,5
		Свинец и его неорганические соединения	0,01
		Селен аморфный	2
		Селенистый ангидрид	0,1
		Титана окислы	10
		Хромовый ангидрид, хроматы, бихроматы (в пересчете на CrO_3)	0,1
		Цирконий металлический и его нерастворимые соединения (циркон, двуокись)	5

Особого внимания требует проведение работ с сильнодействующими ядами. Для обеспечения безопасности предъявляют специальные требования к устройству и оборудованию помещений; приему на работу; приобретению, хранению, уничтожению этих веществ и обезвреживанию тары из-под них; проведению работ; учету и документации; личной гигиене¹.

¹ А. К. Прокофьева. Безопасность труда при работе с сильнодействующими ядами. Оборонгиз, 1962.

Целью этих мер является предотвращение непосредственно-го контакта работающего с вредными веществами и загрязнения ими воздуха.

Для этого все оборудование конструируется так, чтобы исключалась возможность контакта с ядовитыми веществами и предотвращалось выделение загрязнений в окружающую среду.

За газоопасными местами в цехах осуществляется усиленное наблюдение газоспасательными станциями.

Важное значение для предотвращения загрязнений воздуха имеет своевременное проведение планово-предупредительного ремонта производственного оборудования (в первую очередь печей) для поддержания необходимой герметичности его.

Все работающие должны быть обучены правильным приемам работы, знать средства и способы ликвидации неполадок и аварий.

В особо опасных условиях (например, при ликвидации аварий, при работах внутри газовых устройств и т. д.) работу проводят не менее чем два рабочих, снабженных соответствующим инструментом и защитным снаряжением.

7.4. УСТРОЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ

Цехи предприятия должны быть так взаимно расположены, чтобы вредные выделения из одного цеха не попадали в другой; поэтому технологические установки на открытых площадках и производственные здания с вредными выделениями размещают с подветренной стороны по отношению к другим цехам. Этот же принцип соблюдается и во внутрицеховой планировке. При возможности заноса газа с одного агрегата на другой регламентируются минимальные расстояния между ними.

Внутренние дворы между зданиями П- и Ш-образной застройки располагают параллельно или под углом до 45° к преобладающему направлению ветров; при этом свободная часть двора должна быть обращена на наветренную сторону ветров преобладающего направления. Расстояние между отдельными корпусами должно быть не менее полусуммы высот противостоящих зданий, но не менее 15 м.

Производственные и вспомогательные здания оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией. Воздух для вентиляции нужно забирать из чистой зоны, в ином случае его подвергают предварительной очистке; приточный воздух не должен подаваться через загрязненные зоны.

Необходимое для вентиляции количество воздуха определяют по формуле

$$G = \frac{K\gamma}{(k_{yx} - k_{пр})} \text{ кг/ч,} \quad (7.1)$$

где K — общее количество вредных выделений, поступающих в воздух вентилируемого помещения, г/ч;

k_{yx} — концентрация выделений в уходящем воздухе, г/м³;

$k_{пр}$ — концентрация выделений в приточном воздухе, г/м³;

γ — удельный вес воздуха при температуре помещения, кг/м³.

Величину k_{yx} принимают равной ПДК по нормам (при равномерном распределении вредных в объеме помещения) либо несколько большей (в случае, когда вредные выделения поступают преимущественно в верхнюю зону помещения).

Объем газов, выбивающихся через неплотности в печах, принимают равным 3—8% от общего объема продуктов горения.

В цехах с выделением вредных и взрывоопасных газов или паров для предупреждения их распространения по помещению, как правило, устанавливают местные отсосы; общеобменная вытяжная вентиляция допускается только в случае невозможности устройства местных отсосов.

В цехах, где технологический процесс связан с большими выделениями пыли, производится регулярная уборка от пыли — мокрая или пневматическая. Пневматическая уборка позволяет собрать пыль в любом месте помещения, с любых трудно доступных мест. Пыль всасывается потоком воздуха и во взвешенном состоянии транспортируется по системе трубопроводов к пылеуловителям; очищенный воздух выбрасывается в атмосферу, а уловленные частицы собираются в бункера.

Для цехов с выделением больших количеств пыли в числе бытовых помещений предусматривают помещение для обеспыливания рабочей одежды; при выделениях сильно пахнущих вредных и загрязняющих веществ или адсорбируемых одеждой предусматривают помещение для обезвреживания рабочей одежды, а при особо сильных выделениях загрязняющей пыли устраивают также респираторную.

7.5. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Для защиты от вредных выделений большое значение имеют комплексная механизация и автоматизация процессов при дистанционном управлении ими, а также непрерывность производственных процессов. Необходимо такое усовершенствование тех-

нологических процессов и оборудования, при котором совершенно исключались бы или же резко уменьшались вредные выделения в окружающую среду. В качестве примера может быть приведено использование кислорода в сталеплавильных процессах, вызывающее усиленное выделение бурого дыма, сильно загрязняющего воздух не только цеха, но и окружающей территории. Выделение дыма может быть значительно уменьшено примешиванием к вдуваемому в печь кислороду воды или пара.

Для транспортировки сыпучих материалов предпочтительнее пневматический транспорт.

Важное значение имеют рационализация производственных процессов и оборудования, замена токсических веществ нетоксическими, переход с твердого топлива на газообразное, электрический и высокочастотный нагрев, окомкование и брикетирование пылеватых материалов и т. д.

Обязательным требованием является герметизация оборудования, в особенности печей.

Герметичность печей определяется особенностями конструкции и плотностью кладки. Кирпичная кладка металлургических печей проницаема для газов, особенно по швам. Для повышения герметичности и уменьшения газопроницаемости кладки наружные поверхности печи покрывают уплотнительными обмазками.

Наружную обкладку печей выполняют из металла с высоким коэффициентом излучения поверхности — алюминия или оцинкованного железа. Для оборудования, выделяющего газы или пыль, устраивают укрытия.

Однако полная герметизация производственных агрегатов не всегда возможна из-за наличия рабочих отверстий. В таких случаях прибегают к полному или частичному укрытию производственного оборудования. Наиболее эффективным является аспирация — укрытие агрегата с осуществлением отсоса из-под укрытия.

При аспирации создается разрежение в укрытии (кожухе), соединенном с вытяжным вентиляционным воздуховодом, в результате чего предотвращается выделение загрязненного воздуха (или газов) наружу.

Аспирационные системы, как правило, блокируются с пусковыми устройствами технологического оборудования.

Отсосы от оборудования и аппаратуры должны быть конструктивно встроенными и сблокированы с работой основного агрегата.

Необходимо укрытие желобов для металла и шлака; так, у доменных печей чугунные и шлаковые желоба следует перекрыть съемными крышками с отсосом газов из-под них.

Широко развито применение местной вытяжной вентиляции для отсоса вредных выделений от места их образования.

Конструкции таких отсосов разнообразны, но все они могут быть сведены к трем основным типам: вытяжные шкафы, вытяжные зонты и бортовые отсосы с искусственной или механической тягой.

Вытяжной шкаф позволяет изолировать источник вредных выделений. В шкафу устраивают рабочие отверстия, закрываемые створками.

Вытяжные шкафы с механической тягой устраивают с верхним отсосом (при выделении тепла и газов легче воздуха), с

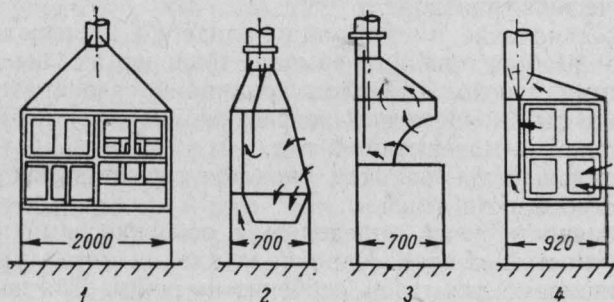


Рис. 7.1. Вытяжные шкафы:

1 — с верхним отсосом; 2 — с нижним отсосом; 3 — с комбинированным отсосом; 4 — лабораторный химический

нижним отсосом (при выделении газов тяжелее воздуха) или комбинированные (рис. 7.1).

Объем отсасываемого из шкафа воздуха определяют по формуле

$$V_{\text{отс}} = 3600F\omega \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.2)$$

где F — площадь открытых отверстий шкафа, м^2 ;

ω — средняя скорость воздуха в приемных отверстиях, $\text{м}/\text{сек}$.

При наличии в шкафу теплового источника (например, газовой горелки, электроплитки) объем удаляемого воздуха рассчитывают по формуле

$$V_{\text{т}} = 120H \sqrt[3]{Qb^2} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.3)$$

где H — высота рабочих проемов, м ;

b — ширина рабочих проемов, м ;

Q — тепловыделения в шкафу, $\text{ккал}/\text{ч}$.

При устройстве вытяжных колпаков или зонтов над расположенными горизонтально источниками вредных выделений всасывающее сечение колпака принимают геометрически подобным контуру горизонтальной проекции источника вредных вы-

делений. Размеры стороны всасывающего сечения колпака принимают по формуле

$$B + b_3 + 0,8h, \quad (7.4)$$

где B — размер стороны приемного сечения колпака, м;

b_3 — размер стороны (или диаметр) зеркала выделений, м;

h — расстояние от укрываемого оборудования до приемного отверстия колпака, м.

Угол раскрытия колпака принимают в пределах $60-90^\circ$ (рис. 7.2).

Для увеличения емкости колпака по габариту приемного отверстия устраивают вертикальные борты высотой $100-300$ мм.

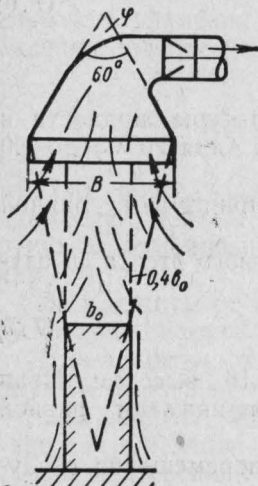


Рис. 7.2. Вытяжной зонт



Рис. 7.3. Бортовые отсосы:
1 — односторонней; 2 — двусторонней; 3 — с передувкой

Объем удаляемого воздуха определяют по формуле

$$V_{\text{отс}} = 3600Fw \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.5)$$

где F — площадь приемного отверстия, м^2 ;

w — средняя скорость в приемном отверстии, $\text{м}/\text{сек}$.

w принимается в пределах:

Для нетоксических выделений . . . $0,15-0,25 \text{ м}/\text{сек}$

Для токсических выделений . . . $0,5-1,25 \text{ м}/\text{сек}$

(в зависимости от числа открытых сторон зонта)

Количество воздуха, удаляемого от укрытий ванн, определяют по той же формуле (7.5), причем w принимают в пределах $0,3-3 \text{ м}/\text{сек}$ (в зависимости от характера выделений).

Если полное укрытие ванн не может быть выполнено, устанавливают бортовые отсосы (рис. 7.3).

При ширине ванн до 700 мм используют односторонние отсосы, а при большей ширине — двусторонние. При ширине ванн более 2 м рекомендуется применять бортовые отсосы со сдувом.

Высоту щели бортового отсоса принимают в пределах 40—100 мм, высоту щели сдува — равной 0,0125 ширины ванны, но не менее 5 мм.

Количество воздуха, необходимое для сдува в бортовых отсосах со сдувом, определяют по формуле

$$V_{\text{сд}} = 300kb^2l \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.6)$$

где b — ширина ванны, м;

l — длина ванны, м;

k — коэффициент, зависящий от температуры жидкости в ванне; принимают в пределах от 0,5 (для 20° С) до 1,0 (для 70—95° С).

Среднюю скорость в щели сдува принимают равной 6,67 kb м/сек, но не более 12 м/сек.

Количество воздуха, удаляемого от бортового отсоса со сдувом, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{отс}} = 6V_{\text{сд}} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (7.7)$$

Высоту щели отсоса принимают равной 16 высотам щели сдува. Среднюю скорость в щели отсоса принимают равной 2,5 kb м/сек.

Мощность двигателя, необходимую для перемещения воздуха определяют по формуле

$$N = \frac{VH_{\text{в}}}{3600 \cdot 102\eta} \text{ кВт}, \quad (7.8)$$

где N — потребляемая мощность, кВт;

V — объем воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$H_{\text{в}}$ — развиваемый напор, кг/м²;

η — коэффициент полезного действия (примерно 0,5—0,55).

Для предотвращения выделений пыли при измельчении материалов и транспортировке пылящих материалов применяют пылеподавление водой (увлажнение, мокрый помол и др.), но только в пределах, допускаемых технологическим процессом; при этом нельзя допускать образования мути, воды, грязи и налипания увлажненного материала на оборудование.

Количество воды для обеспыливания определяют по формуле

$$G_{\text{в}} = \frac{g(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{100} \text{ л/ч}, \quad (7.9)$$

где g — количество подвергаемых увлажнению материалов, кг/ч,

ϵ_1 и ϵ_2 — начальная и конечная влажность материала, %.

Распыление воды производят с помощью форсунок.

Воду (и пар) используют также для создания в открытых проемах кожухов оборудования, при пересыпке с транспортера на транспортер и других завес, предупреждающих выбивание пыли.

При сухом размоле материалов необходимо максимально устранять выделения пыли в окружающую среду путем пневматического удаления измельченного продукта, установки улавливающих приспособлений и т. д.

7.6. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

При работе с загрязняющими и раздражающими веществами применяют халаты из соответствующей ткани с завязками на рукавах, комбинезоны, резиновые фартуки, брюки с нагрудником.

Для защиты от пыли используют глухой комбинезон из воздухонепроницаемой ткани с завязками у кистей и щиколоток.

Для защиты от щелочей и кислот применяют резиновую обувь и резиновые перчатки.

Для защиты глаз от химических воздействий применяют очки с герметичной (резиновой) оправой, шлемы и маски.

Защита органов дыхания достигается применением фильтрующих либо изолирующих приборов.

В качестве фильтрующих приборов применяют промышленные противогазы и респираторы.

Респираторы состоят из резиновой полумаски, двух фильтров по бокам ее, оголовья и обтюратора. Респираторы предназначены для очистки вдыхаемого воздуха от пыли (противопыльные респираторы) или от газов (противогазовые респираторы).

Промышленный противогаз состоит из маски, гофрированной трубки и коробки с поглотителями, которые служат для очистки вдыхаемого воздуха от вредных примесей. Для опознавания назначения противогазов коробки их окрашивают в цвета, соответствующие маркам противогазов (приложение 6). Промышленные противогазы нельзя применять при содержании свободного кислорода в воздухе меньше 16% (по объему) и при содержании вредных газов более 2%.

Изолирующие приборы бывают шланговые и кислородные. Шланговые приборы состоят из маски и шланга, через который засасывается воздух из чистой зоны. Шланг самовсасывающих приборов имеет длину до 10 м, а нагнетательных приборов до 200 м; в последних засос воздуха производится механическим побудителем. Приемное отверстие шланга снабжается фильтром.

Кислородные приборы имеют кислородный баллон, из которого через редуктор подается кислород для дыхания.

Соппротивление дыханию всех этих приборов должно быть небольшим (примерно 5 мм вод. ст.).

7.7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

За составом воздуха в рабочих помещениях необходимо вести постоянное наблюдение, не допуская превышения установленных ПДК вредных веществ в воздухе.

Особенностью исследований является определение не состава воздуха, а концентрации вредных примесей в нем, часто одной в присутствии других; при этом необходимо точное определение малых концентраций примесей. Исследования проводят систематически во многих точках производственных помещений, нередко при быстро меняющихся концентрациях определяемых веществ; методика исследований должна давать возможность быстрого получения результатов анализа.

Для анализа состава воздуха применяют разнообразные методы, многие из которых стандартизованы.

Отбор проб воздуха производится методом аспирации или заполнением бутылей.

Широко распространено определение содержания примесей в воздухе химическими методами. Так, например, определение содержания окиси углерода по ГОСТ 5612—50 основано на окислении CO и CO₂ йодноватым ангидридом, поглощении CO₂ баритом и микротитровании избытка барита соляной кислотой.

Колориметрический анализ основан на свойстве окрашенных растворов поглощать проходящий через них свет. При анализе производят сравнение окраски анализируемого раствора со стандартным; при этом интенсивность окраски соответствует концентрации примеси.

Нефелометрический анализ основан на сравнении интенсивности рассеянного исследуемой средой света с интенсивностью света, рассеянного другой средой, служащей сопоставительным стандартом.

Применение фотоэлемента для визирования окраски повышает объективность этих методов исследования.

Линейно-колористический метод основан на окрашивании порошка-индикатора, помещенного в трубку, при просасывании через нее пробы воздуха с исследуемой примесью, концентрация которой отсчитывается на шкале прибора по длине окрашенного столбика индикатора в трубке.

При постоянстве концентрации исследуемой примеси в воздухе, объема и скорости просасывания воздуха через трубку длина окрашенного столбика зависит от хемосорбционной

емкости реактива, осажденного на порошке, и от величины поверхности (площади) этого реактива на единицу длины столбика порошка в трубке.

В качестве носителей реактива используют зерна фарфорового порошка, силикагеля и других веществ; реактив для покрытия подбирают в зависимости от исследуемой примеси (уксуснокислый свинец для определения сероводорода, спиртовой раствор бромфенилсинего для определения аммиака и т. д.).

В газоанализаторах, основанных на манометрическом методе, в результате реакции поглощения реактивом исследуемой составляющей газа создается разрежение, величина которого зависит от концентрации улавливаемой примеси.

Анализ воздуха необходим для определения содержания не только токсичных, но и взрывоопасных газов. Допустимые концентрации взрывоопасных веществ выше допустимых концентраций токсичных примесей. Поэтому точность приборов, предназначенных для определения взрывоопасных примесей, недостаточна для определения концентрации токсичных примесей. Однако принципы действия указанных приборов одни и те же.

Диффузионные газоанализаторы основаны на различной скорости диффузии газов через пористые фильтры. При появлении в пропускаемом через камеру воздухе примеси газа с меньшей плотностью (и, значит, с большей скоростью диффузии) процесс выравнивания парциальных давлений происходит неравномерно: давление в камере сначала возрастает, достигая через некоторое время максимума, а затем выравнивается. При появлении тяжелых газов сначала возникает разрежение, а затем давление выравнивается. С помощью этого прибора измеряется скорость изменения концентрации примесей в воздухе и может автоматически отмечаться появление в воздухе тех или иных газов.

Кондуктометрический метод определения газов и паров в воздухе основан на измерении изменения электропроводности раствора-сорбента при поглощении определяемого вещества из исследуемого воздуха.

Акустические приборы основаны на том, что газы и пары, способные поглощать инфракрасные лучи, нагреваются, из-за чего при постоянном объеме сосуда повышается их давление. Если газ, находящийся в сосуда постоянного объема, подвергать действию прерываемого со звуковой частотой потока лучей, возникает пульсация давления и порождается звук, высота тона которого зависит от частоты прерывания, а сила звука — от теплоемкости данного газа. Кислород и азот прозрачны для тепловых излучений. Если к воздуху примешаны газы и пары, поглощающие инфракрасные лучи, сила звука в приборе будет тем больше, чем больше концентрация примеси.

Теплота сгорания — специфическая характеристика горючих газов. Большое число различных конструкций анализаторов основано на определении теплового эффекта сгорания горючей примеси.

При исследовании запыленности воздуха необходимо определение весовой и количественной концентрации пылинок, их химического состава и размеров.

Химический состав пыли устанавливают известными методами химического анализа.

Для определения концентрации пыли используют различные методы: весовые (гравиметрические) и счетные (кониметрические).

Весовые методы основаны на измерении привеса поглотителя при протягивании через него определенного объема исследуемого воздуха. В качестве поглотителя применяют фильтры из гигроскопической ваты или тонкого стеклянного и минерального волокна.

Для анализа применяют стандартные трубки (аллонжи) с сухим фильтром, через которые протягивают определенный объем воздуха.

Для протягивания воздуха применяют какой-либо аспирационный прибор: ручной насос, воздуходувку или электрический пылесос. Объем протягиваемого воздуха определяется газовыми часами либо реометром.

Счетные методы основаны на собирании пыли из определенного объема воздуха на предметное стекло и последующем подсчете числа пылинок.

Для определения числа пылинок пользуются микроскопом, внутри окуляра которого помещается окулярная сетка, представляющая собой круглую стеклянную пластинку с нанесенной на ней квадратной сеткой с общим числом 100 квадратов (10×10). Цена деления этой шкалы определяется заранее.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Всесоюзное совещание по защите от пыли и газов и охране воздушного бассейна металлургических предприятий. Труды НТОЧМ, т. XXXIV под ред. Б. М. Злобинского, 1963.

Вредные вещества в промышленности, ч. 1—2. Справочник для химиков, инженеров и врачей под общей ред. Н. В. Лазарева. Госхимиздат, 1963.

8. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

8.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ

Воздействие электрического тока на организм может иметь опасные для здоровья человека последствия и даже привести к смерти. Опасность усугубляется тем, что напряжение не может быть безопасно обнаружено при помощи органов чувств; вероятность смертельного исхода при поражениях электрическим током выше, чем при других причинах травматизма.

Под электрической травмой понимают повреждение, причиненное возникновением электрической цепи через тело человека (контактная электрическая травма, или электрический удар). При контакте с токоведущими частями (при достаточном напряжении в сети) вследствие протекания через тело человека тока значительной величины или высокой частоты или большого переходного сопротивления в месте контакта могут возникать электрические ожоги. Электрические ожоги могут возникнуть и вследствие воздействия электрической дуги.

К электрическим травмам относятся также наружные местные поражения: металлизация и электрические знаки. Металлизация происходит вследствие механического и химического воздействия тока, когда в глубь кожи проникают парообразные или расплавленные металлические частицы. Пораженный участок кожи приобретает жесткую поверхность и окрашивается. Электрический знак — следствие теплового воздействия тока при температуре 50—115°С и при хорошем контакте; он представляет собой припухлость на коже, иногда возникает отпечаток от соприкосновения с токоведущей частью. Электрознак не болезнен и обычно благополучно проходит, но известны и случаи тяжелых последствий (естественная ампутация пораженного органа).

Повреждения могут явиться следствием непосредственного теплового, электрохимического или другого воздействия

электрического тока на живой организм или опосредствованного воздействия через физиологические реакции, возникающие в организме в ответ на электрическое раздражение.

В физическом отношении контактная электротравма представляет биофизическое явление, вызванное наличием электрических полей больших градиентов, не присущих организму.

В физиологическом отношении контактная электротравма принадлежит к обусловленным факторами внешней среды повреждениям, которые происходят при возникновении электрической цепи через живой организм. Реакция может выражаться различно: начиная с локальной судороги, приводящей к отдергиванию контактирующей с источником напряжения конечности, и кончая смертельным исходом.

Как и всякий другой раздражитель, электрический ток действует местно, повреждая ткани, и рефлекторно через нервную систему. Рефлекторное действие выражено очень резко, так как при прохождении через организм электрический ток поражает огромное число чувствительных нервов. Но весьма существенное значение имеет и непосредственное действие электрического тока на скелетную мускулатуру, вызывающее судорогу, и особенно на сердце, приводящее к фибрилляции его (т. е. к такому состоянию, когда оно перестает сокращаться как единое целое в определенной последовательности, а происходят отдельные некоординированные «подергивания» волокон сердечной мышцы), при которой насосная функция сердца прекращается и может наступить моментальная смерть.

Причиной смерти может быть либо фибрилляция, либо остановка дыхания, либо ожог.

На исход электрического поражения влияет ряд факторов.

8.1.1. ВЕЛИЧИНА ТОКА

Тело человека представляет сочетание активного и емкостного сопротивлений, величина которых зависит от многих условий.

Величину и характер электрического сопротивления между двумя приложенными к телу человека электродами определяют мышечная ткань, кровеносная система, внутренние органы и нервы. Сопротивление тела человека меняется в зависимости от различных физических и биофизических факторов.

Ток во внешней цепи, при котором фиксируется начальное ощущение, есть начальный раздражающий ток. По мере увеличения начального тока реакции организма все более усиливаются, возникают судороги контактирующих с источником напряжения рук; при определенной величине тока руки так сильно сжимаются, что их невозможно оторвать от проводника, а при

дальнейшем возрастании величины тока может наступить смерть.

Восприятие различных величин электрического тока характеризуется следующими данными:

Ток, ма	Переменный ток 50—60 гц	Постоянный ток
0,6—1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2—3	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5—10	Судороги рук	Зуд, ощущение нагрева
12—15	Руки трудно оторвать от электродов. Сильные боли в руках. Состояние терпимо 5—10 сек	Усиление нагрева
20—25	Руки парализуются немедленно, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Затрудняется дыхание. Состояние терпимо не более 5 сек	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук
50—80	Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги. Затруднение дыхания
90—110	Паралич дыхания. При длительности 3 сек и более установившееся трепетание желудочков—паралич сердца	Паралич дыхания
3000 и более	Паралич дыхания, сердца при воздействии тока более 0,1 сек	Поражение дыхания и сердца при воздействии тока более 0,1 сек

Величина тока, протекающего через какой-либо участок тела, обратно пропорциональна сопротивлению между точками приложения напряжения и прямо пропорциональна напряжению. Контакт тела с источником напряжения при несчастных случаях обычно бывает не очень хорошим, и сопротивление контакта уменьшает величину тока через тело. Это происходит потому, что сопротивление контакта включается последовательно с сопротивлением тела, и падение напряжения в теле представляет собой лишь некоторую часть разности потенциалов на «электродах». Если же человек стоит на влажном грунте, так что контактное сопротивление между его телом и грунтом мало, и если устанавливается хороший контакт между телом и источником напряжения, то при относительно малом напряжении величина тока может достичь такой величины, что последствия его воздействия окажутся очень опасными и даже смертельными.

Если контактное сопротивление велико, а напряжение достаточно для создания тока значительной величины, то из-за сильного нагрева контактов может произойти ожог. Так как при данной величине тока плотность его обратно пропорциональна площади поверхности контакта, то при малой поверхности контакта ожог может быть вызван и относительно слабыми токами.

Сопротивление тела человека складывается из сопротивления внутренних органов и наружных покровов тела, в основном наружного слоя кожи — эпидермиса.

Сопротивление внутренних органов составляет 800—1000 *ом*, сопротивление сухой неповрежденной кожи может составлять 80 000—100 000 *ом* и больше. Однако сопротивление кожи — величина непостоянная: она значительно уменьшается для влажной кожи, при наличии повреждений кожи и т. д. Особенное значение имеет то обстоятельство, что сопротивление кожи быстро уменьшается под влиянием прохождения тока.

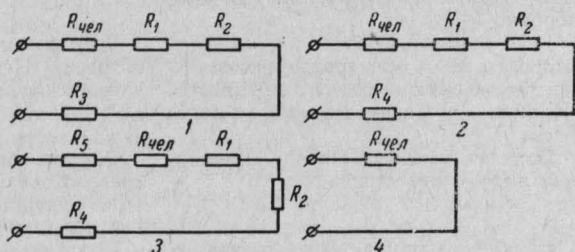


Рис. 8.1. Схемы поражения электрическим током:

1, 2, 3 — однополюсное прикосновение; 4 — двухполюсное прикосновение; $R_{\text{чел}}$ — сопротивление тела человека; R_1 — сопротивление обуви или одежды; R_2 — сопротивление пола или площадки; R_3 — сопротивление земли и сопротивление заземления заземлителей; R_4 — сопротивление заземляющего провода; R_5 — сопротивление элементов оборудования, оказавшихся в электрической цепи с телом человека

Поэтому опасным для организма является не смертельный ток, а такой, при котором невозможно самостоятельно оторваться от проводников, так как при этом очень быстро произойдет пробой кожи и величина тока, проходящего через организм, сильно возрастает.

При разработке защитных мероприятий считают безусловно опасным ток более 100 *ма*, который может привести к смертельному поражению. Исходя из сказанного, следует считать опасным и ток в 20—25 *ма*, при котором трудно самостоятельно оторваться от проводника. Неопасен ток в 100 *мка*.

Величина тока, проходящего через тело человека, зависит от того, при каких условиях произошло включение человека в электрическую цепь.

При одновременном прикосновении человека к двум разным фазам электрической сети (рис. 8.1), т. е. при двухполюсном прикосновении, величина тока через тело человека

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{R_{\text{ч}}}, \quad (8.1)$$

где I_q — ток, протекающий через тело человека, *а*;

U — напряжение установки, *в*;

R_q — сопротивление тела человека, *ом*.

При прикосновении человека к одной фазе электрической сети с заземленной нейтралью, т. е. при однополюсном прикосновении, через тело человека проходит ток (не учитывая сопротивления заземления нейтрали)

$$I_q = \frac{U_\phi}{R_q}$$

или

$$I_q = \frac{U}{\sqrt{3} R_q}, \quad (8.2)$$

где U_ϕ — напряжение фазы.

При прикосновении к одной фазе электрической сети с изолированной нейтралью через тело человека пройдет ток

$$I_q = \frac{U}{\sqrt{3} R_q + \frac{R_{из}}{\sqrt{3}}}, \quad (8.3)$$

где $R_{из}$ — сопротивление изоляции одной из фаз.

При однополюсном прикосновении в электрической цепи может оказаться ряд сопротивлений, которые должны быть учтены при определении величины тока. Основные из возможных вариантов приведены на рис. 8. 1.

При замыкании токоведущих частей на землю (например, при обрывах электропроводов) и растекании аварийного тока человек, передвигающийся по опасной зоне, может оказаться под шаговым напряжением вследствие наличия разных потенциалов на поверхности земли.

В электрических установках высокого напряжения при приближении к токоведущим частям на расстояние, равное разрядному, возникает электрическая дуга, замыкающая цепь тока через тело человека.

8.1.2. РОД ТОКА

Указанные выше величины справедливы для переменного тока. Влияние постоянного тока несколько отлично от переменного.

Как показывают исследования, для напряжений меньше 500 *в* переменный ток промышленной частоты опаснее равного ему по напряжению постоянного тока. При напряжениях около 450—500 *в* опасность обоих родов тока одинакова. При напряжениях более 500 *в* преобладает опасность постоянного тока.

Найдены эквивалентный по своей опасности напряжения обоих родов тока, например 120 в постоянного тока и 42 в переменного тока или 108 в постоянного тока и 36 в переменного тока.

8.1.3. ЧАСТОТА ТОКА

Исход поражения зависит также от частоты тока. Наиболее опасным считается ток частотой 50—60 *гц*.

В диапазоне частот 50—500 *гц* опасность переменного тока не только не падает, но даже несколько возрастает с частотой. При дальнейшем увеличении частоты тока опасность уменьшается, а при частотах в сотни тысяч герц переменный ток в отношении электрического удара неопасен (но опасность ожогов остается).

8.1.4. ПУТЬ ТОКА В ОРГАНИЗМЕ

Существенное значение для исхода воздействия имеет путь тока через организм («петля тока» поражения). Чем длиннее путь тока и чем ближе он пролегает к жизненно важным органам, тем тяжелее исход поражения.

В организме имеются рефлексогенные зоны, раздражение которых особенно опасно (например, корень легкого, запястье руки и др.).

Любой, даже самый короткий, путь тока опасен для организма.

8.1.5. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ТОКА

Влияние времени действия электрического тока на исход поражения совершенно очевидно, но для определения численной величины этого фактора недостаточно данных. При длительности воздействия меньше 0,1 *сек* смертельные поражения не встречались. Безопасное время воздействия находится в пределах до 0,01 *сек*; для тока частотой до 25 *гц* и для постоянного тока время можно принять в пределах 0,02—0,05 *сек*.

8.1.6. ФАКТОР ВНИМАНИЯ

При направленном внимании, которое усилием воли направляется на ожидаемые явления, события и раздражения, смертельные поражения в сетях напряжением до 1000 в редки, а если происходят, то в результате длительного нахождения пострадавшего в цепи тока.

Фактор внимания имеет значение потому, что эффект воздействия тока зависит и от реактивности организма.

8.1.7. СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА

Для исхода воздействия тока имеют значение также и индивидуальные особенности организма, физическое и психическое состояние его. При болезнях сердца, туберкулезе, нервных и других заболеваниях опасность поражения увеличивается.

Утомление организма вызывает понижение внимательности, что не только усиливает возможность поражения, но и может усугубить тяжесть его. Болезненное состояние организма, алкогольное опьянение уменьшают сопротивляемость организма и отягощают воздействие.

Любое заболевание сердца является противопоказанием для допуска к работе, связанной с опасностью электрического поражения.

8.1.8. ВНЕШНЯЯ СРЕДА

Опасность поражения может усиливаться различными условиями внешней среды.

В горячих цехах тяжесть поражения увеличивается потому, что при перегреве организма снижается его сопротивление. Аналогичное значение имеет воздействие облучения на организм.

Большое значение имеет изменение атмосферного давления, понижение атмосферного давления увеличивает опасность воздействия электрического тока, и наоборот.

8.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

Устройство и эксплуатация электротехнических установок должны соответствовать обязательным для всех предприятий Правилам устройства электротехнических установок и Правилам техники безопасности при эксплуатации электрических установок и электрических сетей.

На основе этих правил на каждом предприятии должна быть разработана система безопасной эксплуатации электрических установок и приказом установлены структура и штат персонала.

Для безопасности эксплуатации электротехнических установок решающее значение имеют производственные условия, которые характеризуются особенностями окружающей среды, степенью доступности электрического оборудования, напряжением электрического тока.

В отношении опасности поражения электрическим током помещения разделяются на три категории:

помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием одного из следующих признаков: сырость или

токопроводящая пыль; токопроводящий пол; высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическому корпусу электрооборудования, с другой ¹;

помещения особо опасные, которые характеризуются наличием одного из следующих признаков: особая сырость, химически активная среда; два или более признаков повышенной опасности;

помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют указанные выше признаки ².

Кроме того, различают помещения пожароопасные и взрывоопасные.

Пожароопасные — помещения или наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие вещества; они разделяются на классы П—I, П—II, П—IIа, П—III*.

Взрывоопасные — помещения и наружные установки, в которых по условиям технологического процесса могут образоваться взрывоопасные смеси; они разделяются на классы В—I, В—Iа, В—Iб, В—Iг, В—II и В—IIа**.

¹ Этот фактор может быть оценен по коэффициенту заполнения $k = \frac{S_{м.о.}}{S_{п.}}$, где $S_{м.о.}$ — площадь, занятая металлическим оборудованием, м²;

$S_{п.}$ — площадь пола помещения, м².

Если $k > 0,2$, это является признаком наличия опасности.

² При этом влажным считаются помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно в небольших количествах и относительная влажность не превышает 75%; сырыми — помещения, в которых относительная влажность длительно превышает 75%; особо сырыми — помещения с относительной влажностью воздуха, близкой к 100%. Жаркими считаются помещения, в которых температура длительно время превышает +30°С. Пыльными считаются помещения, в которых пыль может оседать на провода, проникать в кожухи электрооборудования и т. п. Химически активная среда характеризуется наличием (постоянным или длительным) паров или отложений, которые разрушающе действуют на токоведущие части электрооборудования.

* Класс П—I — помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°; класс П—II — помещения, в которых выделяются горючие пыли или волокна, переходящие во взвешенное состояние, класс П—IIа — производственные и складские помещения, в которых содержатся твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.), но без признаков класса П—II; класс П—III — наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°С, а также твердые горючие вещества.

** Класс В—I — помещения, в которых выделяются горючие газы или пары, способные образовывать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы. Класс В—Iа — помещения, в которых при нормальной эксплуатации не образуются взрывоопасные смеси, но это возможно при неисправностях или авариях. Класс В—Iб — те же помещения, что и класса В—Iа, но образующие-

По доступности электрического оборудования и по квалификации персонала все помещения делятся на 4 группы:

замкнутые электромашинные помещения, в которых квалифицированный персонал находится лишь короткий срок, а в остальное время эти помещения закрыты;

электромашинные помещения, в которых постоянно находится квалифицированный персонал, а доступ для остальных закрыт;

производственные помещения, в которых, кроме квалифицированного электротехнического персонала, находятся и другие рабочие;

бытовые и административные помещения, в которых доступ к электрооборудованию возможен для всех.

Все электрические установки по напряжению классифицируются на две группы: напряжением до 1000 в и выше 1000 в.

Работы в электроустановках производят при наличии распоряжения уполномоченного на это лица (устного, телефонного или письменного) и предварительного выполнения технических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность работающих. В установках напряжением выше 1000 в работа производится не менее чем двумя лицами. Организационные мероприятия включают оформление работ нарядом, оформление допуска к работе, надзор за ведением работ, оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, окончания работ.

Организационные и технические мероприятия регламентируются Правилами технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий.

ся в них горючие газы или имеют нижний предел взрываемости 15% и более и обладают резким запахом при санитарных предельно допустимых концентрациях, или создают только местную взрывоопасную концентрацию, или эти газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости имеются в небольших количествах. Класс В—Iг — наружные установки, где образование взрывоопасных смесей возможно только при авариях и неисправностях. Класс В—II — помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах. Класс В—IIа — помещения, в которых происходит образование взрывоопасных смесей горючих пылей или волокон только в результате неисправностей или аварий.

К взрывоопасным помещениям относятся и помещения, граничащие со взрывоопасными или смежные с ними: класс В—Iа — помещения, граничащие с помещением класса В—I; класс В—Iб — граничащие с помещением В—Iа; класс В—IIа — граничащие с помещением В—II, если они отделены одной несгораемой стеной с противопожарной дверью. Камеры вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные помещения и изолированные от них, относятся к взрывоопасным помещениям на один класс ниже, а камеры приточных вентиляторов — к невзрывоопасным помещениям.

Каждому инженерно-техническому работнику и рабочему на основании проверки квалификационной комиссией теоретической и практической подготовленности присваивается квалификационная группа и выдается удостоверение на право работы на данной электроустановке. Квалификационных групп — пять (наиболее ответственная — V группа). К работе на электрических установках допускают только лиц, имеющих квалификацию не ниже II группы.¹

При приеме на работу, перемещениях на работе, периодически (не реже раза в год) и при нарушениях Правил производится проверка знаний квалификационной комиссией. Результаты проверки отмечают в специальном журнале.

8.3. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И ПОМЕЩЕНИЙ

Помещения электротехнических установок должны быть устроены так, чтобы снижалась опасность поражений электрическим током.

На условия безопасности большое влияние оказывает электропроводность полов. Надежно изолирующий пол уменьшает опасность. Этому условию отвечают сухие полы из бетона, металлических плиток, паркета, кирпича.

Применяемое электрическое оборудование по конструкции, исполнению, способу установки, качеству изоляции и т. д. должно отвечать соответствующим правилам и ГОСТам. Тип оборудования выбирают в соответствии с характеристикой помещения.

Машины и аппараты открытого типа не имеют специальных приспособлений для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также для предотвращения попадания внутрь посторонних предметов, пыли, брызг воды и т. д.; их можно устанавливать только в помещениях без повышенной опасности с принятием мер против прикосновения к их вращающимся и токоведущим частям.

При напряжении до 1000 в электрические машины и аппараты должны быть защищенного типа; в оборудовании такого типа сетка или щиток с мелкими отверстиями предохраняет от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также от попадания посторонних предметов внутрь их.

¹ Характеристика знаний по II группе: элементарное техническое знакомство с электротехническими установками; достаточно отчетливое представление об опасности электрического тока и приближения к токоведущим частям; знание основных мер предосторожности при работах электротехнических установок; практическое знакомство с правилами оказания первой помощи.

При напряжении более 1000 в электрические машины и аппараты должны быть закрытого типа, т. е. вращающиеся и токоведущие части со всех сторон должны быть закрыты от внешней среды оболочкой.

При наличии опасных газовых смесей используют взрывозащищенное электрооборудование.

Для характеристики опасности газовых смесей основное — температура самовоспламенения (и период индукции).

Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения, °С
А	450
Б	300—450
Г	175—300
Д	120—175

Взрывоопасные смеси способны распространять волну из оболочки электрооборудования в окружающую среду через фланцевые зазоры различной величины. Подбор зазора определенной величины делает его огнепреградителем. Взрывонепроницаемость электрооборудования основывается на заключении его в прочную оболочку с фланцами определенных размеров.

Ниже приводится классификация взрывоопасных смесей по минимальной величине зазора, при которой взрыв еще не передается:

Категория взрывоопасной смеси	Величина зазора между поверхностями фланцев шириной 10 мм, при которой частота передачи взрывов составляет 50% общего числа взрывов при объеме оболочки 2,5 л, мм
1	Больше 1,0
2	0,65—1,0
3	0,35—0,65
4	Меньше 0,35

Взрывозащищенность современного электрооборудования складывается из взрывонепроницаемости заполнения объема оболочек, искробезопасности, повышенной надежности против взрыва.

Взрывонепроницаемость достигается заключением всех электрических частей машин и аппаратов во взрывонепроницаемую оболочку, которая представляет собой прочную закрытую конструкцию, состоящую из одной или нескольких полостей. Размеры фланцев (их ширина и зазоры) — определенные, оболочка устойчива против внутренних взрывных давлений и внешних механических воздействий.

Заполнение объема плотно закрытой оболочки производится продувкой чистым воздухом под избыточным давлением, препятствующим засасыванию воздуха внутрь оболочки из окру-

жающей среды, либо чистым воздухом или инертным газом без продувки, заливкой эпоксидальной смолой, заполнением песком и т. д., либо погружением в масло.

Искробезопасность основана на создании конструкций, в которых нагретые части или искрение имеют тепловую энергию, недостаточную для воспламенения взрывоопасной среды. Искробезопасное исполнение оборудования достигается соответствующим подбором параметров электрической цепи.

Повышенная надежность против взрыва достигается: а) ограничением нагрева внутренних и наружных поверхностей; б) применением изоляции с повышенной электрической прочностью и тепловой устойчивостью; в) защитой токоведущих частей от попадания капли, брызг, пыли и др.; г) исключением искрения.

Внутрицеховую электрическую сеть выполняют изолированными проводами или кабелем с защитной оболочкой, которая по механической прочности и устойчивости к воздействиям окружающей среды отвечает условиям эксплуатации.

Для осветительной сети общего освещения допускается напряжение не выше 250 в. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных для светильников местного и ремонтного освещения и для ручного инструмента напряжение не должно превышать 36 в.

Расстояние по вертикали и горизонтали от проводов до земли, транспортных путей, зданий и других объектов нормируют. Также нормированы наименьшие допустимые сечения проводов по условиям механической прочности и предупреждения обрыва их.

Для защиты от прикосновения осуществляют недоступное расположение токоведущих частей (на высоте, под полом или скрыто в стенах). Так, например, минимальная высота подвеса голых проводов 3,5 м (если не требуется большая высота из-за возможности задевания их какими-либо предметами с земли или проезжающим транспортом); наименьшее допустимое расстояние до работающих при напряжении до 15 кв 0,7 м, а 220 кв 3 м.

Голые токоведущие части, к которым возможно прикосновение людей, надежно ограждают во всех случаях, когда напряжение превышает 65 в в помещениях без повышенной опасности, 36 в в помещениях с повышенной опасностью, 12 в в помещениях особо опасных. При напряжении более 250 в защищают не только голые, но и изолированные токоведущие части.

Электрическое оборудование окрашивают в установленные цвета. Это имеет не только опознавательное и эстетическое значение; окраска играет определенную защитную роль, так как благодаря своим изолирующим свойствам при авариях обору-

дования исключает опасность образования электрической цепи через тело прикоснувшегося к оборудованию работника или снижает ее (из-за уменьшения поверхности соприкосновения).

В качестве защитной изоляции можно применять покровные лаки, электроизолирующие пленки, эмалевые и масляные краски. Покртия должны быстро сохнуть, обладать хорошей адгезией к покрываемой поверхности, давать твердую, непроводящую, влагонепроницаемую, механически прочную пленку.

8.4. ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для предупреждения электрических поражений необходима защита от трех опасностей: возникновения чрезмерных токов, прикосновения к токоведущим частям, прикосновения к нетоковедущим частям, случайно оказавшимся под напряжением (при переходе напряжения).

8.4.1. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

Токи коротких замыканий могут достигать десятков и даже сотен тысяч ампер. Такой значительный ток обладает электродинамическим и тепловым действием; недостаточно механически прочное электрическое оборудование может разрушиться; перегрев токоведущих частей, электрические искры и дуги могут воспламенить изоляцию и окружающую горючую среду.

Для предотвращения короткого замыкания необходимы: правильный выбор, монтаж и эксплуатация сетей, машин и аппаратов; соблюдение правил эксплуатации, осмотров, ремонта и испытаний электрических установок.

Для локализации последствий короткого замыкания используют быстродействующие релейные защиты и выключатели, установочные автоматы и плавкие предохранители.

Причинами возникновения перегрузки могут быть неправильный расчет при проектировании сети, включение в сеть дополнительных потребителей, на которые сеть не рассчитана, механическая перегрузка на валу электрического двигателя и др.

Перегрузку проводников можно обнаружить измерением их нагрева и сравнением с максимально допустимыми температурами по ГОСТу или Правилам устройства электроустановок.

Для предотвращения перегрузки необходимы: правильный выбор сечения проводников, недопущение включения в сеть непредусмотренных дополнительных потребителей, исключение нагрева частей электроустановок выше допустимого. Для защиты электроустановок от токов перегрузки применяют плавкие предохранители.

Предохранители выбирают в соответствии с сечением проводов или мощностью защищаемых электрических устройств. Их устанавливают в запирающихся ящиках, чтобы устранить контакт людей с токоведущими частями. Перед предохранителями устанавливают рубильники или выключатели, чтобы можно было менять плавкие вставки при отключенном напряжении. Для сигнализации об исправности предохранителей в сеть включают сигнальные лампы.

При размыкании и замыкании электрических цепей может возникнуть электрическая дуга, поэтому рубильники располагают в кожухе или за щитом из огнестойкого материала, а металлические кожухи заземляют.

Эксплуатация масляных выключателей также требует выполнения определенных правил безопасности.

В более ответственных установках для защиты от чрезмерных токов применяют максимальные автоматы.

8.4.2. ЗАЩИТА ОТ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Защита от прикосновения к токоведущим частям электротехнических устройств достигается изоляцией, ограждением, дистанционным управлением и блокировкой, предупредительной сигнализацией, недоступным расположением.

Повреждение изоляции — основная причина аварий и несчастных случаев. Для изоляции применяют различные материалы: резину, хлопчатобумажную пряжу, асбест, пластмассы и др.

Соппротивление изоляции сети нормировано.

Ограждение токоведущих частей электрического оборудования достигается помещением установки в отдельную камеру, укрытием оборудования кожухом или сетчатым ограждением.

Дистанционное отключение и включение могут производиться при помощи магнитных пускателей.

Блокировка в целях безопасности устраивается для связи дверей в помещении или дверок оградительных устройств с работой электрического оборудования. При открывании дверей благодаря блокировке напряжение автоматически отключается.

Предупредительная сигнализация является пассивным защитным средством. Световая сигнализация должна быть двойной: при наличии напряжения горит красная лампа, при отсутствии его — зеленая; обе потухшие лампы свидетельствуют о неисправности сигнализации.

Для предупреждения об опасности приближения к находящимся под напряжением частям оборудования, указания места, подготовленного к работе, напоминания о принятии мер и т. д. применяют плакаты.

Для установок высокого напряжения установлен единый предостерегающий знак. Постоянные предупредительные сигналы устанавливаются на дверях и в помещениях электротехнических установок напряжением более 1000 в.

Установлена также отличительная окраска для различных токоведущих частей.

8.4.3. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕХОДА НАПЯЖЕНИЯ

Для защиты от напряжения, возникающего на металлическом корпусе оборудования при повреждении изоляции, применяют защитное заземление, которое представляет собой соединение с землей при помощи металлических проводников и заземлителей нетоковедущих металлических частей оборудования.

Назначение защитного заземления — создание между металлическими конструкциями (или корпусом защищаемого устройства) и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления, чтобы при замыкании на землю в случае прикосновения человека к поврежденной части установки через параллельно присоединенное тело человека прошел ток малой величины, не угрожающий здоровью.

Заземлению подлежат металлические части электроустановок и оборудования во всех производственных помещениях, а также наружных электроустановок, которые могут оказаться под напряжением из-за нарушения изоляции.

Заземлителями могут служить любые металлические предметы или части оборудования, имеющие достаточную и постоянную поверхность соприкосновения металла с землей. В качестве искусственных заземлителей используют специально закладываемые на определенную глубину в землю 0,7—0,8 м стальные трубы, угловую сталь, стальные полосы, круглую сталь и т. п. Минимальные размеры заземлителей нормированы. В качестве естественных заземлителей используют трубопроводы (не содержащие взрыво- и пожароопасных жидкостей и газов), металлические оболочки кабелей, закладные части металлического оборудования, хорошо связанные с землей, и т. п. Такие заземлители не требуют специальных затрат на их устройство.

В установках 220 и 380 в с заземленной нейтралью трансформаторов или генераторов используется система заземления, при которой заземляющие проводники соединены с заземленной нейтралью. При таком соединении (так называемом занулении) замыкание токоведущих частей установки превращается в короткое замыкание, и аварийный участок отключается автоматом или предохранителем. Таким образом, основное назначение зануления — отключение участка сети, на котором произошло за-

мыкание находящихся под напряжением проводников на заземленные части установки (рис. 8.2).

Допустимое сопротивление заземления выбирают на основании расчета токов замыкания при соответствующих условиях.

Сопротивление заземления принимается во много раз меньшее, чем сопротивление тела человека. В установках напряже-

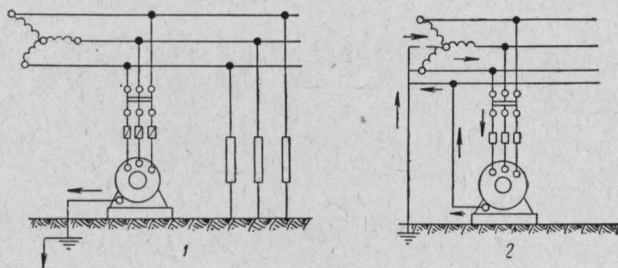


Рис. 8.2. Схема защитного заземления:

1 — в сети с заземленной нейтралью; 2 — в сети с изолированной нейтралью

нием до 1000 в оно не должно превышать 4 и 10 ом (в зависимости от условий); в установках напряжением выше 1000 в при токе замыкания на землю более 500 а оно не должно быть бо-

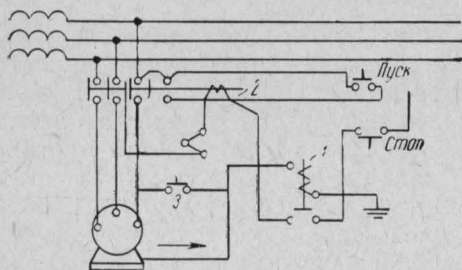


Рис. 8.3. Защитное отключение:

1 — реле; 2 — контактор; 3 — кнопка контроля исправности прибора

лее 0,5 ом, а при токе замыкания менее 500 а $\frac{250}{I}$ ом, но не более 10 ом.

Система заземления может быть сосредоточенной (выносной) и контурной.

Сопротивление заземлителей зависит не только от материала заземлителя, но и от свойств и состояния грунта. Удель-

ное сопротивление грунта может быть снижено пропитыванием раствором солей (например, 10%-ным раствором поваренной соли).

Для защиты применяют также защитное отключение — блокировку, которая мгновенно отключает поврежденную установку при появлении напряжения на корпусе оборудования (рис. 8.3).

При напряжениях сети от 65 до 150 в защитное заземление выполняют в особо опасных помещениях, пожаро- и взрывоопасных помещениях и в наружных электрических установках.

В сетях напряжением выше 150 в защитное заземление обязательно во всех производственных помещениях (независимо от их категории) и во всех наружных установках.

В электрических сетях, питаемых от трансформаторов, в случае перехода высшего напряжения в сеть низшего происходит пробой на корпус оборудования на стороне низшего напряжения.

Для защиты от перехода высшего напряжения в сеть низшего производят заземление нейтральных точек трансформатора через пробивные предохранители. Этот предохранитель имеет слюдяную прокладку с воздушными промежутками и нормально изолирует вторичную обмотку изолятора от земли. В случае повреждения изоляции и появления в защищаемой обмотке тока высшего напряжения воздушные промежутки слюдяной прокладки будут пробиты, вследствие контакта с землей возникнет однофазное короткое замыкание и поврежденный трансформатор будет автоматически отключен.

Особое внимание уделяется переносным понижающим трансформаторам и исправности их пробивных предохранителей. Корпус и вторичную обмотку понижающих трансформаторов заземляют.

8.4.4. ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ

К переносному электрооборудованию относятся электроинструмент и электроаппараты различного назначения, электрические лампы и другие электроприемники, присоединяемые к источникам тока гибким проводом через штепсельную розетку. Они должны быть рассчитаны на напряжение до 36 в, а в особо опасных помещениях — до 12 в. Перед использованием их надежно заземляют: один конец заземляющего провода прочно присоединяют к корпусу инструмента, а другой — к заземляющему контакту штепсельной вилки; при включении в цепь этой вилки сначала включается заземляющий контакт, а затем токовые контакты; заземляющий проводник должен находиться в общей оболочке с фазными проводниками и иметь одинаковое с ними сечение.

Конструкция электрифицированного инструмента и ламп должна иметь надежную изоляцию от соприкосновения с токоведущими частями.

В случае необходимости использования электрического инструмента напряжением до 220 в обязательно применение защитных средств и заземления корпуса инструмента.

8.5. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Правила пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках, регламентируют комплектование электроустановок защитными средствами, порядок содержания защитных средств, контроль за их состоянием и учет.

Защитными средствами считаются такие приборы, аппараты, переносные приспособления и одежда, которые имеют целью защитить персонал, работающий у электрических и других установок, от поражения электрическим током, электротравм, ожогов, падения с высоты и др.

К защитным средствам относятся: монтерский инструмент (изолирующие оперативные и токоизмерительные штанги, клещи и др.), части одежды (резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши, брезентовые рукавицы, противогазы, предохранительные пояса и др.) вспомогательные приспособления (изолирующие площадки; подставки, колпаки, накладки, временные ограждения и др.) указатели напряжения (для определения наличия напряжения).

По степени надежности защитные средства подразделяются на основные и дополнительные (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Напряжение установки <i>в</i>	Защитные средства	
	основные	дополнительные
Выше 1000	Штанги для операций под напряжением, для наложения временных заземлений и для измерения. Изолирующие клещи для установки и снятия предохранителей	Диэлектрические перчатки, рукавицы и изолирующие подставки. Диэлектрические маты (коврики, дорожки)
До 1000	То же и диэлектрические перчатки и рукавицы. Монтерский электроинструмент с изолирующими ручками	То же (за исключением диэлектрических перчаток и рукавиц)

К основным относятся изолирующие средства, изоляция которых может надежно выдерживать рабочее напряжение установки и посредством которых можно касаться токоведущих частей под напряжением; защитные средства выполняют из фарфора, обработанного бакелита, эбонита и других равноценных им изолирующих материалов с устойчивой диэлектрической характеристикой.

К дополнительным относятся изолирующие средства, которые сами по себе не могут обеспечить безопасности от пораже-

ния электрическим током и имеют назначение усилить действие основных средств, обеспечить защиту от напряжения прикосновения, шагового напряжения и ожогов электрической дугой.

В установках до 220 в допускается в качестве указателя напряжения контрольная лампа, заключенная в футляр-арматуру из изоляционного материала с прорезью для светового сигнала. При более высоком напряжении применяют указатели напряжения, работающие от емкостных токов и не требующие включения в цепь (рис. 8.4).

Переносные временные заземления применяют для защиты в случае ошибочной подачи напряжения на отключенный участок и т. п. Они состоят из трех частей: проводников для закорачивания фаз в виде медных стержней или гибких медных проводов; проводников для заземления из голого медного гибкого провода сечением не менее 25 мм²; зажимов для присоединения заземляющих проводников к заземляющей шине и закорачивающих проводников к токоведущим частям.

Переносные временные ограждения применяют для предохранения работающего персонала от случайных прикосновений к находящимся под напряжением токоведущим частям, расположенным вблизи места работ. В качестве таких ограждений используют щиты (ширмы) и клетки-щиты; их изготовляют из дерева или другого нехрупкого изолирующего материала, сплошными или решетчатыми, окрашивают, после чего на них пишут предупредительные надписи.

Изолирующие накладки изготовляют из нехрупкого и огнестойкого изолирующего материала (бакелита, текстолита и др.) таких размеров, которые позволяют полностью закрыть токоведущие части, оставшиеся под напряжением.

Для изолирования разъединителей, отделяющих участки для производства работ, от напряжения употребляют резиновые колпаки.

Все защитные средства учитывают в специальном журнале и нумеруют. Размеры изолирующей части и захвата — ручки изолирующих штанг, клещей, указателей напряжения емкостного тока и др. — нормированы.

Назначение предохранительных поясов состоит в предотвращении падения с высоты при работах на опорах или проводах линий электропередачи, на конструкциях или оборудовании.

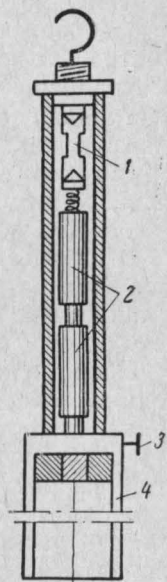


Рис. 8.4. Неоновый индикатор напряжения:

1 — неоновая лампа;
2 — конденсаторы;
3 — заземляющий винт; 4 — держатель

Как дополнительная мера безопасности используется страхующий канат.

Перед употреблением защитного средства обязательно проверяют его исправность (отсутствие внешних повреждений, пыли, а у резиновых перчаток и проколов), соответствие напряжения указанному в штампе и не истек ли срок периодического испытания.

Важное значение имеет обучение всего персонала мерам оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока. Особый характер поражений, когда пострадавший не может самостоятельно оторваться от токоведущих частей, при внешних признаках смерти (отсутствие дыхания, сердцебиения, пульса), требует немедленной и умелой помощи. Необходимо прежде всего освободить пострадавшего от действия тока. Для этого либо быстро отключают ток (приняв меры для безопасного падения пострадавшего, если он находится на высоте), либо отделяют пострадавшего от токоведущих частей; при этом можно воспользоваться каким-либо сухим непроводящим предметом или взяться (по возможности одной рукой) за одежду или обувь пострадавшего, чтобы оттащить его от токоведущих частей, или подсунуть под пострадавшего сухую доску.

В случае необходимости следует изолированным инструментом один за другим перерубить провода. В последнем случае, а также при напряжении выше 1000 в спасающему следует надеть боты и перчатки.

После освобождения от действия электрического тока необходимо обеспечить пострадавшему полный покой, наблюдение врача, создать приток свежего воздуха, согреть тело. При плохом дыхании или при отсутствии признаков жизни следует быстро освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды, освободить рот от посторонних предметов (вставные челюсти и т. п.), раскрыть рот, выдвинув нижнюю челюсть, и затем производить искусственное дыхание до оживления пострадавшего или появления явных признаков смерти.

8.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

В последние годы в промышленности и исследованиях получило широкое распространение использование токов высокой частоты.

Вблизи генераторов высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот создаются электромагнитные поля, оказывающие неблагоприятное воздействие на организм.

Возле источников высокочастотных полей может создаваться и зона индукции, и зона излучения в зависимости от того, какова

частота генератора и расстояние от источника излучения до рабочего места.

На расстоянии до $\frac{1}{6}$ длины волны источника преобладают поля индукции, на более далеком расстоянии создается зона излучения. В зоне индукции человек находится в периодически сменяющихся электрических и магнитных полях, а в зоне излучения — в электромагнитном поле с равными и одновременно изменяющимися электрической и магнитной составляющими.

Интенсивность (плотность потока мощности) электромагнитного поля на рабочих местах может колебаться в зависимости от мощности генератора, расстояния от источника и отражения от окружающих поверхностей.

Электромагнитные поля высокой и ультравысокой частоты воздействуют на функциональное состояние вегетативной и центральной нервной системы; возможны изменения температуры тела, пульса, сосудистых реакций и др.

Биологическое действие сантиметровых волн сказывается прежде всего в сердечно-сосудистых и вегетативных сдвигах; при постоянном длительном действии малых интенсивностей облучения биологическое действие проявляется преимущественно в функциональных изменениях нервной системы сказывающихся в общей слабости, вялости, повышенной раздражительности.

Степень биологического действия поля на организм человека зависит от частоты электромагнитных колебаний и интенсивности поля на рабочем месте. Интенсивность поля в свою очередь зависит от мощности, характера излучающих элементов и степени экранирования установки.

Кроме обычной электрической опасности, защита должна предусматривать опасность воздействия электромагнитного поля.

Вредное действие высокочастотных полей сказывается тогда, когда напряженность электромагнитного поля превышает определенную величину.

Напряженность высокочастотных и ультравысокочастотных электромагнитных полей не должна превышать 5 в/м; у индукционных плавильных печей и нагревательных индукторов, в порядке исключения, допускается напряженность поля до 10 в/м.

Интенсивность облучения на рабочих местах для диапазона сантиметровых и дециметровых волн (1—100 см) не должна превышать:

При длительности облучения	Мквт/см ²
В течение всего рабочего дня	10
До 2 ч за рабочий день	100
До 20 мин за рабочий день	1000

В последних двух случаях следует обязательно пользоваться защитными очками из латунной сетки с мелкими отверстиями или очками с металлической решеткой ($0,8 \times 0,8 \times 1,2$ см): оправа имеет обрамление из латунной сетки, а с внутренней стороны поглощающую прокладку.

Приведенные нормы являются временными. Ведется исследовательская работа по их уточнению, а также по выработке норм для диапазона промежуточных, коротких и метровых волн (1—200 м).

Источником высокочастотного поля в агрегатах для индукционного нагрева является индуктор. Создающееся внутри катушки поле используется для полезной работы (нагрев помещаемого внутрь индуктора металла). Внешнее поле катушки, которое может оказывать воздействие на персонал, гораздо более слабое.

Источником высокочастотного поля в агрегатах для диэлектрического нагрева является рабочий конденсатор. И здесь внешнее поле имеет меньшую интенсивность, чем поле между пластинами.

Источниками поля могут явиться и отдельные элементы генераторов: катушки контура, катушки связи, конденсаторы, подводящие элементы и др.

При устройстве и эксплуатации высокочастотных установок принимают меры против поражения током. На электрические установки токов повышенной и высокой частоты распространяются все положения и правила, касающиеся эксплуатации и безопасности электрических установок соответствующего напряжения.

Все высокочастотные установки должны отвечать обычным правилам электробезопасности. Металлические части установок заземляют. Высокочастотные установки оборудуют ограждениями и блокировочными устройствами для предотвращения прикосновения к находящимся под напряжением частям установок. Установки оборудуют панелью или пультом управления, при необходимости — с дистанционным управлением.

Вода для охлаждения деталей установок, находящихся под напряжением, подается через шланги из изоляционного материала минимальной длины с заземленными металлическими наконечниками.

Для локализации создаваемого источником электромагнитного поля устраивают экранирование.

В установках с машинными генераторами конденсаторные батареи устанавливают в металлическом шкафу с блокированной дверцей либо ограждают металлической сеткой с блокированной дверцей.

Основной вопрос защиты — уменьшение напряженности поля ниже указанных допустимых величин и возможное снижение их до нулевого уровня. Такое уменьшение может быть достигнуто двумя путями: уменьшением мощности применяемого источника и экранированием высокочастотных элементов аппаратуры.

Мощность источника зависит от требований производственного процесса и не может быть меньше необходимой, но вместе с тем она не должна быть и излишней.

Экранирование должно создавать необходимую степень ослабления интенсивности внешнего поля.

Эффективность экранирования может быть определена по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{E_n - E_z}{E_n} \cdot 100\%, \quad (8.4)$$

где E_n и E_z — напряженности поля до и после экранирования.

В агрегатах диэлектрического нагрева конденсатор необходимо полностью экранировать или устроить прямоугольный волноводный фильтр.

Экраны могут быть надежно рассчитаны¹. Степень экранирования волноводного фильтра, показывающая во сколько раз уменьшается интенсивность поля, примерно равна:

$$\mathcal{E} = e^{\frac{\pi l}{a}}, \quad (8.5)$$

где l — расстояние от края пластин конденсатора до края трубы фильтра;

a — ширина трубы фильтра;

e — основание натуральных логарифмов.

В агрегатах индукционного нагрева экранирование может быть достигнуто при помощи цилиндрического волноводного фильтра — открытого цилиндра, окружающего катушку. В этом случае эффективность экранирования примерно равна:

$$\mathcal{E} = e^{\frac{3,6l}{D}}, \quad (8.6)$$

где l — расстояние от края катушки до края цилиндра;

D — диаметр цилиндра фильтра.

Агрегаты, создающие высокочастотное поле, следует помещать в экранированный шкаф или камеру.

Для защиты используют разнообразные экраны.

Сплошные металлические экраны выбирают исходя из конструктивных соображений, так как ослабление ими достаточно

¹ В. А. Франке. Методика расчета экранов для рабочих индукторов и для согласующих трансформаторов плавления-закалочных высокочастотных установок. ЛИОТ. 1962.

велико. Выбор материала определяется его механическими свойствами.

Сетчатые металлические экраны применяют при необходимости небольшого ослабления. Величина ослабления определяется экспериментально.

При ультравысоких частотах применяют мелкую сетку из цветных металлов.

Стыки между листами должны иметь надежный электрический контакт по всему периметру (т. е. соединены сваркой или пайкой).

Поглощающие экраны можно изготавливать из материалов типа ХВ (резины, наполненной поглотителем, в который введена тонкая латунная сетка, или который обклеен тонкой металлической фольгой). Материалы типа ХВ выпускают в виде тонких ковриков на различные диапазоны частот.

Съемные и открывающиеся части экрана должны иметь надежный контакт с неподвижной частью экрана.

При выполнении экранирования необходимо учитывать требования по подавлению радиопомех.

Помещение высокочастотных установок в экранированные комнаты являются надежной мерой защиты (при условии дистанционного управления установками и отсутствия людей внутри комнаты).

Исследования показывают, что на выпускаемых установках высокочастотного нагрева устанавливается недостаточное экранирование, и требуется дополнительная защита, что легко осуществимо. Конструктивно не решена задача экранирования плавильного и закалочного индуктора. Опыт показывает, что удовлетворительное экранирование индукторов может быть осуществлено применением медных или алюминиевых листов. Сталь для этой цели непригодна. Экран устанавливают на достаточном расстоянии от индуктора (не менее диаметра катушки).

Отверстия для вентиляции, наблюдения и др. выполняются так, чтобы не снижалась эффективность экрана.

Для всех случаев эффективность экранирования может быть надежно рассчитана.

В целях удаления работающего от опасной зоны целесообразно применение дистанционной подачи деталей.

8.7. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

Для обеспечения безопасности производят контроль электрической изоляции, защитного заземления и индивидуальных защитных средств.

Все изолирующие защитные средства, находящиеся в эксплуатации, подвергаются электрическим испытаниям переменным током с частотой 50 гц при 15—20° С. Методика этих испытаний регламентирована Правилами пользования и испытания защитных средств.

На защитные средства (кроме инструмента с изолированными ручками) ставится штамп о прохождении испытания; без этого штампа их использование запрещается.

Измерение сопротивления заземления основано на методе амперметра и вольтметра, при котором измеряемое сопротивление определяется по закону Ома. В используемом для этой цели приборе МС-07 имеются две обмотки, из которых одна включена как амперметр, а другая как вольтметр.

Измерение сопротивления изоляции электрических цепей производят различными приборами, чаще всего мегомметром типа М-1101. Мегомметр состоит из генератора постоянного тока с ручным приводом и измерительного механизма.

Для контроля исправности проводов, соединяющих металлические корпуса с устройством защитного заземления, а также для измерения сопротивления этих проводов и обнаружения потенциалов на металлических корпусах используют прибор типа М-313 — переносное измерительное приспособление магнито-электрической системы, построенное по комбинированной схеме вольтметра с непосредственным отсчетом.

Удельное сопротивление грунта можно определить прибором МС-07.

Для измерения интенсивности электромагнитного поля может быть использован прибор типа ИЭМП-1, разработанный ЛИОТ. В приборе имеется усилительный блок и три сменных датчика для измерения напряженности электрического поля в диапазонах 100 кгц — 30 мгц и 30 мгц — 200 мгц и магнитного поля в диапазоне 100 кгц — 1,5 мгц. Для определения интенсивности поля в зоне индукции в него вносится антенна, подсоединенная к входу измерителя напряжения или мощности. Измерение напряженности электрического поля производится с помощью дипольной антенны, а напряженности магнитного поля — с помощью рамочной антенны.

Для измерения плотности потока мощности могут применяться радар-тестеры и термисторные измерители малой мощности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Королькова В. И. Электробезопасность на промышленных предприятиях, 4-е доп. изд. Оборонгиз, 1962.

Найфельд М. Р. Защитные заземления в электротехнических установках, изд. 2-е переработ. Госэнергоиздат, 1959.

9. ЗАЩИТА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

9.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ

При работах с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений может возникнуть облучение:

внешнее — от источников излучения, находящихся вне организма;

внутреннее — от источников излучения, попавших внутрь организма при вдыхании или при заглатывании (некоторые радиоактивные вещества, особенно в растворимых соединениях, проникают и через кожу);

комбинированное — внешнее и внутреннее облучение одновременно.

Радиоактивное облучение может оказать общее действие на организм, особенно на кровь и кроветворные органы (что вызывает малокровие, лейкемию), вызвать повреждения кожи, злокачественные опухоли и другие вредные последствия (катаракта, снижение длительности жизни, стерильность организма).

В зависимости от условий облучения поражение может быть острым (в результате действия больших доз за короткий промежуток времени) или хроническим (в результате действия сравнительно малых доз в течение длительного времени).

Могут возникнуть и генетические последствия, т. е. отдаленное воздействие на потомство, если ионизирующее излучение действует на половые клетки или клетки зародышевого пути. Возникновение наследственного изменения может привести к нежизнеспособности зародыша, проявиться в первом поколении или только в последующих поколениях. При этом вредные последствия сказываются в стерильности потомства, наследственных заболеваниях, передающихся от поколения к поколению скрытых изменениях (укорочении продолжительности жизни, понижении сопротивляемости инфекционным болезням), и др.

Воздействие излучений имеет ту особенность, что органы наших чувств не в состоянии их обнаружить и тем самым сигнализировать о наличии опасности. Кроме того, воздействие их не обнаруживается до тех пор, пока не проявится то или иное поражение. Различие между воздействием ионизирующих излучений и других физических и химических агентов состоит именно в том, что вызываемый облучением начальный эффект некоторое время вообще не проявляется, — существует скрытый (латентный) период между облучением и проявлением поражения.

Биологическое действие ионизирующих излучений связано с их высокой химической активностью; они способны разрывать любые химические связи и индуцировать длительно протекающие реакции. Под влиянием ионизирующих излучений зарождаются активные центры радиохимических реакций.

Возникшие первичные реакции развиваются с самоускорением. Вначале происходит ионизация — отрыв электронов от атомов, образование ионов и, кроме того, возбуждение атомов и появление радикалов в результате распада молекул воды (H_2O) на водород (H) и гидроксильную группу (OH). Продукты расщепления воды обладают высокой химической активностью, вступают в соединения с другими молекулами ткани и образуют новые химические соединения, не свойственные здоровой ткани.

В результате происшедших изменений нормальное течение биохимических процессов в организме и обмен веществ нарушаются.

Вызываемые при этом изменения могут быть обратимыми и необратимыми.

Характер взаимодействия с облучаемой средой различен у разных видов излучений.

Альфа-частицы, проходя через вещество, растрачивают свою энергию при столкновениях с атомами и молекулами, которые либо ионизируются, либо возбуждаются.

В отличие от альфа-частиц бета-частицы, проходя через вещество, не только постепенно теряют энергию, но и рассеиваются.

Гамма-кванты при взаимодействии с «легкими» веществами (например, тканью организма) теряют энергию главным образом в процессе соударения с электронами. При этом гамма-квант может передать свою энергию электрону либо полностью (фотоэффект), либо только часть ее и изменить направление движения (эффект квантового рассеяния). В результате в обоих случаях образуются быстро летящие электроны отдачи, которые в свою очередь расходуют свою энергию на ионизацию. Если энергия гамма-кванта превышает 1,02 мэв, большое зна-

чение приобретает процесс образования пар, в результате которого гамма-квант преобразуется в электрон и позитрон.

Нейтроны передают энергию атомам и молекулам только при соударении, так как они не обладают зарядом и не могут взаимодействовать с заряженными частицами на расстоянии. При соударениях нейтроны передают энергию ядрам и выбивают их из атомов. Ядра отдачи расходуют свою энергию на ионизацию. При взаимодействии нейтронов с водородом образуются протоны отдачи, так как массы нейтрона и протона близки друг к другу. Около 90% энергии нейтроны теряют именно при соударениях с ядрами водорода.

Под воздействием нейтронов возникает наведенная радиоактивность — образование радиоактивных веществ в материалах или тканях организма. Наведенная радиоактивность в организме обуславливается в основном образованием Na-24 и P-32.

9.2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТ ОБЛУЧЕНИЯ

Эффект облучения зависит от ряда факторов: дозы и продолжительности облучения, вида излучения, облученного участка организма, индивидуальной чувствительности организма, а при попадании радиоактивных веществ внутрь организма — и от химической природы вещества, распределения его в организме, чувствительности различных органов к радиационному воздействию, характера выведения радиоактивного вещества из организма.

9.2.1. ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ

Для количественной оценки действия ионизирующих излучений на облучаемое вещество пользуются понятием дозы, которая характеризует количество энергии излучения, поглощенной единицей объема или массы облучаемого объекта. Эта энергия расходуется на ионизацию атомов в облучаемой среде.

Принято различать дозу облучения ($D_{об}$) и поглощенную дозу ($D_{п}$).

$D_{об}$, характеризующая поле излучения, создаваемое радиоактивным источником

$$D_{об} = \frac{dQ}{dm}, \quad (9,1)$$

где dQ — количество заряда, возникающее в результате ионизации, которая производится сопряженной с излучением корпускулярной эмиссией в воздухе массой dm .

Единицей дозы служит рентген (p) — доза рентгеновского или гамма-излучения в воздухе, при которой сопряженная кор-

пускулярная эмиссия на 0,001293 г воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака.

Поглощенная энергия при дозе 1 *p* равна 0,114 *эрг/см³* воздуха, или 84 *эрг/г* воздуха.

D_n характеризует количество энергии, поглощенной в единице массы облучаемого вещества:

$$D_n = \frac{dE}{dm}, \quad (9.2)$$

где dE — энергия излучения, поглощенная в веществе массой dm .

Величина поглощенной дозы зависит от поля излучения, в котором находится объект, и от свойств облучаемого объекта.

В качестве единицы поглощенной дозы служит *рад*¹.

1 *рад* соответствует поглощению энергии 100 *эрг/г*.

Доза излучения равна

$$D = I_\gamma \frac{ct}{R^2} p, \quad (9.3)$$

I_γ — ионизационная постоянная данного радиоактивного изотопа, *р/мкюри*, *ч · см²*;

c — активность источника, *мкюри*;

t — время, *ч*;

R — расстояние, *см*.

Для характеристики активности источников гамма-излучения пользуются также величиной, называемой гамма-эквивалентом препарата и измеряемой в миллиграмм-эквивалентах радия (*мг-экв Ra*). Миллиграмм-эквивалент радия — это гамма-эквивалент радиоактивного препарата, гамма-излучение которого при данной фильтрации и при тождественных условиях измерения создает такую же мощность дозы, что и гамма-излучение 1 *мг* государственного эталона радия СССР при платиновом фильтре толщиной 0,5 *мм*.

Переход от активности c в *мкюри* к гамма-эквиваленту в *мг-экв* радия Γ и наоборот может быть сделан исходя из соотношения

$$cI_\gamma = \Gamma \cdot 8,4, \quad (9.4)$$

где 8,4 — ионизационная постоянная радия.

Учитывая это, формула [9.3] примет следующий вид:

$$D = \frac{8,4 \cdot \Gamma \cdot t}{R^2} p. \quad (9.5)$$

¹ *рад* — rad (radiation absorbed dose).

Доза, отнесенная ко времени, называется мощностью дозы:

$$P = \frac{D}{t}. \quad (9.6)$$

Естественная радиация (космическая и земная) существовала на всех этапах возникновения и развития жизни на земле. Привычный для человеческого организма естественный радиоактивный фон создает в нормальных условиях дозу излучения примерно около 0,1 *p* в год. Однако величина дозы от естественного фона подвержена значительным колебаниям. Она возрастает с увеличением высоты местности над уровнем моря; в местностях, богатых залежами радиоактивных руд, она также больше средней величины.

Эффект облучения прямо зависит от величины поглощенной дозы. Малые дозы облучения также могут вызвать в организме необратимые изменения, поэтому трудно назвать величину дозы (сверх естественного фона), которую можно было бы признать совершенно безопасной. Как бы ни была мала доза, всегда можно предполагать вероятность некоторой степени поражения. В отношении же генов действие облучения кумулируется за весь период сохранения способности организма к размножению и, следовательно, даже весьма малые, но повторяющиеся дозы опасны.

9.2.2. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОБЛУЧЕНИЯ

Продолжительность облучения оказывает большое влияние на исход воздействия; следует считать, что решающее значение имеет не поглощенная доза, а ее мощность (*P*). С увеличением поглощенной дозы от малых величин до 10—15 *рад/мин* поражающее действие возрастает; дальнейшее увеличение уже не влияет на характер биологического действия.

При одной и той же суммарной дозе воздействие облучения тем слабее, чем меньше отдельные составляющие этой дозы; таким образом, имеет значение «растягивание» дозы, так как способность организма противостоять облучению связана со способностью к восстановлению или к излечению от повреждения, причиненного облучением.

9.2.3. ВИД ИЗЛУЧЕНИЯ

Разные виды излучений оказывают на организм неодинаковое действие; это объясняется их различной проникающей способностью и разной удельной ионизацией.

Проникающая способность зависит от энергии потока излучения и среды, в которой он распространяется. Она харак-

теризуется длиной пробега — толщиной материала, необходимой для поглощения потока излучения. Длина пробега и удельная ионизация находятся между собой в обратной связи: чем больше проникающая способность, тем на большем пути растрачивается энергия потока излучения и, значит, меньше вызываемая им удельная ионизация.

В ряду альфа-бета-гамма-излучения проникающая способность возрастает, а удельная ионизация падает.

Вид облучения	Проникающая способность (длина пробега в воздухе)	Средняя удельная ионизация на пути 1 см, пар ионов
Альфа	Несколько см	Несколько десятков тысяч
Бета	Несколько м	Около 100
Гамма	Полупробег Несколько десятков м	Несколько

Наибольшей проникающей способностью обладает нейтронное излучение.

В связи с неодинаковой удельной ионизацией разрушающее действие разных видов излучения оказывается различным; одна и та же доза разных видов излучений вызывает разный биологический эффект. Для учета этого пользуются понятием относительной биологической эффективности (см. стр. 191).

Коэффициентами ОБЭ пользуются при определении дозы облучения в биологических эквивалентах рентгена (*бэр*). Биологический эквивалент рентгена — количество энергии любого вида излучения, поглощенного биологической тканью, биологическое действие которого эквивалентно действию рентгеновского или гамма-излучения при дозе в 1 *р*.

Биологическая доза равна произведению поглощенной дозы в *радах* на принятую величину ОБЭ:

$$D_{\text{бэр}} = D_{\text{рад}} \text{ ОБЭ.} \quad (9.7)$$

9.2.4. ОБЛУЧЕННЫЙ УЧАСТОК ОРГАНИЗМА

Реакция организма зависит от интегральной дозы облучения

$$D_{\text{инт}} = D_{\text{п}} M, \quad (9.8)$$

где M — вес облученной части тела, г.

Воздействие излучений оказывается различным в зависимости от того, какой орган подвергается облучению. Некоторые органы человеческого тела особенно уязвимы (кожа, кроветворные органы, половые железы, глаза).

9.2.5. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Индивидуальные особенности организма резко проявляются при малых дозах облучения. С увеличением дозы влияние индивидуальных особенностей становится незначительным.

Человек наиболее устойчив к облучению в возрасте 25—50 лет. У молодых людей чувствительность к облучению выше, чем у людей среднего возраста; особенно высока чувствительность у детей.

Заболевания центральной нервной системы и внутренних органов снижают сопротивляемость организма человека облучению.

9.2.6. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ОБЛУЧЕНИИ

Чем больше радиоактивность веществ, попавших в организм, тем больше опасность. При малой радиоактивности организм может оказаться способным быстро заменить разрушенные клетки.

Химическая природа вещества влияет на скорость выведения его из организма. Вещества, нормально потребляемые организмом (например, вода, натрий, хлор), быстро обращаются в организме и, следовательно, не задерживаются в нем длительное время. Химически недействительные вещества (например, аргон, ксенон, криптон) могут попадать в легкие при вдыхании, оставаться там небольшое время, растворяться в крови, но при этом они не образуют соединений, входящих в состав тканей. Не образуют соединений и вещества, не усваиваемые организмом.

По характеру поведения в организме радиоактивных вещества могут быть разделены на три группы:

1-я группа — элементы, накапливающиеся преимущественно в скелете (стронций, уран, радий, иттрий, цирконий, плутоний и др.);

2-я группа — элементы, накапливающиеся преимущественно в печени (лантан, церий, прометий, актиний, торий, америций и др.);

3-я группа — элементы, равномерно распределяющиеся в организме (ниобий, рутений, полоний, теллур, олово, сурьма и др.).

Время пребывания попавшего в организм радиоактивного вещества зависит от скорости распада и скорости выведения данного вещества из организма. Это время оценивается эффективным периодом полураспада

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} T_6}{T_{1/2} + T_6}, \quad (9.9)$$

где $T_{1/2}$ — период полураспада;
 T_6 — период полувыведения;
 $T_{эф}$ — может значительно отличаться от T_6 .

Радиоэлемент	$T_{1/2}$	$T_{эф}$
Углерод-14	5720 лет	10 суток
Натрий-24	14,97 ч	14 ч
Фосфор-32	14,3 суток	13 суток
Стронций-89	54,5 суток	43 суток
Радон-222	3,83 суток	30 мин
Радий-226	1590 лет	10 лет

Некоторые радиоактивные вещества обладают также токсическим действием. Так, уран и его соли токсичны и в небольших дозах могут оказать вредное воздействие на организм. В ранние сроки после отравления в большей степени проявляется химическая токсичность урана, а при хроническом воздействии малорастворимых соединений, отложившихся в организме, проявляется и радиологический фактор.

9.3. ОПАСНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

При оценке возможной радиационной опасности для организма особенно необходимо учитывать загрязнение воздуха при работе с радиоактивными веществами.

Радиоактивные аэрозоли могут образоваться не только в результате механического измельчения твердого вещества, разбрызгивания жидкого вещества или в процессе конденсации паров, но и специфическим самопроизвольным путем.

Аэрозоли могут образоваться из твердых дочерних продуктов распада газообразных активных эманаций естественных радиоактивных веществ (радия, тория, актиния) в результате адсорбции продуктов распада эманации на обычных аэрозолях, постоянно находящихся в воздухе, или вследствие их непосредственной объемной конденсации; таким путем образуются «радиоактивные осадки», которые оседают на поверхности оборудования и строительных конструкций.

В воздух могут попасть активные атомы отдачи радиоактивных продуктов распада; длина пробега атомов отдачи в воздухе около 1 мм, а дальнейшее перемещение таких атомов происходит благодаря диффузии.

Частицы материнского радиоактивного вещества могут быть увлечены неактивными атомами отдачи при альфа-распаде («агрегатная отдача»).

Закономерности накопления и задержки радиоактивных аэрозолей в органах дыхания те же, что и для неактивных пы-

лей, но радиоактивные аэрозольные системы содержат большой процент заряженных частиц, что увеличивает степень задержки их при дыхании.

Ряд радиоактивных элементов и при нормальных условиях воздушной среды находится в газообразном состоянии; это прежде всего радиоактивные альфа-излучающие эманации (радон, торон, актинон) — продукты распада естественных радиоактивных элементов радия, тория и актиния. Выход эманаций зависит от температуры и влажности материалов; при увеличении влажности коэффициент диффузии уменьшается.

Радиоактивные эманации сравнительно быстро распадаются с образованием последовательного ряда твердых радиоактивных элементов — «активных осадков».

Радиоактивные эманации являются инертными газами. Проникая с вдыхаемым воздухом в органы дыхания, они растворяются в крови и тканевых жидкостях, но не вызывают каких-либо биохимических реакций. Током крови эманация разносится по всем тканям и органам, вызывая равномерное облучение альфа-частицами в результате распада газов, а также альфа- и бета-частицами дочерних продуктов, образовавшихся из эманаций в организме.

Эманации выделяются из организма с выдыхаемым воздухом.

При наличии эманаций в воздухе одновременно с ними присутствуют их короткоживущие дочерние продукты распада в виде твердых высокодисперсных радиоактивных аэрозолей. Эти продукты распада при вдыхании задерживаются в организме.

9.4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Организация работ с радиоактивными веществами должна основываться на детальном анализе условий работы. Конкретные меры, принимаемые для обеспечения безопасности работ, зависят от характеристики используемых радиоактивных веществ, уровней их активности, особенностей проводимых работ.

9.4.1. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ

С самого начала применения радиоактивных веществ возникла необходимость определить безвредный для человека уровень облучения, так называемую предельно допустимую дозу облучения (ПДД) — такую наибольшую дозу, эффективное действие которой на организм не вызывает в нем необратимых изменений (в свете современных знаний).

При установлении численного значения предельно допустимой дозы было принято во внимание, что человек всегда подвергается воздействию космических лучей и ионизирующих излучений от естественно радиоактивных элементов. От внешних и внутренних источников (радиоактивных элементов, содержащихся в теле человека) создается доза облучения приблизительно 100 *мр* в год (а в некоторых районах земного шара до 600 *мр* в год). При расчетах защиты естественный фон принимается равным 0,01 *мр/ч*.

Санитарными правилами¹ установлены предельно допустимые уровни ионизирующих излучений (ПДУ—1960 г.) для трех категорий облучения:

категория А — профессиональное облучение лиц, работающих непосредственно с источниками ионизирующих излучений;

категория Б — облучение лиц, работающих в помещениях, смежных с помещениями, в которых ведутся работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, но не занятых непосредственно работой с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (к этой категории относят лиц, находящихся в рабочее время в административно-хозяйственных и служебных помещениях, а также во всех зданиях и на открытом воздухе в пределах санитарно-защитной зоны);

категория В — облучение населения всех возрастных категорий; к этой категории относят также и население, живущее на территории, граничащей с санитарно-защитной зоной (даже если взрослая часть населения принадлежит к любой из категорий, приведенных выше).

Для указанных категорий облучения установлены предельно допустимые дозы внешнего и внутреннего облучения (сверх естественного фона) (табл. 9.1).

Предельно допустимой дозе 100 *мбэр/нед* соответствуют различные мощности дозы в зависимости от относительной биологической эффективности:

Вид радиации	ОБЭ	Мощность дозы <i>мрад/нед</i>
Гамма- и рентгеновы лучи	1	100
Бета-частицы и электроны	1	100
Протоны и альфа-частицы	10	10
Многозарядные ионы и ядра отдачи	20	5
Тепловые нейтроны	3	33
Быстрые нейтроны	10	10

¹ Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. Госатомиздат, 1960.

Таблица 9.1

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Категория облучения	Внешнее облучение всего организма		Внутреннее облучение критических органов ¹					
	мбэр/нед	бэр/год	I группа		II группа		III группа	
			мбэр/нед	бэр/год	мбэр/нед	бэр/год	мбэр/нед	бэр/год
А	100	5	100	5	300	15	600	30
Б	10	0,5	10	0,5	30	1,5	60	3
В	1	0,05	1	0,05	10	0,5	20	1

¹ I группа критических органов: все тело, гонады, хрусталик и кроветворные органы; II группа: мышцы, жировая ткань, печень, почки, поджелудочная и предстательная железы, желудочно-кишечный тракт и легкие; III группа: кожа, щитовидная железа, кости.

Допускается однократная доза внешнего облучения 3 бэр в любые 13 последовательных недель (квартал) при условии, что годовая доза не будет превышать 5 бэр.

Суммарная доза для профессионального облучения

$$D \leq 5(N - 18) \text{ бэр}, \quad (9.10)$$

где N — возраст (число лет) человека;

18 — возраст начала профессионального облучения (лет).

Во всех случаях суммарная доза к 30 годам жизни не должна превышать 60 бэр.

Соответствующие дозе 100 мбэр/нед (или 5 бэр/год) предельно допустимые уровни внешней ионизирующей радиации приведены в приложении 7.

Санитарными правилами установлен также ряд предельно допустимых концентраций (ПДК), т. е. предельно допустимых количеств (активности) радиоактивных изотопов в единице объема или веса, поступление которых в организм естественными путями (с суточным потреблением воды, пищи и воздуха) не создает в критических органах организма или в организме в целом доз облучения, превышающих предельно допустимые.

Установлены также предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воде открытых водоемов и источников водоснабжения, в воздухе рабочих помещений, в атмосферном воздухе санитарно-защитных зон и в атмосферном воздухе населенных пунктов (приложение 8).

Все ПДУ внешних потоков ионизирующих излучений, а также ПДК отдельных изотопов рассчитаны в предположении, что

на человека действует только один данный радиационный фактор. Поэтому радиационная защита должна учитывать все виды внешней и внутренней ионизирующей радиации и обеспечить условия, при которых суммарная доза не превосходит предельно допустимую.

Суммарное среднесуточное поступление радиоактивных веществ с вдыхаемым воздухом не должно превышать $V \cdot \text{ПДК}_{\text{юри/сутки}}$, где V — принятый при расчете ПДК объем вдыхаемого воздуха, равный $1 \cdot 10^4$ л за рабочий день для лиц, находящихся в производственных помещениях в пределах санитарно-защитных зон (категорий А и Б), и $2 \cdot 10^4$ л/сутки для населения (категория В), а ПДК — предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе для соответствующих категорий облучаемых лиц.

В указанные ПДУ ионизирующих излучений не включен естественный фон, а также облучение при медицинских процедурах; поэтому их следует рассматривать как дополнительную нагрузку на организм человека.

Установлены также предельно допустимые уровни загрязненности предметов в учреждениях и на предприятиях, где производятся работы с радиоактивными веществами (приложение 9).

9.4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ, ИСТОЧНИКОВ, ПОМЕЩЕНИЙ И РАБОТ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Как потенциальные источники внутреннего облучения (при поступлении в организм через дыхательные пути) радиоактивные вещества в открытом виде разделяются на четыре группы (по убывающей степени радиотоксичности):

Характеристика элементов	ПДК в воздухе рабочих помещений, <i>юри/м</i>
А Особо высокая радиотоксичность . . .	$1 \cdot 10^{-10}$ и меньше
Б Высокая радиотоксичность	Больше $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-8}$
В Средняя радиотоксичность	Больше $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-6}$
Г Наименьшая радиотоксичность . . .	Больше $1 \cdot 10^{-6}$

Источники излучения могут быть закрытыми (ампулированными) и открытыми.

Закрытый источник излучения — радиоактивное вещество, заключенное в такую оболочку или находящееся в таком физическом состоянии, при которых исключается возможность распространения радиоактивного вещества в окружающую среду при предвидимых условиях его использования и износа.

Открытый источник — радиоактивное вещество, находящееся в такой оболочке или в таком физическом состоянии, при которых возможно его распространение в окружающую среду.

Установки с источниками излучения разделяются на закрытые и открытые.

Установка считается закрытой, когда источник излучения и все предметы, подвергающиеся облучению, постоянно находятся в закрытом помещении, в которое никто не может проникнуть или в котором никто не может оставаться во время работы установки; вне этого помещения обеспечена достаточная защита.

Характеристика рабочих помещений зависит от особенностей выполняемых работ, физических свойств и количества используемых радиоактивных веществ.

Санитарные правила распространяются на работы с веществами, начиная со следующих величин удельной и суммарной радиоактивности:

Группа радиотоксичности	Удельная мощность материала, мккюри/г	Суммарная активность мккюри
А	0,002	0,1
Б	0,02	1,0
В	0,2	10
Г	2,0	100

Примечание. Для природного тория неучитываемая удельная активность принимается ниже 0,0002 мккюри/г.

По степени возможной радиационной опасности с учетом опасности загрязнения воздуха помещений (без характеристики веществ как источника внешнего облучения) работы с открытыми радиоактивными веществами в зависимости от их активности на рабочем месте и относительной радиотоксичности делятся на три класса:

Группа радиотоксичности	Активность на рабочем месте, мккюри					
	I класс		II класс		III класс	
А	Более	10	От	0,01 до	10	От 0,0001 до 0,01
Б	»	100	»	0,1 »	100	» 0,001 » 0,1
В	»	1000	»	1 »	1000	» 0,01 » 1
Г	»	10000	»	10 »	10000	» 0,1 » 10

При работах любого класса в зависимости от сложности выполняемых на рабочем месте операций разрешаются:

а) хранение радиоактивных веществ с активностью больше приведенной в 100 раз;

б) простые операции с жидкими радиоактивными веществами с активностью больше указанной в 10 раз;

в) обычные химические операции с активностью, соответствующей указанной для работ данного класса;

г) сложные операции с жидкими радиоактивными веществами с активностью меньше указанной в 10 раз;

д) операции с сухими пылеобразующими и порошкообразными радиоактивными веществами с активностью в 100 раз меньше указанной.

Лаборатории для работ с открытыми радиоактивными веществами предлагается делить на четыре класса:

Класс I — активность источников бета-излучения более 10 *мкюри* или гамма-источников более 1 *мг-экв*

» II — активность излучения более 1 *мкюри* для бета-радиоактивных изотопов и от 0,1 *мг-экв* радия для гамма-радиоактивных изотопов

» III — активность излучения меньше, чем указано для класса II

» IV — работы с альфа-радиоактивными веществами любой активности

В зависимости от количества потребляемых радиоактивных веществ лаборатории делятся на три категории:

Годовое потребление
кюри

I	Более 100
II	От 10 до 100
III	До 10

9.4.3. РАЗРЕШЕНИЕ РАБОТ

Лаборатории, учреждения, предприятия (сооружения), предназначенные для работ с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, до их ввода в эксплуатацию должны быть приняты комиссией в составе представителей заинтересованной организации, санитарного надзора, органов милиции и пожарной охраны. Комиссия проверяет условия радиационной безопасности для работающих и населения в соответствии с Санитарными правилами и проектом, а также принятые меры по предупреждению утечки радиоактивных веществ.

Приемку оформляют актом на право использования помещений для работ с радиоактивными веществами. На основании акта приемки органы санитарного надзора оформляют санитарный паспорт лаборатории (учреждения, предприятия), который действителен не более трех лет.

Для помещения, в котором устанавливают контрольно-измерительные приборы с закрытыми источниками излучений, не требуется приемка органами санитарного надзора.

9.4.4. ВЫБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

При выборе радиоактивного изотопа для проведения тех или иных работ руководствуются технологическими и экономическими соображениями (пригодностью для применения в данных условиях, доступностью и др.).

Выбор изотопа определяет дальнейшие условия работ. Учитывая требования безопасности, следует по возможности выбирать для работы изотопы с меньшим периодом полураспада, меньшей энергией, меньшей степенью радиоактивности, дающие меньший уровень активности отходов. Нужно также добиваться максимально возможного уменьшения используемых уровней активности.

Выбор уровня активности зависит от чувствительности приборов, используемых для измерения активности. Использование приборов большей чувствительности дает возможность применять меньшие активности.

Введение радиоактивных веществ в продукцию промышленного назначения ограничивается.

При введении изотопов в шихту металлургических печей активности металла и шлака должны быть такими, чтобы не создавалась опасность для людей и чтобы металл мог быть использован без ограничений.

В практических условиях работы возникает необходимость определения допустимых количеств вводимых изотопов в соответствии с нормативами радиационной безопасности для работающих на заводе и для тех, кто будет работать с готовой продукцией.

Санитарные правила устанавливают определенный порядок получения радиоактивных изотопов.

Радиоактивные вещества потребители получают только после представления ими санитарных паспортов и заявок, согласованных с органами санитарного надзора.

Радиоактивные вещества рекомендуется заказывать в таком физико-химическом состоянии, расфасовке и упаковке, которые не требуют дополнительной обработки их потребителем.

9.4.5. ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ

Проведение работ разрешается после составления описания намечаемой работы по всем ее стадиям с указанием места проведения работы, применяемых инструментов и защитных мер.

Для различных по уровням активности работ отводят отдельные помещения. Для каждой работы отводят отдельное место, соответственно оборудованное и защищенное от вредных воздействий со стороны.

Все площади или поверхности, уровень излучения на которых превышает предельно допустимый, огораживают и оборудуют предупредительной сигнализацией. В сигнальную надпись включаются напоминание об опасности, указание уровня интенсивности, лимит времени пребывания.

При проведении многих работ с активностями в одном помещении рекомендуется установление такого графика работ, при котором отдельные работы с активностями были бы разделены во времени.

В некоторых случаях работы проводят в ночное время, чтобы исключить влияние радиоактивности на другой персонал, не занятый на работах с радиоактивными веществами (например, работы на открытых площадках по радиографированию).

Длительность рабочих операций, при которых возможно непосредственное радиационное воздействие на организм, должна быть максимально сокращена. Исходя из установленной предельно допустимой дозы облучения за рабочий день легко определить максимально допустимое время облучения.

Желательно обеспечивать условия, при которых мощность дозы (для работников категории А) в любой момент работы не превышала бы

$$P = \frac{28}{t} \text{ мкбэр/сек}, \quad (9.11)$$

где t — число рабочих часов в неделю.

Максимально допустимое время работы с гамма-излучателями можно определить по формуле (9.5).

Если дневная доза облучения получена в течение времени, составляющего лишь часть рабочего дня, в остальную часть рабочего дня следует выполнять только ту работу, которая не связана с радиационной опасностью. Если за день получена доза больше предельно допустимой, работника не допускают к радиологическим работам в течение соответствующего календарного срока.

Проведение работ, связанных с повышенной дозой облучения, требует разделения их на отдельные последовательные операции, выполнение которых поручается нескольким лицам.

Методику ведения работ тщательно отрабатывают. Уменьшение затрат времени на проведение той или иной операции достигается предварительной тренировкой, отработкой рабочих приемов при «холостых» опытах.

Для уменьшения длительности выполнения рабочих операций с применением манипуляторов и дистанционного управления полезна тренировка в проведении «холостых» опытов вслепую.

Работы по закладке изотопов в производственные агрегаты проводят по заранее утвержденным инструкциям. При этом используют только ампулированные источники.

Проведение экстренно необходимых внеурочных работ требует соответствующего письменного разрешения и согласования с профсоюзом. Охрану предприятия (лаборатории) своевременно извещают о такой работе с указанием, в каком помещении, кто, с какого по какое время проводит работу. По окончании работы охрана должна быть извещена об окончании работ.

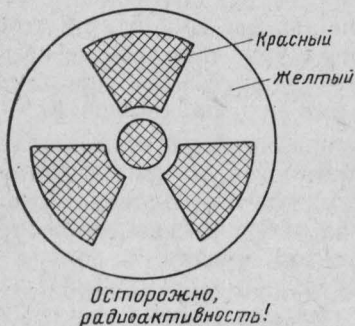


Рис. 9.1. Знак радиационной опасности

Лиц, не участвующих непосредственно в проведении работы, не допускают в помещения и на рабочие места, связанные с радиационной опасностью.

При использовании открытых установок источник излучения и все облучаемые предметы должны находиться в строго ограниченной зоне, пребывание в которой обслуживающего персонала разрешается только в особых случаях, со специальными предосторожностями и минимальное

время. В смежной с зоной облучения внешней зоне должна быть обеспечена достаточная защита для всего персонала.

Посторонние и вспомогательные работы не должны проводиться в помещениях для работ с активностями.

Все работы с радиоактивными веществами фиксируют в специальном журнале, куда вносят записи: о проведенных работах, времени начала и конца использования радиоактивных веществ, об остатках радиоактивных веществ, фамилии работающих.

На каждое используемое радиоактивное вещество составляют специальную карточку, в которой указывают: наименование вещества; его характеристику; вид и энергию излучения, ионизационную константу, период полураспада; дату получения; поставщика; способ хранения; предельный срок хранения; количество вещества; для каких работ используется. В этой же карточке делают отметки: кто, когда, сколько препарата получил — с указанием об остатках и отходах.

В журналах дозиметрического контроля фиксируют данные о результатах дозиметрических измерений воздуха помещений, воды, мебели и оборудования, одежды работников, а также полученных каждым работником доз.

На оборудование, контейнеры, транспортные средства, приборы, аппараты, входы в помещения для работ с применением

радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений наносят знак радиационной опасности (рис. 9.1). Для транспортных упаковок установлены специальные ярлыки.

9.4.6. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Дозиметрический контроль является важной частью службы безопасности.

Дозиметрический контроль включает измерение индивидуальных доз всех видов облучения работников; контроль интенсивности потоков излучения на рабочих местах, в смежных помещениях и на прилегающих участках территории; контроль загрязнений.

Частота и характер необходимых измерений устанавливаются администрацией по согласованию с местными органами санитарного надзора.

Дозиметрический и радиометрический контроль, проводимый силами и средствами лабораторий (учреждений, предприятий) при работе с радиоактивными веществами в открытом виде, включает:

а) в помещениях для работ I и II классов—систематический, а в помещениях для работ III класса — периодический контроль содержания радиоактивных веществ (газов, аэрозолей) в воздухе рабочих помещений;

б) в помещениях для работ всех классов—постоянный контроль радиоактивных загрязнений рабочих поверхностей и оборудования (в том числе и в хранилище);

в) контроль загрязненности рук и одежды работающих при каждом выходе из помещений соответствующего класса; в лабораториях I класса устанавливается принудительный радиометрический контроль;

г) перед началом работ с бета- и гамма-излучающими радиоактивными веществами—контроль эффективности защитных мероприятий;

д) еженедельный (а при необходимости и чаще) контроль индивидуальных доз внешнего облучения;

е) систематический контроль радиоактивности воздуха, удаляемого в атмосферу вытяжными вентиляционными системами из помещений для работ I и II классов;

ж) систематический контроль за активностью сточных вод из помещений для работ I и II классов.

Для измерения мощности дозы гамма-излучения используют прибор «Кактус» — сетевой стационарный прибор с ионизационными камерами разных размеров. Шкала имеет диапазон от 0 до 20 000 мкр/сек с пятью поддиапазонами; питание от сети пе-

ременного тока. Автоматическое сигнальное устройство срабатывает при превышении установленной мощности дозы.

Для той же цели используют также ряд других приборов: переносный микрорентгенометр ПМР-1, гамма-рентгенометр типа «Карагач-2», сигнально-измерительную дозиметрическую установку типа УСИД-12 с 16 каналами и др.

Для регистрации и сигнализации о превышении уровня альфа- и бета-активности на рабочих поверхностях, одежде и теле персонала служит прибор «ТИСС» — универсальный радиометр, работающий от сети переменного тока и позволяющий измерять среднюю скорость счета в диапазоне 0—100 000 *имп/мин* с пятью поддиапазонами.

Переносный сцинтиляционный альфа-радиометр СПАР предназначен для измерения загрязненности поверхностей оборудования рабочих помещений в пределах 0—5000 *имп/мин* с двумя поддиапазонами. Схема прибора — на полупроводниках.

Для измерения бета- и гамма-загрязненности поверхностей используется прибор СУ-1 с автоматическим сигнальным устройством, который может работать одновременно на 12 каналах, бета-гамма-радиометр типа «Сенеж» и др.

Измерение радиоактивной загрязненности оборудования, поверхностей в помещении, тела и одежды производят также методом мазков.

Метод мазков применяют при наличии повышенного гамма-фона, контроле поверхностей сложной конфигурации и др. При этом радиоактивную загрязненность снимают с контролируемой поверхности марлей, ватным тампоном или фильтровальной бумагой (сухой); полученные мазки измеряют на радиометрической установке.

Для измерения радиоактивности воздуха и воды разработан ряд специальных методов.

Во всех случаях, когда существует вероятность облучения, для контроля полученных работниками доз используют индивидуальные дозиметрические приборы — карманные ионизационные камеры. Эти камеры заряжают, сообщая им известную разность потенциалов; воздействие ионизирующего излучения вызывает разрядку камеры, и величина потерянного заряда позволяет судить о величине дозы, полученной работником.

Комплект индивидуального дозиметрического контроля ДК-0,2 предназначен для измерения суммарной дозы рентгеновского и гамма-излучения в лабораториях или полевых условиях; он состоит из зарядного устройства и карманных дозиметров. Диапазон измерения (в интервале энергий от 0,2 до 0,2 *мэв*) равен 0—200 *мр* при мощности дозы не более 100 *мр/мин*.

Дозиметр состоит из ионизационной камеры, электроскопа и микроскопа. Дозиметр по внешнему виду похож на автоматиче-

скую ручку; длина его 115 мм при диаметре 15 мм; вес 23 г (рис. 9.2).

Дозиметр ДК-50 дает возможность измерять интегральную дозу гамма-излучения в лабораторных и полевых условиях. Диапазон измерений от 0 до 50 p при мощности дозы от 0,5 до 200 $p/ч$. Габариты дозиметра: длина 132 мм, диаметр 15 мм, вес 25 г.

Конструкция дозиметра ДК-50 схожа с конструкцией дозиметра ДК-0,2.

Комплект индивидуально-дозиметрического контроля типа КИД-1 предназначен для измерения интегральной дозы жесткого рентгеновского гамма-излучения, для суммарной дозы до 2 p .

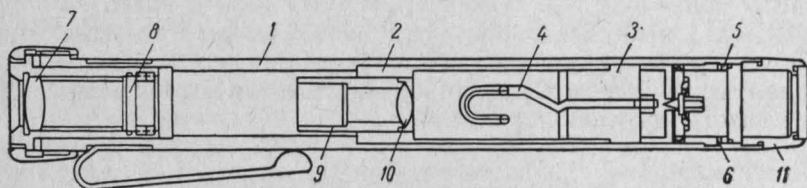


Рис. 9.2. Карманный дозиметр ДК-0,2:

1 — полый цилиндр из дюралюминия; 2 — корпус ионизационной камеры; 3 — янтарный изолятор; 4 — электроскоп; 5 — пружинный контакт; 6 — регулировочная прокладка; 7 — окуляр; 8 — шкала микроскопа; 9 — диафрагма; 10 — объектив; 11 — наконечник

Диапазон измерений 0,02—2 p с двумя поддиапазонами: 0,02—0,2 и 0,2—2 p . Питание — от сети переменного тока 50 $гц$, 127 или 220 $в$.

Комплект состоит из зарядно-измерительного устройства и набора двойных конденсаторных камер.

Двойная конденсаторная камера имеет длину 120 мм и диаметр 15 мм; вес 20 г.

Карманный предупреждающий дозиметр «Щелкун» предназначен для обнаружения гамма- и жесткого бета-излучения и ориентировочной оценки мощности дозы. Регистрация излучения ведется двумя способами: звуковым — по учащению щелчков телефона резонатора при нахождении в зоне излучения и световым — по учащению световых вспышек сигнальной лампы, переходящих в зоне больших интенсивностей излучения в непрерывное горение. Количественная оценка мощности дозы гамма-излучения производится по прилагаемой к прибору таблице.

Для индивидуально-дозиметрического контроля применяют также карманный радиометр-сигнализатор типа «Сигнал», работающий в диапазоне от 0,1 до 5000 $мр/ч$; карманный радиометр КР-1 с диапазоном от 0,1 до 1000 $мр/сек$, дающий звуковой и световой сигналы при превышении мощности дозы, и др.

Для индивидуальной дозиметрии (при отсутствии описанных выше дозиметров или в дополнение к ним) можно использовать полоски рентгеновской пленки стандартных размеров (30×50 мм), заключенные в светонепроницаемые кассеты.

Пленка дает возможность измерять лишь сравнительно высокие уровни доз — порядка 0,2—0,5 р, поэтому такой метод используют для замера недельных доз, полученных работниками. Малая чувствительность является серьезным недостатком этого метода.

Одновременно используют две пленки, которые помещают в нагрудном кармане халата и в кармашке на правом рукаве. Применяют также пленки, вставленные в кольцо, надетое на палец.

Контрольные пленки при закладке в кассеты нумеруют при помощи простого (не чернильного) карандаша; на кассете (или черной плотной светонепроницаемой бумаге, в которую заключена пленка) представляют ее номер.

9.5. УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Проекты вновь строящихся и реконструируемых объектов для работ с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений подлежат обязательному согласованию с органами санитарного надзора.

При проектировании, постройке и оборудовании рабочих и вспомогательных помещений для работ с радиоактивными веществами необходимо учитывать характер работ, вид излучений и уровень активности, при которых эти работы будут проводиться.

Эти факторы являются решающими для определения круга требований к устройству помещений. Для работ с низкими уровнями активности устройство и оборудование рабочих помещений мало отличаются от обычных; при высоких уровнях активности требуются сложные и дорогие устройства.

9.5.1. ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАБОТ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

При планировке помещений для работ с открытыми источниками должно быть обеспечено достаточно свободное расположение рабочих мест, удобное размещение оборудования и исключение возможности распространения загрязнений.

Работы III класса предпочтительно проводить в отдельных помещениях, но их можно проводить и в общих помещениях,

оборудованных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к химическим лабораториям. Особых требований к планировке этих помещений не предъявляется.

Простые операции при работах III класса с растворами нелетучих и неэманулирующих веществ можно выполнять на отдельных рабочих столах, а остальные работы III класса следует проводить в вытяжных шкафах.

Работы II класса проводят в отдельных, специально оборудованных помещениях, которые размещены изолированно, в отдельном отсеке или крыле здания. При этом предусматривают отдельные рабочие места или помещения для измерения препаратов, расфасовки радиоактивных веществ и т. д., душевую или санпропускник и пункт дозиметрического контроля при выходе.

Для работ I класса оборудуют специальные помещения, размещаемые в отдельном здании или изолированном крыле здания с отдельным входом только через санпропускник.

Работы I класса проводят в специально оборудованных боксах из металла, пластмассы или стекла.

Планировка помещений предпочтительна трехзональная:

I зона — зона размещения оборудования, камер, боксов, коммуникаций и пр. (являющихся основными источниками радиоактивных загрязнений);

II зона — ремонтно-транспортные помещения для проведения ремонтных работ, загрузки (выгрузки) активных материалов или подсобных работ, связанных со вскрытием технологического оборудования и дезактивацией;

III зона — операторские и щитовые помещения, предназначенные для постоянного пребывания большинства работающих.

В зоне оборудования и ремонтно-транспортной зоне предусматривают специальную подачу чистого воздуха к средствам индивидуальной защиты (пневматическим костюмам и шлемам, шланговым приборам).

При работах I класса между II и III зонами оборудуют санитарный шлюз, где хранят дополнительные средства индивидуальной защиты, проводят смену обуви и обмывание работников в пневмокостюмах или без них. При выходе из III зоны оборудуют санитарный пропускник с душевой и отделениями для спецодежды и личных вещей.

При проведении в данном учреждении работ различных классов помещения разделяют в соответствии с классами проводимых работ.

В помещениях для работ I и II классов управление общими системами отопления, газоснабжения, сжатого воздуха, водопровода и групповые щитки электроснабжения выносят из рабочих помещений.

9.5.2. ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАБОТ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

При эксплуатации закрытых источников в нормальных условиях не возникает загрязнений внешней среды радиоактивными газами и аэрозолями. Поэтому при работах с закрытыми источниками особые требования предъявляются только к обеспечению защиты от излучений; при использовании источников активностью более 10 г-экв радия обязательно устройство принудительной вентиляции.

При использовании установок (аппаратов), за пределами которых при рабочем положении источника излучения не превышают предельно допустимых Санитарными правилами уровней, не предъявляется особых требований к помещениям и размещению установок.

Для работы со стационарными установками с закрытыми гамма и нейтронными источниками выделяют изолированные помещения, преимущественно в отдельном здании или в отдельном одноэтажном крыле здания.

При любых положениях источников защита от излучения должна обеспечивать его ослабление в рабочих и смежных помещениях до предельно допустимых уровней.

При использовании установок с направленным пучком излучения основное внимание уделяют защите от пучка.

При использовании установок, излучение от источников которых не ограничено по направлению, обеспечивают защиту во всех направлениях с учетом не только прямого, но и рассеянного излучения.

Стационарные аппараты, создающие излучение во все стороны, устанавливают в помещениях, имеющих специальную планировку и защиту. Рабочую часть установки с источником размещают в помещении, толщина стен которого рассчитана с учетом активности и энергии излучения источника. Пульт управления источником выносят в смежное помещение. Вход в помещение установки делают защитным (лабиринт с дверью, защитная дверь и т. п.). Дверь блокируют с механизмом перемещения источника так, чтобы исключалась возможность случайного облучения. Предусматривают возможность дистанционного перемещения источника из рабочего положения в положение хранения (защитное), а также принудительное дистанционное перемещение источника в положение хранения в случае аварии.

В стационарных установках с направленным пучком излучения он должен быть направлен по возможности в сторону земли (при расположении на первом этаже), а при невозможности — на наружную стену помещения, не имеющую окон и обеспечивающую надлежащую защиту от излучений.

9.5.3. ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ПОМЕЩЕНИЙ

Материалы, находившиеся в контакте с радиоактивными изотопами, становятся активными из-за загрязнения и поверхностной адсорбции вещества. Поэтому конструкционный материал должен оцениваться в отношении восприимчивости его поверхности к загрязнению и легкости дезактивации.

Загрязненные поверхности оказывают радиационное воздействие на организм. Поэтому необходимо добиваться предотвращения загрязнения поверхностей, а если это оказывается недоступным, применять такие конструкционные и отделочные материалы, которые легко можно очистить от радиоактивных загрязнений.

При оценке материала для защитной техники основное значение имеют его сорбционные и десорбционные свойства при многократном воздействии радиоактивных загрязнений.

В последнее время разработаны и нашли применение различные защитные полимерные, лакокрасочные и другие материалы, удовлетворяющие указанным требованиям.

При использовании защитных материалов важное значение имеет рациональная технология их нанесения и крепления к основным материалам (герметичность швов, одинаковость свойств и др.)¹.

Меньше загрязняются и лучше дезактивируются гладкие непористые поверхности, имеющие минимальную проницаемость и небольшую площадь адсорбции; неионные материалы, дающие минимальный химический обмен; вещества, химически устойчивые против коррозии щелочами, кислотами, органическими растворителями; теплостойкие вещества.

Бетон сохраняет (после обмывания водой) почти всю нанесенную активность, свинец — около 75%, полированная нержавеющая сталь — около 40%, стекло — около 25%, некоторые пластмассы (например, полиэтилен) — менее 1%.

Система общей приточно-вытяжной вентиляции должна обеспечивать не менее трехкратного воздухообмена в час.

При использовании для работы с радиоактивными веществами только части общей площади предусматривают отдельные системы вентиляции: для работ с радиоактивными веществами и для работ, не связанных с применением радиоактивных веществ.

Вентиляция в помещениях для работ III класса должна соответствовать требованиям и нормам, установленным для химических лабораторий.

¹ Защитные покрытия в атомной технике. Под ред. С. М. Городинского и В. Б. Тихомирова. Госатомиздат, 1963.

Все местные вытяжные устройства являются частью общей вентиляционной системы и учитываются при расчете вытяжки.

Потоки вентиляционного воздуха направляются из помещений, где не ведется работа с активными препаратами, в загрязненные помещения; таким образом создается движение потоков воздуха по направлению возрастания активностей.

Из помещений, где возможно загрязнение, воздух не должен поступать в другие помещения.

Рециркуляция вентилируемого воздуха не допускается.

Чистота вентиляционного воздуха необходима еще и для того, чтобы фильтры не засорились атмосферными примесями.

Удаляемый из шкафов и боксов воздух подвергается перед выбросом в атмосферу очистке на эффективных фильтрах.

При использовании закрытых источников предусматривают общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию в соответствии с расчетом, но не менее чем с трехкратным воздухообменом.

При работах с эманулирующими радиоактивными веществами предусматривают действующую круглосуточную систему вытяжной вентиляции (с резервным вытяжным вентилятором) для хранилища, рабочего помещения и боксов.

Для улавливания радиоактивных аэрозолей, как правило, устраивают двухступенчатую очистку удаляемого воздуха: с фильтрами грубой очистки — на первой ступени и с тонковолокнистыми фильтрами — на второй ступени.

Так как эманации и радиоактивные инертные газы плохо или вовсе не задерживаются фильтрами, выброс таких газов осуществляется с учетом разбавления или предварительной выдержки.

Для улавливания легколетучих радиоактивных веществ (йода, фосфора и др.) применяют фильтры с активированным углем и др.

Большие объемы вентилируемого воздуха создают затруднения для применения кондиционирования воздуха, поэтому кондиционирование применяют только в немногих случаях. Приточную систему оборудуют калориферами для подогрева воздуха в зимний и переходный периоды года.

При устройстве отопления необходимо учитывать нагрузку, создаваемую усиленной вентиляцией.

9.5.4. ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Хранилища, как правило, размещают на уровнях нижних отметок зданий.

Хранилища для хранения радиоактивных веществ должны иметь соответствующую защиту от излучения и вытяжную вен-

тиляцию. Двери помещений хранилищ должны запираться снаружи, а изнутри открываться без ключа.

Для хранения радиоактивных веществ в хранилищах предусматривают устройства или оборудование, ослабляющее излучения до предельно допустимых уровней (например, колодцы, ниши, сейфы и т. п.). Стены, пол, потолок и двери хранилищ должны обеспечивать защиту работающих в смежных помещениях от излучений.

Ниши и сейфы разделяют на отдельные секции, чтобы при закладке и изъятии радиоактивных веществ исключить облучение от других веществ.

Сейфы, контейнеры и стеклянные емкости должны легко открываться и закрываться. Особые меры предосторожности принимают при открывании емкостей с легко воспламеняющимися, закипающими и газовыделяющими веществами.

На отдельные упаковки с радиоактивными веществами и дверцы соответствующих секций наносят отчетливую маркировку с указанием вида вещества и его активности.

Радиоактивные вещества, при хранении которых возможно выделение газов или аэрозолей, содержат в герметичных сосудах в вытяжных шкафах или в шкафах, оборудованных вытяжной вентиляцией.

Хранилища-склады изотопов отдаляют от рабочих помещений; их оборудуют вытяжной вентиляцией.

9.5.5. ДЕЗАКТИВАЦИЯ

Дезактивация, т. е. очистка от радиоактивных загрязнений, представляет важную проблему для защиты персонала и окружающего населения от воздействия радиоактивных веществ и для проведения необходимых измерений без искажения.

Наиболее простой способ дезактивации — смывание (водой под давлением, паром).

Для дезактивации используют также следующие способы: механический (чистка щетками, соскабливание и др.); физический (испарение и др.); химический (ионообмен и др.); биологический (пропускание жидкостей через активированный ил и др.); вакуумный; ультразвуковой.

В практике может оказаться необходимым сочетание двух или нескольких из перечисленных способов.

Очистке подвергают все поверхности в рабочих помещениях, оборудование, инструмент, одежду и т. д.

После дезактивации выделенные радиоактивные загрязнения удаляют без потерь в такое место, где они не будут представлять никакой опасности.

В помещениях для работ с радиоактивными веществами в

открытом виде производят ежедневную влажную уборку. При загрязнении радиоактивными веществами помещений, отдельных участков (полов, стен, столов) необходимо немедленно приступить к дезактивации.

9.5.6. УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ

Трудность удаления отходов связана с тем, что — никакими известными физическими или химическими методами нельзя нейтрализовать радиоактивность.

Удаление радиоактивных отходов (остатков при расфасовке изотопов и от операций с изотопами), имеющих большую активность, требует больших и сложных устройств: бассейнов-отстойников, фильтров для очистки удаляемого воздуха, установок для концентрации радиоактивных веществ и др.

При малом уровне активности удаление отходов представляет сравнительно простую задачу.

Твердые радиоактивные остатки делят на сгораемые и не-сгораемые.

Жидкие остатки отделяют друг от друга в зависимости от их удельной активности и степени радиоактивности.

Радиоактивные остатки в виде аэрозолей или газов либо подвергают абсорбции, фильтрованию, либо рассеивают в атмосферу (если концентрация загрязнений не превышает 0,1 соответствующих максимально допустимых числовых значений).

Отбросы можно обрабатывать разбавлением, концентрацией и очисткой.

Для уменьшения объема отходов их можно подвергать прессованию. Горючие отходы (бумага, халаты, деревянная мебель и др.) можно сжигать. При этом необходимо предупредить возможность загрязнений воздуха.

Твердые, а также высокоактивные жидкие отходы собирают и удаляют в металлических контейнерах с герметичной крышкой, открывающейся при помощи педали. Внутри контейнера вкладывают пластиковые пакеты или мешки (для сухих отходов) или герметичную банку (для жидких отбросов).

Контейнеры-сборники для радиоактивных отходов должны плотно закрываться; внутренние поверхности их делают из нержавеющей стали или другого соответствующего материала, допускающего обработку кислотами и дезактивирующими растворами; внутренние стенки делают гладкими, а углы — закругленными.

Мощность дозы излучения от контейнера с радиоактивными отходами не должна превышать 3,6 мр/ч на расстоянии 1 м.

Контейнеры размещают на специально отведенных для них местах.

Контейнеры для удаления или выдерживания отходов можно временно хранить в помещениях или на местах, которые имеют отделку, соответствующую требованиям к помещениям II класса.

Место расположения контейнеров оборудуют защитными приспособлениями, исключающими возможность излучения за его пределами свыше предельно допустимых уровней.

9.6. ЗАЩИТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И УСТРОЙСТВА

9.6.1. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Работы с радиоактивными веществами большой активности требуют применения полностью автоматизированного оборудования с дистанционным управлением.

Так, при металлографической обработке радиоактивных образцов резку, запрессовку (в бакелитовую оправу), шлифовку, очистку, полировку проводят на оборудовании с дистанционным управлением.

Для вакуумной плавки и литья радиоактивных металлов применяют дистанционно управляемую установку, которую размещают в герметичном боксе, оборудованном автоматическими транспортными коммуникациями. Все части транспортной коммуникации доступны наблюдению через смотровые окна. Доступ к основным узлам — через перчаточные отверстия.

Когда работающий в целях защиты должен находиться на определенном расстоянии от места непосредственного выполнения работы, да к тому же он должен быть отделен от него экранирующей стеной, рабочие операции могут выполняться только при помощи специальных приспособлений, а в ряде случаев и на специальном оборудовании с дистанционным управлением.

Предъявляемые условиями работы с радиоактивными веществами требования вызвали создание большого числа соответствующих устройств, разнообразных по назначению и конструкции.

Основой дистанционной работы являются механизмы, копирующие действия рук оператора.

Эти механизмы можно разделить на две основные группы:

- 1) копирующие манипуляторы, в которых все или некоторые движения исполнительного механизма воспроизводят движения рук оператора;
- 2) координатные манипуляторы, в которых механическая связь между оператором и исполнительным механизмом заменена другими видами связи.

Более развито применение механизмов и конструкций первой группы.

Для работы на близких дистанциях применяют ручные манипуляционные захваты и манипуляторы.

Конструкция захватов позволяет удерживать предметы разной формы в любом положении в рабочем пространстве таким образом, что центр тяжести предмета всегда находится в главной плоскости захвата для сохранности и устойчивого положения предметов при манипулировании.

Манипуляторы представляют собой инструменты или приспособления для передачи движений и усилий рук оператора на некоторое расстояние с соответствующим увеличением этих движений и усилий.

Известны манипуляторы разнообразных конструкций. Наиболее простые из них — с ручным управлением — предназначены для выполнения одной или немногих несложных операций.

При работе с ферромагнитными изотопами применяют электромагнитные манипуляторы.

Для выполнения типовых и специальных операций по перемещению емкостей с радиоактивными препаратами, для извлечения стеклянной и легкой металлической тары из контейнеров, перемещения этой тары внутри рабочего пространства шкафа, для манипулирования посудой и т. д. применяют пневмо- и гидроманипуляторы.

Для дистанционного выполнения разнообразных операций (захвата предметов, перемещения их, ориентации под любым углом и др.) применяют универсальные манипуляторы. Они обладают семью степенями свободы: тремя — для перемещения, тремя — для вращения и одной — для управления захватами.

Этими манипуляторами можно управлять с большого расстояния при помощи рукояток, причем пальцы оператора ощущают нагрузку или силу, развиваемую захватами манипулятора. Манипулятор может иметь и кнопочное управление.

Универсальные манипуляторы бывают гидравлические, механические, электрические и др.

Для наблюдения за производимой манипуляторами работой применяют систему зеркал, перископы, телевизионные установки.

9.6.2. ЗАЩИТНОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ

Ослабление потока излучения

Экранирование — широко распространенное защитное средство, позволяющее снизить облучение на рабочем месте до любого заданного уровня.

Ослабление потока излучения в той или иной среде зависит от энергии потока и от свойств среды.

В основе защитного экранирования лежит определение необходимой толщины экрана для поглощения излучений.

Для защиты от потока альфа-излучения толщина защитного экрана должна быть не меньше длины пробега альфа-частиц в данной среде. Длина пробега альфа-частиц может быть вычислена по формуле

$$l_{\alpha} = 1,1 \cdot 10^{-4} \frac{\sqrt{A \cdot E_{\alpha}^3}}{\rho} \text{ см}, \quad (9.12)$$

где l_{α} — длина пробега, см;

E_{α} — энергия альфа-частиц, мэв;

A и ρ — атомный вес и плотность вещества.

Так как альфа-частицы имеют небольшую величину пробега, то слой воздуха в несколько сантиметров или более плотного вещества (стекла, фольги и т. п.) в несколько миллиметров достаточен для их поглощения. Поэтому обычно нет надобности прибегать к расчету толщины экрана.

Необходимая толщина экрана для полного поглощения потока бета-излучений (d_{β}) определяется исходя из величины максимального пробега бета-частиц (l_{β}) в веществе экрана и плотности вещества экрана (ρ):

$$d_{\beta} = \frac{l_{\beta}}{\rho} \text{ см}, \quad (9.13)$$

где ρ — плотность вещества экрана, г/см³;

l_{β} — длина пробега, г/см².

Для $E_{\beta} < 0,8$ мэв максимальная длина пробега (l_{β}) равняется $0,4 E_{\beta}^{1,4}$, для $E_{\beta} > 0,8$ мэв l_{β} равняется $0,54 E_{\beta} - 0,13$ г/см² (E_{β} — максимальная энергия бета-потока).

При прохождении бета-частиц через вещество происходит не только ионизация и возбуждение атомов, но и возникает тормозное излучение в виде рентгеновых или гамма-лучей.

Выход тормозного излучения B можно определить по формуле:

$$B = 1,23 \cdot 10^{-4} (\bar{Z} + 3) E_{\beta}^2 \text{ мэв/}\beta\text{-част.}, \quad (9.14)$$

где $\bar{Z} = \frac{\sum_i Z_i^2}{\sum_i Z_i}$ — эффективный атомный номер тормозящего материала (причем i — доля атомов тормозящего материала с порядковым номером Z_i от общего числа атомов);

3 — число, учитывающее внутреннее тормозное излучение.

При использовании для защиты от бета-частиц экранов из материалов с малыми атомными номерами возникает высокоинтенсивное излучение малоэнергетичных квантов, а при использовании экранов из тяжелых материалов возникают кванты больших энергий, но меньшей интенсивности.

Поэтому для защиты от бета-частиц необходимо использовать комбинированные экраны, у которых около источника располагается материал с малым атомным номером, а за ним — с большим. Возникающие в материале первого экрана, толщина которого равна длине пробега бета-частиц, кванты с малой энер-

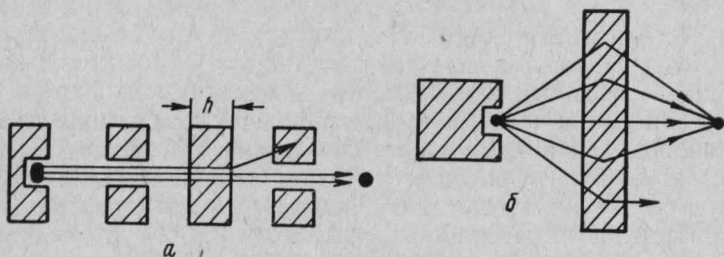


Рис. 9.3. Геометрия гамма-излучений:

a — узкий пучок; *б* — широкий пучок

гией поглощаются в экране из материала с большим атомным номером.

Определение толщины экрана с малым атомным номером для поглощения бета-частиц производят по формуле (9.13). Для определения толщины дополнительного экрана (с большим атомным номером) рассчитывают энергию тормозного излучения на один акт распада, вычисляют полную энергию тормозного излучения от источника данной активности и создаваемую им дозу излучения, по которой (как это показано ниже) рассчитывают толщину экрана.

Ослабление интенсивности потока гамма-излучений зависит от геометрии потока, причем различают узкий пучок и широкий пучок гамма-излучений (рис. 9.3).

В условиях узкого пучка регистрируются только первичные гамма-кванты, которые проходят поглотитель без взаимодействия с его атомами, а рассеянные гамма-кванты выбывают из пучка и не попадают в измерительный прибор.

Если рассеянное излучение попадает в регистрирующий прибор, пучок излучения считается широким.

Ослабление потока гамма-излучений от точечного источника происходит по экспоненциальному закону:

$$I_d = I_0 e^{-\mu d}, \quad (9.15)$$

где I_d — интенсивность потока, ослабленного слоем вещества толщиной d см;

I_0 — начальная интенсивность потока;

μ — линейный коэффициент ослабления, см^{-1} .

Даже при прохождении через сколь угодно большую толщину поглотителя поток гамма-излучения не поглощается полностью, однако можно определить толщину поглотителя, необходимую для ослабления интенсивности потока в любое число раз.

Так, для снижения интенсивности потока излучения вдвое толщина экрана (слой половинного ослабления) должна быть равна:

$$d_{0,5} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu} \text{ см.} \quad (9.16)$$

Аналогично слой десятичного ослабления равен:

$$d_{0,1} = \frac{\ln 10}{\mu} = \frac{2,3}{\mu} \text{ см.} \quad (9.17)$$

Число слоев половинного ослабления ($n_{1/2}$), необходимое для ослабления потока гамма-излучений в K раз

$$n_{1/2} = 3,32 \lg K. \quad (9.18)$$

Число слоев десятичного ослабления для ослабления потока гамма-излучений в K раз

$$n_{1/10} = \lg K. \quad (9.19)$$

В общем виде

$$d_K = \frac{\ln K}{\mu}. \quad (9.20)$$

Сказанное выше справедливо для узкого пучка монохроматического излучения. Ослабление узкого пучка монохроматического излучения происходит по тому же закону (формула 9.15), но вместо линейного коэффициента ослабления μ вводится эффективный коэффициент ослабления $\mu_{\text{эф}}$, зависящий не только от рода поглотителя и энергии излучения, но и от толщины поглотителя.

Эффективные коэффициенты ослабления широких пучков гамма-излучения всегда меньше (на 10—30%), чем для узких пучков.

Для расчета ослабления интенсивности широкого пучка гамма-излучений необходимо знать интенсивность рассеянного излучения, которая зависит от многих факторов; расчет ее сложен. На практике вклад рассеянного гамма-излучения в широком пучке по сравнению с узким пучком учитывается с помощью фактора накопления интенсивности гамма-излучения $B_{\text{инт}}$. Практически при расчете толщины экрана вводят дополнительный

множитель — фактор накопления дозы B , который приблизительно может быть оценен по формуле

$$B \approx \mu d. \quad (9.21)$$

Нейтроны (за исключением нейтронов малых энергий) слабо поглощаются веществом. Поэтому задача защиты от нейтронов заключается в замедлении быстрых нейтронов с последующим поглощением замедленных (тепловых) нейтронов. Нейтроны могут потерять значительную часть своей энергии (в среднем около двух третей) при столкновении с атомами водорода.

Ослабление потока быстрых нейтронов в веществе происходит также по экспоненциальному закону:

$$\varphi_d = \varphi_0 e^{-\frac{d}{L}}, \quad (9.22)$$

где φ_d — поток быстрых нейтронов после поглощения слоем вещества толщиной d см;

φ_0 — начальный поток быстрых нейтронов;

L — длина релаксации нейтронов в данном веществе, см.

При поглощении (захвате) нейтронов может происходить испускание гамма-квантов, что требует соответствующей защиты от гамма-излучения.

В процессе ослабления энергия быстрых нейтронов уменьшается до тех пор, пока они не станут тепловыми. Тепловые нейтроны диффундируют через поглотитель; для их поглощения применяют дополнительный экран из кадмия.

Материалы для защитных экранов

Для защитных экранов используют различные материалы.

Для защиты от альфа-излучений достаточен небольшой слой воздуха, что обеспечивается проведением работы на расстоянии. Используют также экраны из стекла и плексигласа.

Для защиты от бета-излучений применяют материалы с небольшим атомным номером, например алюминий, а также люцит, плексиглас и др. Для защиты от бета-излучений высоких энергий используют и экраны из свинца с внутренней облицовкой из материалов с малым атомным номером.

Гамма-излучение лучше всего ослабляется элементами с высоким атомным номером и высокой плотностью.

К этим материалам относятся свинец, вольфрам и др. Пригодны по своим защитным свойствам и металлы среднего удельного веса — нержавеющая сталь, чугун, медные сплавы.

В защитных ограждениях, являющихся частью строительных конструкций и несущих определенные нагрузки, используют бетон, баритобетон и другие материалы.

Для смотровых систем применяют прозрачные материалы: свинцовое стекло, стекла с жидким наполнителем (бромистый и хлористый цинк) и др.

Для защиты от нейтронов хорошими защитными материалами являются вода, парафин и вообще водородсодержащие материалы, а также графит, бериллий и др. Для защиты от тепловых нейтронов применяют кадмий и бор. Нейтроны малой энергии сильно поглощаются бором, поэтому в бетон, применяемый для защиты от нейтронов, вводят соединения, содержащие бор, например, Colemanite ($2\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), или буру.

Для комбинированной защиты от гамма-лучей и нейтронов используют смеси тяжелых материалов с водой или водородсодержащими материалами или комбинации слоев тяжелых и легких материалов: железо — вода, свинец — вода, свинец — полиэтилен, железо — графит.

Расчет толщины экрана

При определении толщины экрана следует исходить из необходимости максимального ослабления интенсивности потока излучений, а не из достижения некоторого определенного значения дозы, хотя бы и принимаемой за безопасную.

Доза, создаваемая источником бета-излучения, может быть приближенно оценена по формуле

$$D_{\beta} = \frac{6 \cdot 10^{-5} N_{\beta} E_{\beta} t}{l} p, \quad (9.23)$$

где N_{β} — поток бета-частиц, $\beta\text{-част}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$;

E_{β} — максимальная энергия бета-излучения, мэв ;

t — время облучения, ч ;

l — максимальный пробег бета-частиц в биологической ткани, см .

Толщина экрана для защиты от бета-излучения может быть определена по формуле (9.13), по справочным данным (приложение 10), либо по номограмме (рис. 9.4).

Доза от точечного источника монохроматического гамма-излучения определяется по формуле

$$D_{\gamma} = 5 \cdot 10^{-2} N_{\gamma} E_{\gamma} \mu_{\text{возд}} t p, \quad (9.24)$$

где N_{γ} — поток гамма-квантов, $\gamma\text{-квант}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$;

E_{γ} — энергия гамма-квантов, мэв ;

$\mu_{\text{возд}}$ — истинный коэффициент поглощения гамма-лучей в воздухе;

t — время облучения, ч .

В области наиболее часто встречающихся на практике значений E_γ от 0,1 до 1,54 мэв можно пользоваться приближенной формулой

$$D_\gamma = 1,8 \cdot 10^{-6} N_\gamma E_\gamma t. \quad (9.25)$$

Определение необходимой толщины экрана может быть произведено расчетным путем по формуле (9.20), по табличным данным (приложение 11) и по номограмме (рис. 9.5).

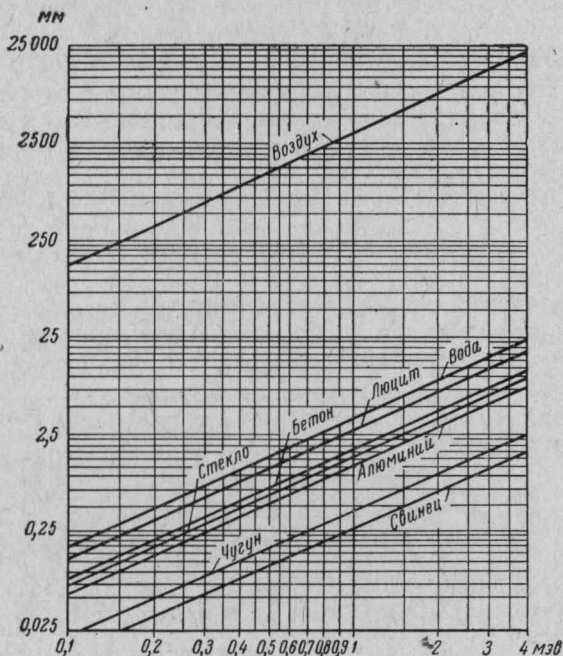


Рис. 9.4. Толщина слоя разных материалов для поглощения бета-излучения

Кратность ослабления

$$K = \frac{D_\Phi}{\text{ПДД}}, \quad (9.26)$$

где D_Φ — доза при отсутствии защиты;
ПДД — предельно допустимая доза.

Если известна необходимая толщина защитного экрана из свинца, то эквивалентная толщина из любого другого материала x определяется из выражения

$$d_{\text{Pb}} \mu_{\text{Pb}} = d_x \mu_x. \quad (9.27)$$

Толщина защиты, необходимая для замедления быстрых нейтронов до тепловых, может быть приближенно определена по формуле

$$d_n = \sqrt{6L^2}, \quad (9.28)$$

где L — длина релаксации в веществе, см.

Длина релаксации, см:				
H ₂ O	D ₂ O	Be	BeO	Графит
5,7	11,0	9,9	12,0	17,3

Защита от проникающих излучений проектируется, как правило, с определенным коэффициентом запаса или допуском в за-

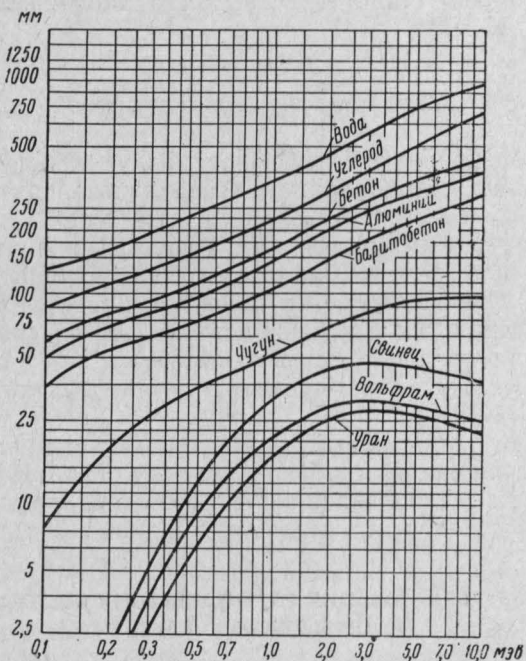


Рис. 9.5. Толщина слоя десятичного ослабления для узкого пучка гамма-излучения

висимости от категории облучения, назначения помещения, характера выполняемой в нем работы и времени пребывания людей в помещении.

Коэффициент запаса при проектировании защиты ($k \leq 2$) вводится в связи с неточностями в исходных проектных данных,

определяющих защиту, неточностями в ПДУ ионизирующих излучений и их ОБЭ, а также из-за возможной загрязненности тела, рабочих поверхностей и одежды радиоактивными веществами, дозу от которых рассчитать заранее практически невозможно. Такие факторы, как присутствие других источников ионизирующей радиации, перспективное увеличение мощности источника, наличие соседних источников излучения, повышение требований к радиочувствительным материалам и аппаратуре, а также сорбция радиоактивных веществ конструктивными материалами в коэффициент запаса не входят; их следует учитывать отдельно.

Санитарными правилами допускается при проектировании лабораторий (учреждений, предприятий) превышение уровня естественного фона, характерного для данной местности, не более чем на $0,01 \text{ мр/ч}$.

Устройство защитных экранов

Защитные экраны имеют разнообразную конструкцию. Применяют экраны стационарные, передвижные, разборные, настольные.

Для работ с гамма-активными веществами применяют оборудованные шпатовыми манипуляторами экраны: передвижные (легкие), передвижные на тележке, подвесные на тельфере.

Разборные защитные экраны возводят из фигурных блоков и свинцовых или чугунных блоков-кирпичей. Для устранения щелей бруски укладывают «вперевязку» или делают их стреловидными.

Используют также полые экраны из стальных плит с заполнением металлической дробью и бетонные формы для набора защитных стен с заполнением свинцовой или чугунной дробью, металлической высежкой, песком, рудой, гравием и др.

9.6.3. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОВОДИМЫХ РАБОТ

Герметизация радиоактивных веществ и проводимых работ имеет важнейшее значение для предотвращения утечки активности, недопущения загрязнения помещений, оборудования и в особенности воздуха.

Следует иметь в виду не только возможность простой утечки вещества при просыпании порошков или пролипании жидкостей, но и потери из-за летучести препарата или образования аэрозолей. Так, например, полоний обладает свойством самопроизвольно образовывать аэрозоли.

Любые радиоактивные препараты находятся в соответствующих герметичных емкостях: стеклянных пробирках с притертыми пробками, запаянных стеклянных ампулах, алюминиевых пеналах, капсулах и т. п.

Для хранения и транспортировки радиоактивных веществ используют контейнеры, стенки которых рассчитывают исходя из требования, чтобы доза излучения на поверхности контейнера на определенном расстоянии от него не превышала заданной безопасной величины.

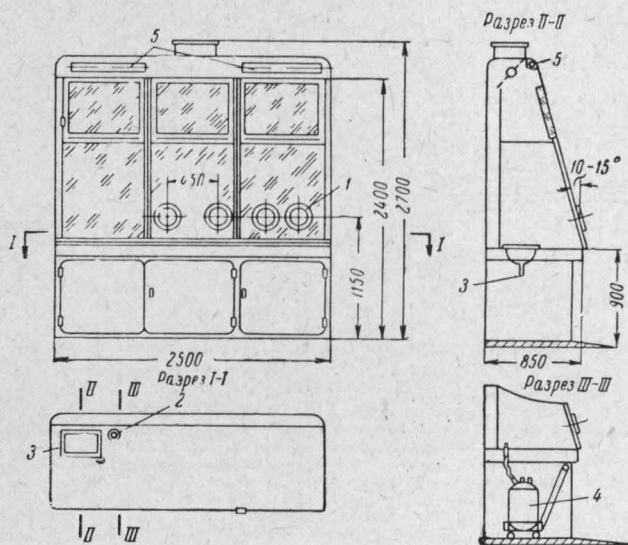


Рис. 9.6. Вытяжной шкаф:

1 — для перчаток; 2 — слив в контейнер; 3 — слив в канализацию; 4 — контейнер; 5 — светильник

Наружная поверхность контейнера должна быть механически прочной, хорошо сопротивляющейся коррозии, гладкой и легко поддаваться дезактивации.

Все работы с открытыми радиоактивными препаратами следует проводить под вытяжкой и в герметизированных устройствах.

Оборудование для герметизации работ очень разнообразно. Для этой цели применяют вытяжные шкафы, различные боксы и горячие камеры.

При работах с малыми уровнями активности используют вытяжные шкафы и боксы.

Особенностью радиохимического вытяжного шкафа является его большая герметизация по сравнению с обычным химическим вытяжным шкафом (рис. 9.6); рабочие отверстия закрыты пер-

чатками, через которые оператор вводит руки внутрь шкафа, не нарушая его герметичности.

Настольные боксы представляют собой небольшие, закрытые со всех сторон, деревянные окрашенные или металлические ящики; такие боксы могут быть переносными (рис. 9.7).

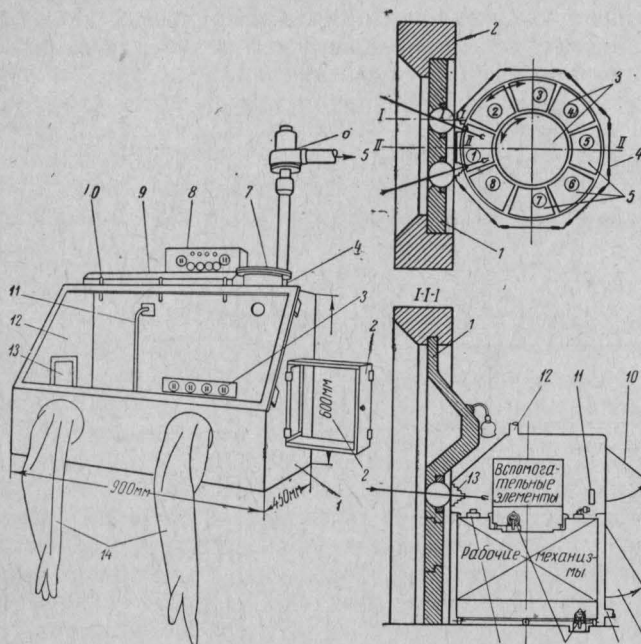


Рис. 9.7. Настольный бокс:

1 — ящик (из нержавеющей стали или фанеры, покрытый внутри эмалью); 2 — воздушный шлюз (форкамера); 3 — подводы электроэнергии; 4 — фильтр; 5 — вытяжка; 6 — вентилятор; 7 — фланец для крепления труб каркаса; 8 — панель электроснабжения; 9 — освещение; 10 — патрубки для подвода; 11 — штатив для аппаратуры; 12 — застекленное окно; 13 — дверка с фильтром; 14 — резиновые перчатки

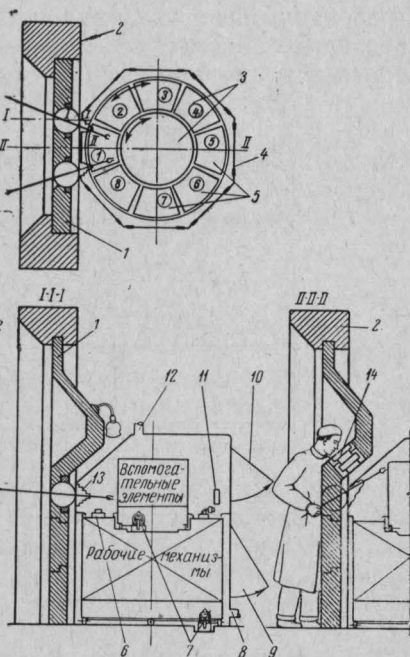


Рис. 9.8. Стационарный бокс:

1 — чугунная плита; 2 — бетон; 3 — вращающиеся части установки; 4 — герметичный неподвижный стальной кожух со вставками из стекла; 5 — рабочие ячейки; 6 — рабочая головка; 7 — вращающиеся механизмы; 8 — подача чистого воздуха; 9 — ремонт рабочего механизма; 10 — ремонт рабочей головки; 11 — датчик для измерения активности препаратов; 12 — отсос воздуха из кожуха; 13 — резина; 14 — смотровой иллюминатор

Для работы со средними уровнями активности применяют стационарные боксы — герметизированные шкафы с защитными стенками и, как правило, с оборудованием для механизации проводимых работ (рис. 9.8).

Вытяжные шкафы, а также боксы можно устанавливать в линию с герметичным соединением отдельных устройств

путем установки форкамер. На такой линии выполняют цикл каких-либо работ.

Для работ с высокими уровнями активности используют горячие камеры — полностью герметичные, с дистанционным про-

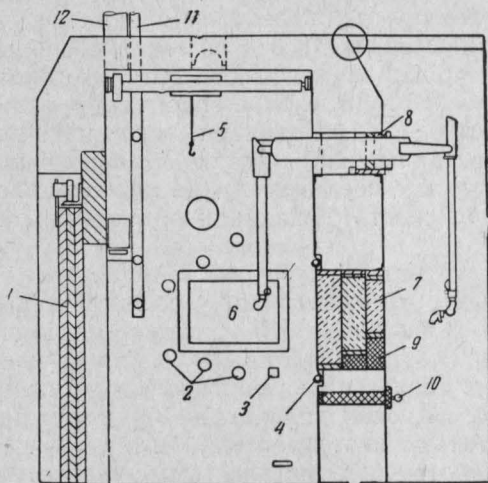


Рис. 9.9. Горячая камера:

1 — стальная дверь; 2 — закрывающиеся отверстия для доступа внутрь камеры; 3 — отверстие для транспортировки; 4 — освещение; 5 — пневматический подъемник; 6 и 7 — окна; 8 — манипулятор; 9 — свинцовые блоки; 10 — свинцовая пробка; 11 — вакуумный канал; 12 — вентиляционный канал

ведением операций и наблюдением за ними через защищенные отверстия (рис. 9.9).

9.6.1. РАДИОИЗОТОПНЫЕ ПРИБОРЫ

Радиоизотопные приборы находят все более широкое применение в различных производственных процессах.

Закрытым называется такой прибор, радиоактивный препарат в котором находится в виде закрытого источника, а самый прибор выполнен с соответствующей защитой. Закрытые приборы используют для получения полезного пучка излучения¹.

При нормальной эксплуатации закрытые приборы представляют опасность внешнего облучения только в зоне выходящего

¹ Полезный пучок — доля первичного или вторичного излучения, проходящая через диафрагму, конус или всякое другое приспособление для коллимации пучка ионизирующих излучений.

из прибора пучка излучения. При поломке прибора, при авариях опасная зона внешнего облучения увеличивается и возникает также опасность внутреннего облучения.

К конструкции и устройству закрытых приборов предъявляется ряд требований безопасности.

Принципы выбора радиоактивного вещества для проведения работ уже были освещены. В отношении прибора радиоактивного источника для прибора следует добавить, что химическую и физическую форму изотопа выбирают с таким расчетом, чтобы в случае повреждения прибора химическое и радиационное воздействия были минимальными (так, обычно нежелательны нитраты и органические соединения), не происходило рассеяние и не возникала опасность попадания радиоактивного вещества в организм.

Поэтому следует предпочесть радиоактивные источники в форме металлической фольги или с металлическим покрытием; спрессованного и заключенного в тонкую металлическую ленту радиоактивного порошка; плавленого стекла или керамики, в которых изотоп является составляющей (при этом стекло должно быть стойким против радиационного повреждения).

Предпочтительно использование бета-излучателей, которые легче экранировать, либо мягких гамма-излучателей.

Основное требование к устройству приборов заключается в недопущении утечки излучений или самого радиоактивного препарата как при нормальных условиях хранения, транспортировки и эксплуатации, так и при возникновении необычных или аварийных условий.

При конструировании прибора следует учесть все факторы, которые могут вызвать повреждение оболочки прибора, отдельных его частей или нарушение герметичности, в том числе воздействие радиации самого источника, агрессивное действие окружающей прибор среды, вибрацию, удар и вообще механические повреждения, воздействие тепла, влажности, высокого или низкого давления, износ материалов, из которых сделан прибор, и т. д.

Соединение частей прибора должно быть надежным, а разъем его вручную (особенно вынимание радиоактивного источника) должен быть затруднен. Части прибора соединяют посредством сварки, пайки и т. д. Головки болтов покрывают припоем.

Активную незащищенную часть закрытого источника ограждают от механического повреждения. Открытую часть прибора оборудуют крышкой либо другим затвором, легко надеваемым на прибор и обеспечивающим защиту не меньшую, чем кожух прибора.

Многие требования к конструкции приборов совпадают с требованиями к контейнерам.

Простейшая конструкция радиоизотопного прибора — контейнер для хранения и перевозки радиоизотопа, имеющий отверстие для выхода пучка (рис. 9.10).

Мощность дозы излучения на поверхности блока прибора с источником излучения не должна превышать 10 мр/ч и на расстоянии 1 м $0,3 \text{ мр/ч}$. У переносных гамма-дефектоскопических аппаратов мощность излучения на расстоянии 1 м от поверхности кожуха не должна превышать 3 мр/ч .

Надежность устройства приборов и защитного действия их экранов проверяют перед установкой приборов, периодически и при возникновении возможности нарушения их нормальной работы.

Для приборов серийных или изготавливаемых большими партиями производят испытание образца новой конструкции до ее внедрения.

Испытание образца включает испытание на стойкость к радиационному повреждению, воздействию химических реагентов, температуры, давления, влажности, удару, вибрации, а также к воздействиям, которые могут возникнуть в условиях намечаемой эксплуатации прибора, его транспортировки и хранения. Кроме того, необходима тщательная проверка защитного действия затвора и отсутствия щелей; последнее испытание должно продолжаться достаточное для обнаружения мелких щелей время.

Каждый закрытый прибор снабжается надежно прикрепленным или написанным на кожухе несмываемой краской ярлыком с указанием слова «радиоактивный», заводским номером, названием (или символом) изотопа и кюричности, датой изготовления, датой проверки, сроком следующего испытания.

Завод-изготовитель приборов обязан прилагать к каждому прибору рабочую инструкцию с указанием полной характеристики прибора и радиоактивного источника, минимального расстояния от прибора до ограждения при установке, мер безопасной эксплуатации, данных о проведенной проверке прибора, сроках периодического испытания и допустимом сроке использования.

Желательно, чтобы заводы-изготовители поставляли приборы с дистанционными приспособлениями для работ по монтажу узла источника и контейнером для переноски источника.

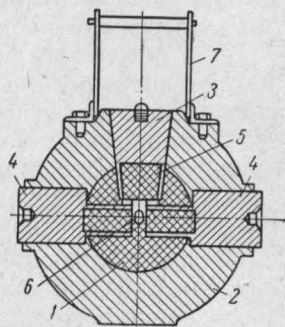


Рис. 9.10. Контейнер-прибор:

1 — свинцовая заливка корпуса; 2 — чугунный корпус; 3 и 4 — окна; 5 — пробки окон; 6 — источник; 7 — ручка для переноски

9.6.5. УСКОРИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Все более широкое распространение получают ускорительные установки — электростатические генераторы, линейные ускорители, бетатроны, синхротроны, циклотроны и др., дающие мощные пучки заряженных и незаряженных частиц.

При работе ускорителей могут возникать опасности. Это объясняется следующим:

1) в результате процесса ускорения заряженных частиц возникают ионизирующие излучения, высокое электрическое напряжение, электромагнитные поля высокой частоты;

2) мощные потоки ионизирующего излучения и высокого напряжения сопровождаются образованием озона и окислов азота;

3) вспомогательная аппаратура ускорителей вызывает шум, высокую температуру и пр.;

4) при получении на ускорителях радиоактивных изотопов или при работе с газовыми мишенями возможно радиоактивное загрязнение воздуха;

5) наличие в помещениях ускорителей высоких гамма-полей и потоков нейтронов вызывает образование радиоактивных изотопов газов, входящих в состав воздуха, а после выключения установок возникает наведенная радиоактивность в металлических частях конструкции установки и в пыли, осевшей на оборудовании.

Таким образом, ускорительные установки являются источником различных видов излучения — гамма- и нейтронного излучения (при ускорения протонов), тормозного гамма-излучения, электронов и нейтронов (при ускорении электронов).

При работе на ускорителях нужно принимать во внимание комбинированный характер излучений. Это учитывается при планировке и отделке помещений, устройстве защиты, разработке мер безопасности.

В конструкцию ускорительных установок для обеспечения безопасности должен быть введен ряд приспособлений:

коллиматор для ограничения поперечного сечения рабочего пучка;

блокировки для предупреждения перемещения рабочего пучка во время экспозиции, для остановки перемещения рабочего пучка при выходе из строя основной блокировки.

электрические блокировки в рабочем помещении;

счетчик времени для выключения установки по истечении времени экспозиции;

предупредительная сигнализация.

(Защита от других перечисленных выше опасностей и вредностей рассматривается в других, соответствующих разделах).

9.7. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Средства индивидуальной защиты должны предохранять от попадания загрязнений на кожу и внутрь организма, а также защищать от альфа-излучения и по возможности от бета-излучения, от нейтронного и гамма-излучения индивидуальные средства, как правило, не защищают.

В качестве спецодежды используют халаты, шапочки, резиновые перчатки и пр., а при работах с изотопами активностью более 10 мк — хлопчатобумажные комбинезоны, спецбелье, пленочные хлорвиниловые фартуки и нарукавники или пленочные халаты, тапочки или ботинки.

Персоналу, производящему уборку помещений, дополнительно выдают резиновые перчатки, фартуки, нарукавники, галоши или резиновые сапоги. При возможности сильного загрязнения выдают и спецбелье (из бязи).

Для всех индивидуальных средств защиты свинец можно употреблять только в том случае, если при воздействии излучений в свинце не вызывается вторичное излучение.

К средствам индивидуальной защиты при работе с радиоактивными веществами, кроме общегигиенических требований, предъявляются специальные требования, вызываемые особенностями радиоактивных веществ. Особое внимание уделяется способности к дезактивации: материалы, применяемые для средств индивидуальной защиты, должны легко очищаться от загрязнений, быть стойкими к воздействию кислот, щелочей, моющих растворов.

9.7.1. СПЕЦОДЕЖДА

Для облегчения очистки спецодежда и спецобувь должны иметь минимальное число швов, застежек, клапанов. Швы пластиковой спецодежды скрепляют методом сварки, обеспечивающим герметичность шва и возможность проводить дезактивацию в агрессивных средах.

Хлопчатобумажная спецодежда является основной при работе с радиоактивными веществами.

В качестве спецодежды служат халаты, комбинезоны и полукомбинезоны из неокрашенной хлопчатобумажной ткани с гладкой поверхностью (например, из молексина, бязи), с глухими воротниками и застежками. Неокрашенные ткани имеют преимущество перед окрашенными, так как красители ухудшают десорбционные свойства тканей, и они хуже очищаются от загрязнений при стирке.

Хлопчатобумажную шапочку из отбеленного молескина можно использовать со всеми видами хлопчатобумажной и пленочной спецодежды.

Пластиковую спецодежду изготовляют из поливинилхлоридной пленки методом сварки.

Пленочные материалы воздухо- и влагонепроницаемы; поэтому их можно применять для местной частичной защиты тела (халаты, фартуки, брюки, нарукавники).

Фартук и нарукавники из поливинилхлорида предназначены для защиты тела от радиоактивных загрязнений, воздействия кислот и щелочей. Полухалат из поливинилхлорида служит для защиты при работе с открытыми радиоактивными веществами, кислотами и щелочами. Полукомбинезон из поливинилхлорида применяют при работе с открытыми радиоактивными веществами, кислотами и щелочами, он защищает тело и ноги, не стесняет движений, не нарушает теплорегуляции.

9.7.2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для защиты рук применяют перчатки из нейтритового латекса, короткие (длиной 290 мм) и длинные (длиной 600 мм); такие перчатки легко дезактивируются. Полотняные и кожаные перчатки не употребляют, так как они могут впитывать жидкости и поглощать пыль. При большой интенсивности излучения применяют перчатки из просвинцованной резины с гибкими нарукавниками. Перчатки должны плотно облегать руки, но не мешать свободному движению пальцев. При надевании и раздевании перчаток необходимо не допускать загрязнения рук. Перед тем, как снять с рук перчатки, их следует обмыть водой, а затем водой с мылом. Хранят перчатки завернутыми в ткань, либо надетыми на болванки, в специальных шкафчиках. Периодически перчатки подвергают проверке.

Для защиты ног от загрязнений применяют основную специальную обувь, а для защиты этой или личной обуви от загрязнений используют дополнительную спецобувь.

Основная специальная обувь: ботинки с верхом из искусственной кожи или из лавсановой ткани; сапоги из специальной резины формованные; чуни резиновые формованные. Дополнительная специальная обувь: пластиковые чехлы, чулки, бахилы, а также резиновые бахилы и галоши.

Для защиты глаз при мягком бета-излучении и альфа-излучении пригодны обычные стекла. При более высокой энергии бета-излучения применяют специальные стекла. Для защиты от бета-излучений можно применять силикатные и органические стекла (плексиглас) толщиной 2—2,5 мм.

Для защиты от гамма-излучений пригодно свинцовое стекло и стекла с фосфатом вольфрама.

Для защиты от нейтронов применяют стекла с боросиликатом кадмия или с фтористыми соединениями.

Допустимая толщина свинцовых стекол определяется требованием удобства ношения очков; они не должны быть слишком тяжелыми, так как это ограничивает их употребление для защиты от гамма-излучения.

Оправа очков должна предохранять глаза от попадания радиоактивной пыли или паров. Поэтому при возможном содержании в воздухе таких веществ необходимо пользоваться очками закрытого типа (с резиновой или кожаной полумаской и др.).

Для защиты лица и глаз при работах с альфа- и бета-препаратами используют щитки типа ШЛ из органического стекла.

Для защиты органов дыхания применяют респираторы и шланговые приборы.

Бесклапанные противопылевые респираторы типа «Лепесток» предназначены для защиты от тонко- и средне-дисперсных аэрозолей; эти респираторы изготавливаются из специального фильтрующего материала и используются при следующих концентрациях аэрозолей.

Респиратор	Сопротивление дыханию, мм вод. ст.	Защитная эф- фективность %	Концентрация аэрозолей
«Лепесток-200»	3—4	99,9	до 200 ПДК
«Лепесток-40»	1,2	99,5	до 40 »
«Лепесток-5»	0,6	96	до 5 »

Респиратор «Лепесток-5» применяется также для защиты от грубодисперсной пыли с концентрацией до 200 ПДК.

Для защиты всего организма, работающего от загрязнения радиоактивными веществами, используют изолирующие пневмокостюмы, представляющие собой специального покрова комбинезон со шлемом, смотровым органическим стеклом в виде полусферы и широким передним лазом (для быстрого и самостоятельного надевания и раздевания костюма).

Чистый воздух для дыхания и вентиляции пространства под костюмом подается от пневматической линии либо от специального переносного вентилятора и головную часть пневмокостюма.

Пневматические костюмы ЛГ-4 и ЛГ-5 изготавливаются из поливинилхлоридного пластика методом высокочастотной сварки. В пневмокостюме ЛГ-5 смотровое стекло съемное; в этом костюме имеются полуботы для работы в воде и монтерский пояс для работ на высоте.

Пневмошлем ЛИЗ-4 (из утолщенной поливинилхлоридной пленки со смотровым окном из органического стекла) применяют в условиях, когда нет необходимости полной изоляции работающего от окружающей среды, а нужно защитить только голову и органы дыхания.

Для защиты органов дыхания используют также пневмомаску ЛИЗ-5, состоящую из соединенных вместе шапочки, маски, воздуховода и сумки для ношения пневмомаски.

9.7.3. ЛИЧНАЯ ГИГИЕНА

Соблюдение правил личной гигиены необходимо для предупреждения радиоактивной загрязненности. Курение, а также хранение пищи в рабочих помещениях не допускается. Для сохранения пищи отводится место в столовой. Перед приемом пищи в столовой необходимо тщательно вымыть руки и рот; для этого в столовой имеется умывальник с горячей и холодной водой.

Доступ в столовую в спецодежде не разрешается.

Во время отдыха рекомендуется пребывание на свежем воздухе, занятия физкультурой.

Персонал должен быть обучен мерам оказания первой помощи.

Для работающих с радиоактивными веществами обязательно тщательное обмывание тела после окончания работы (горячий душ), мытье рук перед едой и курением.

При загрязнении тела радиоактивными веществами необходимо немедленно тщательно вымыться.

При применении моющих средств для удаления с поверхности кожи радиоактивных загрязнений может произойти втирание загрязняющего вещества. Во избежание этого можно пользоваться специальными липкими полосками, которые прижимают к загрязненному участку кожи и тут же снимают вместе с загрязнением.

Для облегчения дезактивации рук перед работой их смазывают кремом из смеси двух веществ: стойкого по отношению к воде и стойкого по отношению к маслам и растворителям. После работы крем смывают вместе с загрязнением.

Рот, нос и раковины ушей промывают растворами перманганата калия. Ногти коротко остригают.

При авариях или других нарушениях нормального хода работ лиц, в отношении которых есть какое-либо основание считать возможным радиоактивное загрязнение, немедленно подвергают дозиметрическому контролю.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Злобинский Б. М. Безопасность работ с радиоактивными веществами, 2-е изд. Металлургиздат, 1961.

Злобинский Б. М., Немцов Н. С. Радиоактивные изотопы в доменном производстве. Металлургиздат, 1963.

10. ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИЙ

10.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ШУМА И ВИБРАЦИЙ

Звук — специфическое ощущение, вызываемое действием звуковых волн на слуховые органы человека. Источником звуковых волн может явиться любой процесс, вызывающий волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды (воздуха, воды и т. д.).

Слуховой аппарат человеческого организма воспринимает звуковые колебания с частотой примерно от 16 до 20 000 гц; наиболее чувствительно ухо к колебаниям в области средних частот — от 1000 до 3000 гц. Такие звуки называются «слышимыми». «Неслышимые» — звуки с частотой ниже 16 гц («инфразвуки») либо выше 20 000 гц («ультразвуки»). «Неслышимые» звуки также могут оказать воздействие на организм (но не сопровождающееся слуховым восприятием).

Шум представляет собой сложный звук, состоящий из сочетания различных по частоте и интенсивности звуков.

Действуя через орган слуха, шум вызывает изменения в нервной системе; он является причиной более быстрого, чем в обычных условиях, развития утомления и падения работоспособности. Работа в условиях сильного шума может вызвать головную боль, головокружение, ослабление внимания. Шум вредно влияет на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, на функции желудка, желез внутренней секреции и др.

Физически звук характеризуется его интенсивностью — количеством энергии, проходящей в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны, $\text{эрг/сек} \cdot \text{см}^2$, либо вт/м^2 . *

Ухо воспринимает звук благодаря колебаниям давления.

Звуковое давление изменяется пропорционально изменению интенсивности звука, но в то время, как интенсивность звука изменяется в n раз, звуковое давление изменяется в \sqrt{n} раз.

* $1 \text{ эрг/сек} \cdot \text{см}^2 = 10^{-3} \text{ вт/м}^2$.

Для оценки слухового ощущения физическая характеристика звука оказывается недостаточной потому, что наше ухо оценивает изменение слухового ощущения не по абсолютному приросту интенсивности звука (или звукового давления), а по относительному приросту. Согласно общепризнанному закону Вебера—Фехнера, минимально заметный прирост внешнего воздействия на органы чувств пропорционален величине воздействия.

Уровень интенсивности (силы) звука измеряется в белах — логарифмической единице измерения отношений энергии¹, причем

$$L_6 = \lg \frac{I_x}{I_0}, \quad (10.1)$$

где L_6 — громкость, бел (δ);

I_x — уровень силы звука на уровне x , вт/м^2 ;

I_0 — интенсивность звука на пороге ощущения.

Таким образом, изменению уровня силы звука на 1 бел соответствует изменение энергии в 10 раз.

За нулевой уровень принимается минимальная интенсивность звука, которую способно воспринимать человеческое ухо.

Для частоты 1000 гц $I_0 = 10^{-12} \text{ вт/м}^2$. Для других частот эта величина имеет иное значение; таким образом, изменение порога слышимости в зависимости от частоты характеризуется кривой (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Область слышимости

При неизменной частоте колебаний уровень силы звука растет с увеличением его интенсивности (и звукового давления). Максимальный воспринимаемый ухом уровень силы звука 13 бел. При дальнейшем возрастании звукового давления возникает болевое ощущение. Как и порог ощущения, порог боли также характеризуется кривой (но с обратной выпуклостью) (рис. 10.1).

Формула (10.1) может быть представлена в виде

$$L_6 = 2 \lg \frac{P_x}{P_0}, \quad (10.2)$$

где P_x — звуковое давление на уровне x , н/м^2 ;

P_0 — звуковое давление на пороге слышимости, $2 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$.

На практике для измерения уровня силы звука пользуются

¹ Эта единица применяется не только в акустике, но и в электротехнике, радиотехнике, электросвязи.

децибелами (дб) — единицами, в 10 раз меньшими, чем бел:

$$L_{\text{дб}} = 10 \lg \frac{I_x}{I_0} \quad (10.3)$$

и

$$L_{\text{дб}} = 20 \lg \frac{P_x}{P_0}. \quad (10.4)$$

Децибел определяется как уровень звукового давления 20 десятичных логарифмов, отношения которого к условному порогу давления, равному $2 \cdot 10^{-5}$ н/м², принимаемому за нулевой уровень, равны единице.

В то время как 1 б соответствует изменению интенсивности звука в 10 раз и изменению звукового давления в $\sqrt[10]{10}$ раз, 1 дб соответствует изменению интенсивности звука в $\sqrt[10]{10} = 1,26$ раза и изменению звукового давления в $\sqrt[20]{10} = 1,12$ раза. Это почти точно соответствует физиологическим ощущениям — слуховое ощущение прироста уровня силы звука возникает только при относительном увеличении интенсивности звука в 1,26 раза и звукового давления в 1,12 раза.

Субъективное восприятие громкости звука зависит от его частоты. Два звука одинакового уровня звукового давления, но разной частоты воспринимаются ухом как звуки разной громкости. Поэтому для количественной оценки уровня громкости используется сравнение измеряемого звука с эталонным звуком частотой 1000 гц.

Приравнивая по субъективному ощущению уровни силы звука различной частоты к громкости звука частотой 1000 гц, можно построить «кривые равной громкости» (рис. 10.2). При этом оказывается, например, что звук частотой 100 гц, имеющий громкость 60 дб, воспринимается ухом в отношении громкости как звук частотой 1000 гц, имеющий громкость 40 дб. В связи с этим введено измерение уровня громкости в фонах: уровень

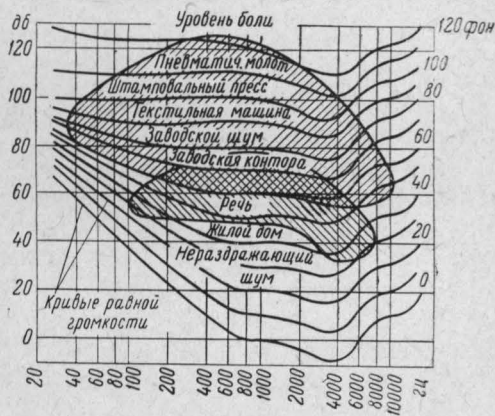


Рис. 10.2. Кривые равной громкости

громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частоты 1100 гц, равен 1 дб.

Для звуков частотой 1000 гц децибелы и фонны численно равны. То же приблизительно справедливо для звуков выше 80 дб, а также для частот от 400 до 5000 гц.

В металлургических цехах возникают громкие шумы — до 100 дб и больше.

Источники шума	Уровень шума, дб
Снорт (в доменном цехе)	120
Вагранка	95—98
Клепка металла	105—115
Пневматический молот	105
Волоочильный цех	100
Кузнечный цех	110
Электродвигатели мощные	85—100
Турбокомпрессоры	118
Вентиляторы центробежные	80—105
Токарные станки	85—93

В и б р а ц и и — механические колебания материальных точек или тел.

Ощущение вибрации возникает при соприкосновении части тела с предметами, претерпевающими под воздействием какой-либо силы колебания в вертикальном или горизонтальном направлениях.

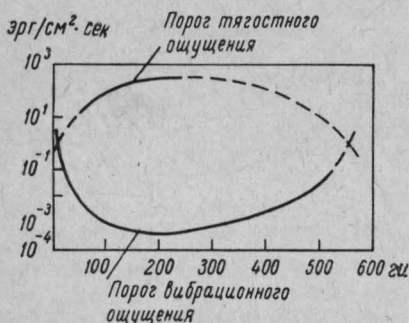


Рис. 10.3. Область вибрационных ощущений

Воздействие вибраций на организм вызывает спазмы сосудов, которые развиваются с концевых фаланг пальцев, распространяются на всю кисть, предплечье, охватывают сосуды сердца; они усиливаются при механическом, электрическом, холодовом и других раздражениях. Вибрации вызывают утомление.

Под влиянием мощной вибрации в организме возникает ряд местных и общих реакций, нарушение различных функций организма, костно-суставные изменения, изменения в центральной нервной системе, внутренних органах (пищеварительных железах, кишечнике и др.), повышенная чувствительность к охлаждению рук, изменения в мышцах, поражение слуха и т. д.

При положении сидя наиболее неблагоприятно воздействуют вертикальные вибрации, а при положении лежа—горизонтальные, действующие поперек оси тела.

Физически вибрации характеризуются частотой, амплитудой, скоростью, ускорением.

Чувствительность организма к вибрациям зависит от их физической характеристики (рис. 10.3).

Пороговое ощущение вибрации возникает, когда ускорение его равно 1% от нормального ускорения силы тяжести (т. е. $9,81 \text{ см/сек}^2$), а неприятное ощущение — при достижении ускорения 4—5% от нормального ускорения силы тяжести (т. е. примерно $40\text{—}50 \text{ см/сек}^2$).

10.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

Временными санитарными нормами и правилами по ограничению шума на производстве установлены значения допустимых уровней и спектров шума на рабочих местах.

По Временным санитарным нормам в зависимости от частотного состава (спектра) все шумы разделяются на три класса: 1) низкочастотные (ниже 300 гц); 2) среднечастотные (ниже 800 гц); 3) высокочастотные (свыше 800 гц).

Допустимые уровни шума, дб

Класс 1	90—100
» 2	85—90
» 3	75—85

В условиях шумов всех трех классов разборчивость речи должна быть удовлетворительной на расстоянии 1,5 м от говорящего.

Санитарные нормы СН 245—63 устанавливают ограничение уровня звукового давления шума, возникающего внутри производственных помещений, а также и проникающего в них извне в течение более четырех часов в смену.

Временными санитарными правилами и нормами установлены предельно допустимые величины вибраций на рабочих местах в производственных помещениях.

Имеются также рекомендации в отношении допустимых амплитуд колебаний пневматических инструментов.

Правильная организация труда и отдыха и установление (в случаях необходимости) подмен при работе в шумных производствах обеспечивают защиту организма от профессиональных заболеваний. Не следует допускать контакта с вибрацией более 50% рабочего времени.

При работе с вибрациями рекомендуются кратковременные перерывы в работе по 5—10 мин через каждые 1—1,5 ч с активной гимнастикой рук, а после работы — проведение комплекса гимнастических упражнений, тепловые ванночки для рук и массаж их.

Для отдыха в перерывах рабочего времени отводится место, изолированное от шума.

Уделяется внимание нормированию шумов, для чего замечают шумовые сигналы световыми, где это возможно; запрещают беспорядочное пользование шумовыми сигналами, а также сигналами, раздражающими ухо; желательно применять сигналы с частотой ниже 2000 гц.

Необходимо введение нормирования шумов в широком масштабе в целях включения в технические условия предельного уровня шума для выпускаемых машин, регламентации сигналов, установления правил пользования сигналами и т. д.

10.3. УСТРОЙСТВО ПОМЕЩЕНИЙ

Важное значение имеют правильная планировка и расположение цехов.

СН 245—63 устанавливают минимальные расстояния от ограждающих конструкций жилых и общественных зданий до источников шума и предельно допустимые уровни излучаемой звуковой мощности¹.

Шумные цехи размещают с подветренной стороны по отношению к жилому поселку и к менее шумным цехам и на достаточном отдалении от них.

Ослабление шума с расстоянием может быть определено по формуле

$$L_r = L_n - 20 \lg r. \quad (10.5)$$

где L_r — уровень шума на расстоянии r от источника, дб;

L_n — уровень шума источника дб;

r — расстояние от источника, м.

Расстояние r , на которое должны быть отдалены источники шума от зданий с менее шумными помещениями, и степень звукоизоляции I определяют по формуле

$$\lg r = \frac{L_m - L_d - I}{k}, \quad (10.6)$$

где L_m — уровень шума источника на расстоянии 1 м от него, дб;

L_d — допустимый уровень шума в изолируемом помещении, дб;

¹ Звуковая мощность — произведение силы звука на площадь излучающей поверхности.

I — звукоизоляция ограждающих конструкций, *дб*;

k — коэффициент, равный 15 (если изолируемые от шума здания находятся на расстоянии до 100 м от источника шума, а в окружности до 100 м есть несколько зданий) или 20 (если изолируемые от шума здания расположены на расстоянии более 100 м от источника шума и на открытых территориях).

Величина *I* зависит от расположения источника шума по отношению к изолируемому помещению: в том случае, если изолируемое помещение обращено открытыми окнами к источнику шума открытому, она равняется 5 *дб*, закрытому 10 *дб*; если окна обращены в противоположную сторону, то при открытом источнике шума она равняется 10—15 *дб*, при закрытом 20—30 *дб*.

По отношению к дорогам и другим зданиям шумные цехи располагают торцами.

Характер покрытия безрельсовых дорог оказывает влияние на уровень шума транспорта: например, при асфальтовом покрытии шум меньше, чем при булыжном.

Разрывы между шумными цехами и другими зданиями полезно озеленить: листва деревьев служит хорошим поглотителем шума.

Важное значение имеет планировка размещения оборудования.

Для ослабления шума на рабочих местах и в помещении, где установлены шумящие агрегаты, их по возможности концентрируют в одном или нескольких местах цеха, которые ограждают звукоизолирующими перегородками, либо устраивают для персонала звукоизолированные кабины со смотровыми окнами.

Машины, создающие шум одинакового уровня, следует размещать в специальных цехах, а когда это невозможно, группировать в одной части цеха.

Снижение уровня шума по мере удаления от источников зависит (в определенном месте) только от ограниченного числа машин, расположенных по соседству. Особенно шумная машина может быть на расстоянии менее шумной, чем расположенная по соседству от наблюдателя менее шумная машина.

Суммарный уровень шума от *n* источников одинаковой громкости

$$L_2 = L_1 + 10 \lg n, \quad (10.7)$$

где L_2 — суммарный уровень шума, *дб*;

L_1 — громкость одного источника, *дб*;

n — число источников.

Уровень шума двух источников разной громкости

$$L_{1,2} = L_1 + \Delta L, \quad (10.8)$$

где $L_{1,2}$ — суммарный уровень шума, дБ;

L_1 — громкость более сильного шума, дБ;

ΔL — добавка (дБ), зависящая от разности $L_1 - L_2$, которая может быть определена по графику (рис. 10.4).

Суммарный уровень шума любого числа источников разной громкости может быть подсчитан путем определения суммарной громкости двух из них и последовательного прибавления к ней величин громкости остальных источников, или путем определения условной громкости для каждого источника (рис. 10.5, ось ординат), сложением этих условных громкостей и определением громкости по полученной сумме (рис. 10.5, ось абсцисс).

Ослабление проникающего шума достигается применением звукоизоляции.

Коэффициент звукоизоляции характеризуется отношением отраженной звуковой энергии к звуковой энергии, падающей на преграду.

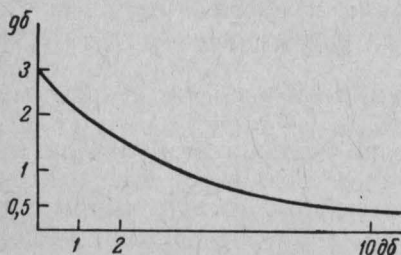


Рис. 10.4. График для определения ΔL :

по оси абсцисс — разность уровней двух шумов; по оси ординат — ΔL

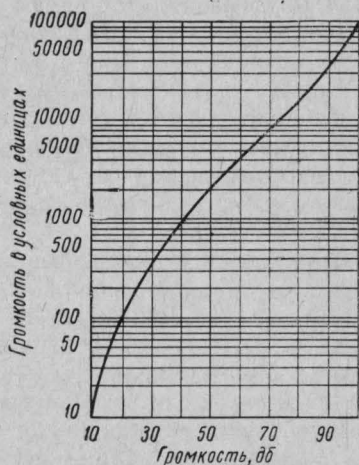


Рис. 10.5. Кривая суммарной громкости

Звукоизолирующее ограждение должно оставаться инертным к колебаниям, так как иначе оно превращается в своеобразную мембрану, в излучатель.

Звукоизолирующий эффект ограждения различен для звуков разной частоты: вместе с увеличением частоты растет и изолирующий эффект.

Масса звукоизолирующей преграды, приходящаяся на единицу ее площади, оказывает заметное влияние на изолирующий эффект: удвоение массы повышает звукоизолирующую способность примерно на 5 дБ (рис. 10.6). Однако усиление звукоизоляции этим путем оказывается нецелесообразным.

Звукоизолирующую способность однородных ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий) определяют по формуле (для частоты 500 гц, представляющей среднегеометри-

ческую частоту наиболее практически важного диапазона частот от 50 до 5000 гц)

$$I = 13,5 \lg G + 13 \text{ дб} \quad (10.9)$$

при весе 1 м² ограждающей конструкции (G) до 200 кг/м² или

$$I' = 23 \lg G - 9 \text{ дб} \quad (10.10)$$

при весе 1 м² ограждающей конструкции более 200 кг/м².

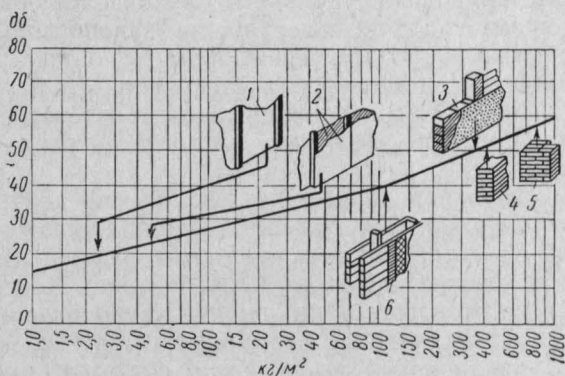


Рис. 10.6. Зависимость средней звукоизоляции от веса ограждения:

1 — фанера 3-мм; 2 — два ряда фанеры; 3 — шлаковые камни со штукатуркой; 4 — кладка в один кирпич; 5 — кладка в два кирпича; 6 — два ряда фанеры с обшивкой и штукатуркой

Расчет звукоизоляции I_f ограждения для любой частоты производят по формуле

$$I_f = I + 13,3 \lg \frac{f}{500} \text{ дб}, \quad (10.11)$$

где I — звукоизоляция ограждения при частоте 500 гц, определенная по формулам (10.9) и (10.10), дб;

f — расчетная частота, гц.

Эффективным оказывается применение многослойных преград. При одном и той же толщине преграды эффект возрастает с увеличением числа слоев материала. Воздушная прослойка в ограждающей конструкции увеличивает звукоизолирующий эффект (при том условии, что между частями ограждающей конструкции нет жесткой связи и воздушная прослойка сплошная).

Толщина воздушной прослойки, см	Дополнительный звукоизолирующий эффект, дБ
3	1
4	3
5—6	5
7—8	6
8—10	7

Покрытие звукоизолирующих преград краской или оштукатуривание их повышает звукоизолирующую способность.

Звукопоглощение применяется для ослабления распространения шума. В противоположность звукоизолирующему материалу, имеющему гладкую поверхность, звукопоглощающий материал пористый. Пройдя через поры в толщу материала, звуковая волна вследствие трения затухает.

Коэффициент звукопоглощения характеризуется отношением поглощенной звуковой энергии к звуковой энергии, падающей на преграду¹.

Звукопоглощение в данном помещении определяется (в условных единицах) как сумма произведений площади всех ограждений (а также и различных предметов, находящихся в помещении) на коэффициенты звукопоглощения материалов, из которых они изготовлены. Если полное звукопоглощение помещения равно A_1 дБ, а после внесения добавочных звукопоглотителей оно увеличилось до A_2 дБ, то снижение уровня шума можно определить по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_2}{A_1} \text{ дБ.} \quad (10.12)$$

Для уменьшения распространения шума применяют звукоизолирующие кабины, ограждающие шумные участки.

Хороший эффект дают так называемые резонансные (отслойные) звукопоглотители, представляющие собой систему воздушных полостей, расположенных в том или ином порядке вдоль стен и связанных с воздухом помещения через отверстия, закрытые пористым материалом.

Звуковые преграды не должны иметь щелей или отверстий. Наличие даже малой щели вследствие возникновения явления дифракции обесценивает звукоизолирующую способность перегородки.

Для устранения вредного влияния щелей и повышения звукоизолирующей способности дверей нужны плотные притворы, обшивка дверного полотна и т. п.

¹ За единицу звукопоглощения может быть принято звукопоглощение 1 м² поверхности, полностью поглощающей звук.

Целесообразно сочетание обоих видов преград: изолирующей и поглощающей. В частности, хороший эффект дают многослойные стены с заполнением промежутков рыхлым наполнителем (асбестом, шлаковой ватой).

В шумных производственных помещениях небольшого объема (до 500 м³) хороший эффект может дать облицовка звукопоглощающими материалами потолка и стен.

10.4. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

10.4.1. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

При механизации процессов необходимо заботиться о том, чтобы вводимые механизмы не создавали шума и сотрясений, превышающих гигиенические нормативы.

Уменьшение шума может быть достигнуто путем изменения технологии процесса (например, заменаковки и штамповки прессованием; праки листов вальцовкой; пневматической клепки и чеканки гидравлической клепкой и электросваркой; гвоздильных станков гвоздильными прессами и т. д.).

Шум машин возникает из-за соударений деталей, трения их, завихрений воздуха, вынужденных колебаний. Так, например, в зубчатых передачах шум возникает из-за ударов одного зуба о другой и трения между зубьями. В пневматических молотах шум возникает от завихрений воздуха при соприкосновении его с неровными поверхностями. В кривошипных механизмах шум создается в результате вынужденных колебаний из-за изменения скорости и направления движения.

При наличии электромагнитных устройств переменного тока в соседних деталях из магнитных материалов возникает электромагнитный шум из-за попеременного притяжения и отталкивания.

Создаваемый машинами шум распространяется по сооружениям и по воздуху.

Главным является подавление шума в источнике, а затем необходимы меры, предупреждающие его распространение.

Уменьшение шума от соударения металлических частей машин достигается заменой металлических деталей неметаллическими; с этой целью используют искусственную техническую кожу, пластические массы и другие материалы.

Очевидно, соответствующий эффект может быть достигнут в результате применения металла, вызывающего при ударе меньший шум. Можно предполагать, что присадка хрома, например, повышает «звучность» стали, а присадка никеля дей-

ствуется в обратном направлении. Установлено, что форма графита в чугуне оказывает влияние на его «звучность». Акустические свойства металла и зависимость их от химического состава, термической обработки и других факторов не изучены; несомненно, такое изучение полезно и может быть позволит отыскать пути получения металла, и с этой стороны удовлетворяющего заранее поставленным требованиям.

На снижение шума влияют также уменьшение веса соударяющихся частей, уменьшение площади их поверхности, чистота обработки поверхностей.

Так, с повышением точности изготовления на 1 класс уровень шума зубчатых колес снижается в среднем на 5—6 дб.

Для уменьшения шума трения полезно уменьшение твердости трущихся поверхностей.

Для ослабления шума агрегатов в источнике применяют и ряд других мероприятий:

- замену ударных действий безударными;

- замену возвратно-поступательных движений деталей агрегатов вращательными;

- демпфирование вибраций соударяющихся деталей и отдельных узлов агрегата путем сочленения их с материалами с большим внутренним трением (резиной, пробкой, войлоком, асбестом и др.);

- уменьшение интенсивности вибраций деталей агрегатов, имеющих большие излучающие шум поверхности (корпусов агрегатов, кожухов, крышек и т. п.), посредством облицовки этих поверхностей или заполнения специально предусмотренных воздушных полостей в них демпфирующими материалами, или устройства гибких связей (упругих прокладок, пружин) между этими деталями и возбуждающими вибрации узлами агрегата;

- уменьшение зазоров в сочленениях деталей и устранение неправильного сочленения деталей (перекосов и т. п.);

- смазка соударяющихся деталей вязкими жидкостями и заключение в жидкостные, масляные и другие ванны вибрирующих и создающих шум деталей (шестеренчатых редукторов и т. п.);

- замена подшипников качения подшипниками скольжения; ограничение скорости обтекания деталей агрегата воздушными и газовыми струями (в вентиляторах, воздуходувках, эжекторах и др.).

Для уменьшения шума, возникающего при вынужденных колебаниях, необходимо уравнивать детали, уменьшать ускорения, устанавливать регулируемые демпферы.

Магнитный шум ослабляется посредством уменьшения потока рассеяния, устранения близко расположенных магнитных

материалов, ориентирования магнитов для уменьшения магнитных связей.

Уменьшением размаха колебаний вибрирующих предметов можно достичь значительного ослабления вызываемого ими шума. Так, например, для глушения шума пилы либо применяют прокладки, либо погружают диск пилы в жидкость (рис. 10.7).

Уменьшения шума достигают также применением в конструкции агрегата шумопоглощающих материалов.

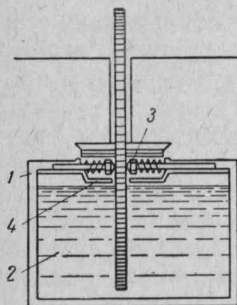


Рис. 10.7. Устройство для глушения шума пилы:

1 — бак; 2 — вода (или масло); 3 — пружинящие демпферы с асбестовыми подушками по всей длине пилы; 4 — брызгоулавливающие щитки

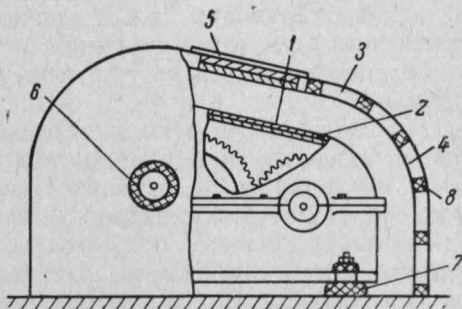


Рис. 10.8. Звукоизолирующий кожух:

1 — кожух редуктора; 2 — демпфирующая облицовка; 3 — дополнительный кожух; 4 — звукопоглощающий материал; 5 — смотровой люк; 6 — сальник для уплотнения вала; 7 — виброизолятор; 8 — брусочки для крепления к ним звукопоглощающего материала

В рельсовом транспорте шум возникает на стыках рельсов. Меры защиты здесь те же: уменьшение веса шумящих частей, достижение большей плавности хода, применение прокладок и т. д.; желательно соединять рельсы сваркой.

Для борьбы с распространением шума необходимо изолировать излучатели и воздействовать на звукопроводящие каналы.

Шумящие узлы агрегата (шестеренчатые редукторы, передачи, соударяющиеся детали и т. д.) заключают в изолирующие кожухи.

Агрегаты, излучающие шум всей своей поверхностью (шестеренчатые редукторы, электрические двигатели, станки и др.), заключают в сплошные звукоизолирующие кожухи целиком, с выводом из кожухов наружу механизмов управления и контрольных приборов (рис. 10.8).

Ослабление шума кожухом, все элементы которого приблизительно одинаково звукопроводны, определяют по формуле

$$\Delta L_1 = I + 10 \lg \alpha, \quad (10.13)$$

где I — звукоизоляция стенок кожуха, дб ;

α — средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей кожуха.

Металлические, в особенности легкие, кожухи нужно облицовывать звукопоглощающими материалами с $\alpha \geq 0,5$, что увеличивает ΔL на 6—10 дб .

Звукоизолирующий кожух должен быть по возможности герметичным, не иметь жестких связей с изолируемым агрегатом, крепиться к агрегату и его фундаменту упругими прокладками.

Необходимые отверстия или щели выполняют в виде возможно более длинных каналов, облицованных звукопоглощающими материалами. Ослабление проникающего через канал шума может быть подсчитано по формуле (10.13).

При необходимости большего ослабления шума агрегат заключают в два самостоятельных кожуха с воздушной прослойкой между ними в 8—12 см . При этом ослабление шума

$$\Delta L_2 = \Delta L_1 + 13,5 \lg (G_1 + G_2) + 10 \lg (\alpha_1 + \alpha_2) + 20 \text{ дб}, \quad (10.14)$$

где ΔL_1 — вычисляется по формуле (10.13), дб ;

G_1 и G_2 — вес 1 м^2 стенок кожуха, $\text{кг}/\text{м}^2$;

α_1 и α_2 — средние коэффициенты звукопоглощения внутренних поверхностей кожухов.

Причиной шума являются также колебания воздуха (или газа) при движении по воздуховодам или при выхлопе. Распространенным видом такого шума является шум вентиляционных устройств. Снижение уровня шума достигается «размельчением» потока газа на каком-либо участке на несколько более мелких. С увеличением площади стен воздуховода, создаваемым при этом, происходит затухание шума. Той же цели служит и покрытие внутренней поверхности вентиляционных каналов звукопоглощающим материалом.

Переход от более узкого сечения к более широкому (что не только увеличивает поверхность стен, но и ведет к уменьшению энергии движения потока) также вызывает глушащий эффект. Того же можно достичь изменением формы поперечного сечения (например, взамен круглой узкая прямоугольная щель).

На том же принципе основано применение лабиринтов для глушения шума выхлопных газов; используя указанные приемы, можно создать звуковой фильтр.

Агрегаты, создающие шум из-за вихреобразования или выхлопа воздуха и газов (воздуходувки, вентиляторы, пневматические машины и инструменты и др.), оборудуют специальными глушителями.

В качестве примера глушения шума выхлопа на металлургическом заводе можно привести устройство для устранения шума снорта, в котором выпускаемый воздух отводится в дымовую трубу.

10.4.2. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИЙ

Возникающие под действием динамических нагрузок сотрясения тех или иных производственных агрегатов вызывают колебания воздуха, передаются конструкциям зданий и фундаменту, а через него — почве. Благодаря этому сотрясения могут передаваться на значительные расстояния и вызывать колебания даже в далеко отстоящих сооружениях, не имеющих собственных колебаний.

Эффект вибрационной нагрузки в противоположность удару может проявиться в удаленных и даже изолированных частях сооружения. Здесь нет прямой зависимости между интенсивностью нагрузки и результатом ее действия, и в то время, как большая нагрузка может вызвать малый эффект, малая нагрузка оказывается разрушающе действует. Часто сотрясения вызывают и шум.

Вот почему ликвидация и уменьшение сотрясений имеют значение не только для создания благоприятных условий труда, но и для сохранения конструкций машин и аппаратов и улучшения их работы. Вместе с тем уменьшение колебаний почвы от производственных источников и транспорта часто имеет важное значение для уменьшения беспокойства, причиняемого окружающему населению.

Причиной возникновения сотрясений могут быть условия работы механизма, близость частоты собственных колебаний к частоте динамической нагрузки, недостаточная жесткость конструкции.

Устранение сотрясений достигается прежде всего улучшением работы механизмов путем:

а) уравнивания, балансировки вращающихся частей в целях обеспечения плавности работы машины;

б) устранения дефектов и разболтанности отдельных частей (например, устранения асимметрии магнитной системы электромашины);

в) встречного спаривания (идея которого — уничтожение вертикальных и сложение горизонтальных составляющих центробежной силы; это возможно осуществить, установив, на-

пример, две машины на одном валу с таким расчетом, чтобы движение их расходилось по фазе на 180°);

г) применения динамических виброгасителей (на колеблющуюся систему устанавливают добавочную колеблющуюся систему с динамической частотой, равной частоте возмущающей силы; эти колебания вызовут реакции, равные, но направленные противоположно возмущающей силе).

Изменение числа оборотов источника вибраций применяют для удаления частоты колебаний от резонансной частоты.

Если изменение частоты источника сотрясений затруднено, то для удаления от резонансной частоты прибегают к изменению жесткости конструкции, в результате чего достигается уменьшение амплитуды колебаний. Повышение жесткости применяют также в случае большой гибкости и малой прочности конструкции.

Для ликвидации динамического эффекта применяют перестановку оборудования, вызывающего сотрясения, с середины пролета к опорам либо на более жесткие элементы конструкции.

Для предотвращения передачи колебаний в строительных конструкциях используют изоляторы в виде прокладок в жестких частях конструкций; при этом для прокладок подбирают материалы, резко отличающиеся по коэффициенту волнового сопротивления от изолируемых.

Применяют также упругую подвеску отдельных частей конструкции.

Для предотвращения передачи колебаний машин применяют изоляцию опор и амортизацию.

Изоляция опор состоит в том, что между машиной и ее опорой включают какой-либо упругий амортизатор.

Для изоляции устанавливают рессорные устройства, благодаря которым машина не сообщает собственных колебаний основанию и не совершает колебаний вместе с ним, или машину соединяют с демпфирующей массой, чтобы уменьшить амплитуду колебаний до допустимого предела.

Жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы ограничивает возникающие колебания машины.

Фундамент под машину выбирают соответствующей массы и рассчитывают таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента в любом случае не превосходила 0,1—0,2 мм, а для особо ответственных сооружений 0,005 мм.

Изоляция фундамента имеет цель предотвратить передачу колебаний от фундамента к окружающей почве или от нее к фундаменту. С этой целью в почве вокруг фундамента устраивают разрывы без заполнения, с заполнением, с подпорными стенками.

Для амортизации применяют прокладки из эластичных материалов (дерева, резины, войлока, пробки), пружины и специальные гасители.

Дерево как подкладка выдерживает лишь незначительные нагрузки, сравнительно быстро теряет эластичность и подвержено порче.

Натуральная пробка мало оседает под давлением, не портится, хорошо сохраняет эластичность, но относительно дорога.

Резина и каучук обладают большой способностью гашения колебаний (и звуковых волн) и длительное время сохраняют свои свойства.

При выборе прокладки необходимо учесть, что собственная частота системы должна быть в два-три раза меньше воз-

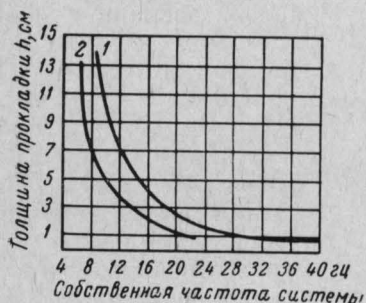


Рис. 10.9. Зависимость собственной частоты от толщины прокладки:

1 — войлок; 2 — резина

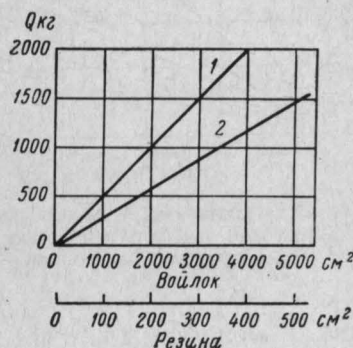


Рис. 10.10. Зависимость площади прокладки от нагрузки:

1 — войлок; 2 — резина

буждающей частоты. Определение толщины и площади прокладок может быть произведено расчетом либо по графикам.

Определив возмущающую частоту системы (например, число оборотов двигателя в секунду), принимают собственную частоту системы в 2—3 раза меньшей и по ней определяют толщину прокладки (по графику рис. 10.9).

Зная вес сооружения, определяют необходимую площадь прокладки (по графику рис. 10.10).

Пружины под действием нагрузки подвергаются значительным упругим формоизменениям и накапливают энергию, а по прекращении действия нагрузки приобретают первоначальную

форму. Деформирование пружины пропорционально величине действующей силы в пределах упругости материала. Преимущество пружин в том, что их можно заранее рассчитать на определенную нагрузку.

Эффективность изоляции зависит от веса, амплитуды и частоты колебаний и рода амортизатора (рис. 10.11). Для достижения эффективной изоляции собственная частота основания должна быть низкой, для чего подрессоривание устраивают мягким; чем меньше собственная частота, тем больше

должен быть вес основания, чтобы амплитуда была не выше допустимой.

Представляет интерес применение специальных гасителей сотрясений; их действие основано на преобразовании энергии колебаний в какой-либо другой вид энергии.

Работа с ручными инструментами ударного действия (пневматическими молотками, трамбовками и др.) и возвратно-поступательного действия (бурильными и от-



Рис. 10.11. Зависимость между собственной частотой и эффективностью изоляции при упругом монтаже

бойными молотками и т. п.) сопровождается вибрацией и требует значительного физического напряжения.

Отрицательное воздействие вибраций усиливается наличием шума и охлаждением рук струей холодного воздуха, вырывающегося из инструмента.

10.5. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Защита органов слуха достигается применением противошумов (антifoнов) наружных и внутренних. Наружные противошумы либо плотно прилегают к ушной раковине, либо охватывают ее снаружи (без плотного прилегания). Внутренние противошумы вставляют в наружный слуховой проход; они бывают сплошные, с каналом и с мембраной, типа воздушных фильтров. По роду материала они бывают мягкие и твердые. Мягкие изготавливают из губки, ваты, марли; иногда их пропитывают маслами, воском, смолами, парафином и т. д. Твердые изготавливают из пластмасс.

Особенно полезно применять протившумы при работе в обстановке средне- и высокочастотных шумов. Для защиты от низкочастотных шумов пригодны заглушки-клипсы — резиновые пробочки с плоской торцевой поверхностью, закрепленные на ободке из пружинящей стальной проволоки диаметром 1,5—2 мм; обод охватывает голову сзади.

Для защиты от вибрации используют рукавицы с прокладками на ладонной поверхности. Руки следует беречь от холода.

10.6. ЗАЩИТА ОТ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Ультразвуковые колебания используют в промышленности для разнообразных целей: механической обработки твердых и хрупких материалов, пайки, лужения, очистки от загрязнений, обезжиривания деталей, получения сплавов, сварки, дефектоскопии, анализа газов и др.

Проходя через различные среды, ультразвуковые колебания отражаются на границе раздела этих сред (твердое — жидкое, твердое — газ и т. д.).

Интенсивность отраженных волн зависит от акустического сопротивления¹ каждой из соприкасающихся сред.

При малой разнице волновых сопротивлений соседних сред большая часть энергии переходит из одной среды в другую, а меньшая часть отражается; при большой разнице почти вся энергия звуковых волн отражается и только небольшая ее часть переходит в соседнюю среду.

В газах и жидкостях распространяются только продольные волны; в вязких жидкостях вблизи излучателя образуются и поперечные волны. В твердых телах, кроме поперечных и продольных, распространяются и поверхностные волны.

Препятствие на пути волны вызывает явление дифракции.

В воздухе ультразвуковая волна быстро затухает; в твердых и жидких телах затухание происходит медленнее.

При воздействии ультразвука на твердые и газообразные вещества возникает вибрация их частиц с ультразвуковой скоростью. При воздействии ультразвука на жидкое вещество возникает кавитация — жидкость «рвется», так как в ней образуется большое число разрывов в виде мельчайших пузырьков (там, где имеются пузырьки газа, посторонние примеси и т. п.); когда эти кавитационные пузырьки захлопываются, развиваются большие местные давления (достигающие сотен атмосфер),

¹ Акустическое сопротивление — произведение плотности вещества на скорость звука в нем.

которые приводят к разрушениям находящейся вблизи поверхности твердого тела.

Можно полагать, что кавитация сопровождается электрическими разрядами.

Под воздействием ультразвуковых колебаний в веществе происходят явления дисперсии либо коагуляции, смешивания (эмульгирования), ускоряются химические процессы, происходит изменение некоторых свойств.

Физиологическое воздействие, вызываемое распространением акустической энергии в живой ткани, обусловливается тремя основными причинами: тепловым эффектом, переменным давлением, кавитацией.

Поглощенная тканью звуковая энергия в конечном итоге переходит в тепло, что вызывает повышение температуры тела. Возникающее в тканях при прохождении звуковой волны давление (помимо кавитации) вызывает изменение свойств протоплазмы, пространственное перемещение частей подвергающейся воздействию биологической системы.

Кавитация вызывает разрушение отдельных клеток и различные изменения в тканях и приводит к сильному локальному повышению температуры. Если кавитация происходит в присутствии растворенных газов, то на границе газ — жидкость возникают электрические заряды, которые при наличии растворенного воздуха вызывают образование перекиси водорода и возникновение связанных с этим вторичных химических реакций.

Вредное действие может оказать и способность ультразвука диспергировать и эмульгировать смеси в жидких суспензиях, коагулировать и агглютинировать частицы в газовых суспензиях.

При воздействии ультразвуковых волн малой интенсивности возникает главным образом тепловой эффект. При умеренных интенсивностях воздействие может оказаться паралитическим, а при большой интенсивности — смертельным.

Человек, систематически подвергающийся облучению ультразвуком, теряет способность сосредоточиться и у него нарушается равновесие.

Пребывание в звуковом поле, которое создается у ультразвуковых установок при отсутствии защиты, вызывает усталость, слабость, боли в ушах, головную боль, рвоту; возможны хронические нарушения.

Работа ультразвукового технологического оборудования сопровождается распространением ультразвуковых колебаний в воздухе в широком спектральном интервале (20—70 кГц). При генерировании ультразвуковых колебаний создаются ус-

ловия для возникновения слышимого шума; максимум звуковой энергии находится в области 8—10 кгц.

Возле оборудования шум достигает 115—120 дб, а на расстоянии 1—4 м 100—105 дб.

Таким образом, персонал подвергается воздействию высокочастотного шума и звуковых колебаний, распространяющихся в воздухе по всему помещению. Кроме того, при соприкосновении работающих с предметами и веществами, в которых возбуждены колебания (с инструментом, жидкостью, обрабатываемой деталью), происходит контактное облучение.

Для предупреждения вредного воздействия на организм необходимо ограничить распространение ультразвуковых колебаний и шума, а также устранить непосредственный контакт с колеблющимися средами.

Защита от распространения ультразвуковых колебаний достигается теми же способами, что и защита от шума.

Для ограничения распространения ультразвуковых колебаний используют звукоизоляцию технологического оборудования. Так, ванны для озвучивания помещают в вытяжные шкафы, устроенные как звукоизолирующие камеры. Эффективной является звукоизоляция ванн путем покрытия наружной поверхности их резиной и войлоком и использования герметичной звукоизолирующей крышки.

Ультразвуковые механические станки, звукоизоляция которых сложна, могут быть помещены в герметичный звукоизолирующий шкаф с отверстиями для ввода рук внутрь шкафа и окном из органического стекла для наблюдения.

Для устранения контакта с колеблющимися средами загрузки, выгрузки и другие рабочие манипуляции следует проводить при выключенных колебаниях. Если же такое выключение нецелесообразно по производственным соображениям, используют специальные приспособления, например для загрузки — сетки (металлические или капроновые), снабженные ручками с эластичным покрытием, не связанные жестко с вибрирующими деталями. Применяют также специальные держатели (зажимы) для деталей во время их обработки, пинцеты, щипцы и т. п.

Высокочастотные части схемы установок для ультразвуковой обработки экранируются; принимаются меры для обеспечения отсутствия электрических потенциалов в средах, с которыми соприкасается персонал.

Необходимо использовать индивидуальные защитные приспособления — противושумы (лучше наружные) и двойные перчатки (внутри хлопчатобумажные, а снаружи резиновые).

10.7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для характеристики шума проводят измерения уровней звукового давления в различных диапазонах частот, что дает представление о спектре шума.

Измерение общего уровня звукового давления производят шумомерами.

Принцип работы шумомеров следующий: измеряемые звуковые колебания приемным микрофоном преобразуются в электрическое напряжение; оно поступает на вход специального усилителя, усиливается им в определенное число раз, выпрямляется и измеряется стрелочным прибором, проградуированным в децибеллах; для расширения пределов измеряемых уровней в схему включены аттенюаторы (рис. 10.12).

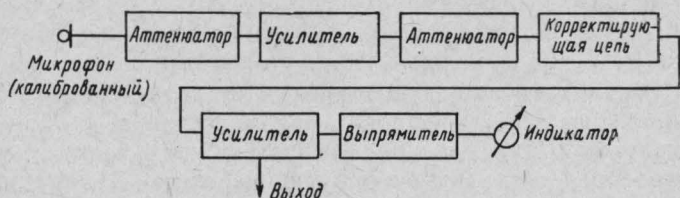


Рис. 10.12. Блок-схема шумомера (объективного)

Спектр, или частотный состав, шума указывает относительное распределение звуковой энергии шума во всей области звуковых частот. По графику спектра можно определить, на какую область частот приходится наибольшая часть звуковой энергии.

Частотный состав шума определяется с помощью автоматических анализаторов и фильтров. Действие анализаторов основано на использовании явлений интерференции колебаний или на резонансном усилении. Переменное напряжение с воспринимающего шум микрофона усиливается и подается на вход анализатора электрического контура, который при данной настройке усиливает (или пропускает) колебания только определенной частоты; колебания с частотами вне этой полосы не усиливаются и прибором не воспринимаются. Анализатор последовательно настраивают на разные частоты вращением лимба прибора.

Для проверки условий разборчивости речи в условиях шума диктор голосом нормальной громкости произносит четырех-, пятизначные числа, а 4—5 слушателей, находящихся на расстоянии 1,5 м, записывают эти числа. Разборчивость считается удовлетворительной, если из пятидесяти продиктованных чисел более сорока воспринято правильно.

Для оценки сотрясений служат вибрографы и виброметры. Наиболее простыми являются так называемые «осязающие» приборы — «щупы»; в этих приборах имеется стержень, приводимый в механический контакт с исследуемым объектом; относительное движение корпуса прибора и осязающего стержня соответствует измеряемым вибрациям. Характеристика амплитуды и частоты в виброметрах дается на циферблате, а в вибрографах регистрируется на ленте, запись на ленте производится механическим, оптическим или фотографическим путем (использованием зеркала или вспышки лампы).

Эти приборы бывают ручные и стационарные; последние укрепляют на исследуемом объекте горизонтально или вертикально.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Славин И. И. Производственный шум и борьба с ним. Профиздат, 1955.

Славин И. И. Инструкция по уменьшению производственных шумов в промышленных зданиях и сооружениях. ЛИОТ, 1959.

Целлер В. Техника борьбы с шумом. Госстройиздат, 1958.

Андреева-Галанина Е. Ц. Вибрация и ее значение в гигиене труда. Вибрация ручных пневматических инструментов и машин. Медгиз, 1956.

11. БЕЗОПАСНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

11.1. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К МАШИНАМ

Производственное оборудование должно сооружаться с учетом особенностей человеческого организма, физических и психических возможностей его, способности будущего оператора понимать и использовать информацию, которую дадут ему сигнальные устройства.

Необходимо обеспечить возможность четкого и быстрого различения показаний приборов, наблюдение которых требуется при работе, и выработки привычных движений, требующих небольшого усилия. Особенное внимание уделяется исключению ошибочных действий.

При конструировании машины должны быть учтены пропорции человеческого тела, длина рук и ног, величины поля зрения.

Большое влияние на утомляемость оказывает положение тела при работе. Работа сидя менее утомительна, чем работа стоя; однако длительное однообразное положение тела даже в самом удобном положении вызывает утомление.

Нужно обеспечить возможность оператору во время работы менять положение тела, работать сидя или стоя, по желанию, за исключением отдельных работ, которые выполняются только сидя или только стоя. Так, если работа требует значительного физического усилия, ее более удобно выполнять стоя.

Если при работе сидя руки находятся на весу, необходимо установить подлокотники. Работа стоя может быть облегчена устройством опоры для спины.

Необходимо обеспечить экономию рабочих движений, учитывая при этом требования физиологии. Излишне отягощающие движения и положения тела нужно исключать; производимые операции должны быть достаточно разнообразны.

Важными для экономии сил являются правильный темп и ритм работы, уменьшающие возможность возникновения утомления. Непрерывность движения, отсутствие остановок и возобновления движения исключают дополнительные затраты энергии.

Монотонность работы, связанная с многократным повторением одних и тех же движений (например, при конвейерном процессе), вызывает преждевременную усталость и нервное истощение.

Для противодействия монотонности необходимы развитие созидательной, творческой активности, хороший ритм в работе, воспитание любви к профессии, использование эстетических факторов и т. д.

Рекомендуется объединять чрезмерно простые и монотонные операции в более сложные и разнообразные по содержанию, совмещать операции, периодически изменять ритм работы в соответствии с изменением работоспособности и производительности, вводить для отдыха дополнительные перерывы (5—10 мин).

При конструировании машин и устройстве рабочего места нужно учитывать антропометрические данные человека.

Чем больше траектория движений работающих рук (или ног), тем больше затраты энергии и времени; поэтому является невыгодным и утомительным размах, при котором рука достигает предельного положения. Доведение работающей руки (или ноги) до предельного положения не позволяет достичь плавности движения при возвращении в обратную сторону. При любом движении — горизонтальном, вертикальном или вращательном — подвижность сочленений работающих конечностей следует использовать не на полный размах, а в среднем диапазоне.

«Зона наиболее легкой досягаемости» ограничена дугами, описываемыми руками, поворачивающимися в локтевом суставе на уровне рабочей поверхности; более широкие дуги описываются руками, поворачивающимися у плеча. В зонах, описываемых меньшими дугами, можно работать, не вытягивая рук, в зонах больших дуг требуется их полное вытягивание.

Большое значение и для безопасности труда, и для облегчения его имеет внешнее оформление машин. Эстетическое удовлетворение помогает преодолевать физическое напряжение, способствует уменьшению утомления и увеличению работоспособности.

Наружной поверхности машины придается сплошной плавный контур (без острых углов, выступов и т. п.).

Необходимо скрыть в корпусе машины все движущиеся части, что делает очертания ее более спокойными и приятными

для глаза, а поверхности — более гладкими, лишенными выступов, мешающих работе у машины и способствующих отложению на ней пыли и грязи.

Машины оборудуют устройствами, предохраняющими от перегрузки, исключающими несовместимые одновременные движения механизмов, отключающими оборудование при падении напряжения в питающей электрической сети или падении давления в пневмо- или гидросистеме.

Все, что не является безусловно необходимым для непрерывного обозрения в течение рабочего процесса, убирают внутрь, закрывают кожухом и т. п. Для наблюдения за закрытыми частями предусматривают смотровые окна.

Машину выполняют компактной, удобной для осмотра, смазки, разборки, наладки, уборки и т. п.

Приспособления для поднятия машины при погрузке и установке (специальные приливы, отверстия, цапфы и др.) размещают с учетом положения центра тяжести машины.

Машину окрашивают в светлые и спокойные тона. Чрезмерная пестрота окраски утомляет зрение, рассредоточивает внимание. Поэтому наряду с правильностью пропорций и гармоничностью линий, углов, плоскостей большое значение имеет подбор цветов, тонов и т. д.

При цветовой отделке оборудования необходимо выделять: движущееся оборудование (кабины кранов, тележки, электрокары и т. п.) — красным с черным или желтым с черным насыщенными цветами;

перемещающиеся части оборудования — цветом, отличающимся от основного тона окраски станка;

опасные части оборудования — красным или оранжевым цветом;

кнопки и рукоятки управления — красным, оранжевым или зеленым цветом.

Окраска оборудования должна гармонировать с общей окраской помещения.

11.2. ОПАСНЫЕ ЗОНЫ МАШИН

Зона внутри машины, в которой движутся механизмы, является опасной, так как при попадании в нее и соприкосновении с какой-либо движущейся деталью машины может произойти повреждение тела (рис. 11.1).

Опасная зона может возникнуть и около машины из-за того, что на вращающихся частях оборудования имеются выступающие элементы (гайки, болты, шпонки и т. п.); вследствие отлетания во время обработки осколков обрабатываемых

материалов (например, стружки) или деталей машины из-за плохого закрепления или поломки, а также потому, что определенное пространство вокруг машины является операционной зоной (например, у прокатных станков).

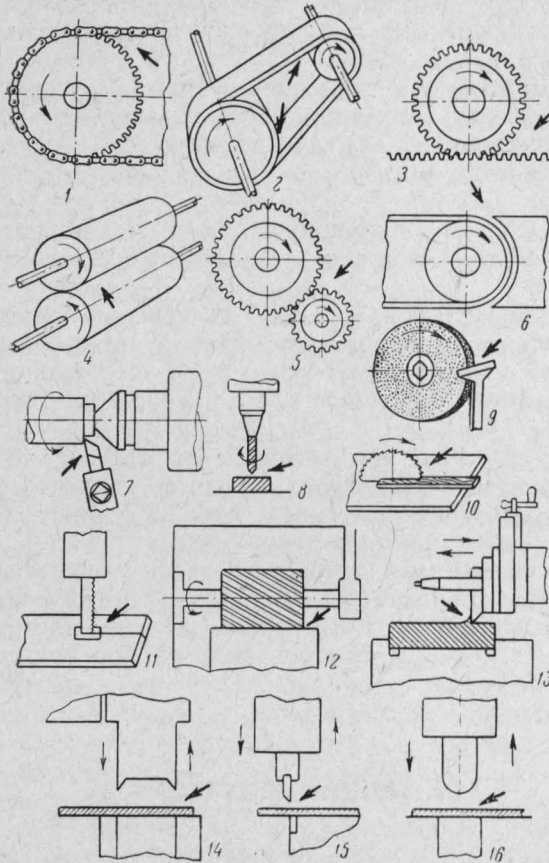


Рис. 11.1. «Опасные зоны» механизмов (указаны жирной стрелкой):

1 — передаточная цепь с зубчаткой; 2 — ременная передача; 3 — зубчатая рейка; 4 — валки; 5 — зубчатка; 6 — конец конвейера; 7 — токарный станок; 8 — сверло; 9 — абразивный круг; 10 — циркулярная пила; 11 — ленточная пила; 12 — фрезерный станок; 13 — поперечнострогальный станок; 14 — штамповка; 15 — резание; 16 — загибка

Опасность представляет всякая движущаяся часть машины: совершающие возвратно-поступательное движение рычаги, движущиеся ремни, зацепления зубчаток, толкающие и режущие части машины и т. д.

Втулки, подшипники, муфты сцепления, кулачки, эксцентрики, поводковые патроны, зубчатые муфты, маховики, шпиндели и валы, горизонтальные или вертикальные передачи — типичные примеры опасных вращающихся механизмов. Опасность возрастает, когда на вращающихся частях имеются болты, выступающие шпонки или винтовая нарезка, неровности от износа и т. п.

Когда части машины вращаются навстречу друг другу или когда движущаяся часть вращается навстречу неподвижной, создается захватывающая, втягивающая зона; части тела могут быть втянуты в эту зону и подвергнуться удару или смятию.

Даже медленно движущийся вал может захватить концы одежды или волосы и вовлечь голову, руку или плечо в опасную зону.

Втягивающая сторона прокатных станов, вальцов, питающих и транспортирующих систем, передаточных цепей и зубчаток, ремней и шкивов, зубчатых реек, шестеренчатых приводов, концов ленточных конвейеров и т. д. — примеры захватывающих зон.

Режущее действие создается в металлообрабатывающих станках; характерным для них является удаление части обрабатываемого материала в виде стружки. Зона резания в этих машинах является опасной зоной.

Штампующее, пробивающее, срезающее, изгибающее действие возникает (в прессах, ножницах и др.), когда сила прикладывается к плунжеру, ножу или другому инструменту для формования, волочения, прессования, резания или штамповки металла или других материалов. Отличие от режущих операций в том, что здесь нет отделения стружки.

11.3. ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Безопасность эксплуатации машин и механизмов достигается различными методами, в том числе разнообразными защитными устройствами и вынесением рабочих операций из опасной зоны.

Вынесение рабочих операций из опасной зоны осуществляется путем механизации и автоматизации питания машин и уборки готовых изделий, а также автоматизации измерения деталей в ходе обработки.

На неавтоматических машинах следует механизировать загрузку и выгрузку, которые могут являться опасными операциями. Важной является также автоматизация измерения деталей, если эта операция необходима по ходу работы. Этим

повышают уровень безопасности эксплуатации машины и приближают ее к автоматической.

Должно быть предупреждено самоотвинчивание крепежных деталей, узлов и приспособлений.

Трубопроводы, шланги для подачи воздуха, масла, охлаждающих жидкостей, аспирационные устройства не должны затруднять работу у машины.

Машину конструируют так, чтобы оператор не мог проникнуть в опасную зону машины во время ее работы. Смазка машины должна быть централизованной.

Если конструкция машины совершенна, то дополнительное ограждение не требуется. При полной автоматизации работы машина может быть целиком укрыта. В случае наличия опасности для операторов необходимо дистанционное управление (например, ножницами для резки металла).

Защита достигается устройством защитных ограждений, блокировочных ограждений, защитной блокировки, принудительной защиты.

Защитное ограждение должно предусматриваться при создании машины и органически связываться с ее конструкцией. Надежное ограждение не только обеспечивает безопасность оператора, но и позволяет увеличить скорость проведения отдельных операций, повысить производительность труда. Кроме того, ограждение может быть использовано в ряде случаев для усиления конструкции машины, для отсоса вредных газов или пыли от рабочих частей машины, для смазки и для других целей.

Ограждение должно быть достаточно долговечным, прочным, устойчивым, стойким по отношению к механическим воздействиям (износу, удару), коррозионноустойчивым и огнестойким, а также не затруднять рабочие операции. Ограждение ни в коем случае не должно иметь заземляющих щелей или режущих кромок, острых углов и т. п.

Ограждение машины может быть полным или частичным (ограждается только опасная зона машины или выступающие элементы вращающихся частей оборудования и механизмов, например свободные концы прокатных валков, или деталь машины, при поломке которой могут разлететься в стороны осколки, например предохранительные стаканы на прокатных станах).

Установить ограждение, полностью закрывающее машину, можно тогда, когда действие машины автоматическое, а необходимые для пуска в ход и остановки машины устройства могут быть выведены из-под ограждения наружу.

Таковы машины-двигатели, при работе которых не требуется непосредственное вмешательство оператора. Пуск в ход,

остановку, регулирование скорости, смазку двигателей производят посредством приспособлений, выведенных из-под ограждения, укрывающего все движущиеся части.

Таким образом, в машине-двигателе вся машина или только ее движущиеся части могут быть надежно закрыты глухим ограждением (кожухом), устройство которого легко предусмотреть при самом конструировании машины.

Для двигателей используют и камерное ограждение, т. е. машину помещают в отдельную камеру, дверь которой может быть заблокирована с работой машины таким образом, что при

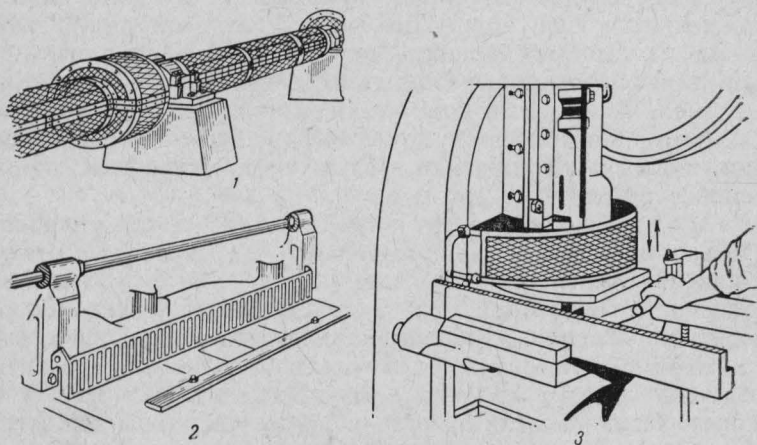


Рис. 11.2. Защитные ограждения:

1 — неподвижное ограждение вала; 2 — неподвижное ограждение прессы;
3 — подвижное ограждение прессы

открывании двери машина останавливается; камерное ограждение используют, например, для электрических двигателей.

Для частичного ограждения машин используют стационарные и подвижные ограждения, сплошные, решетчатые или сетчатые (рис. 11.2).

Неподвижное ограждение имеет преимущества перед другими типами ограждений. Полное ограждение опасной зоны постоянно преграждает доступ к ней и защищает работающего в случае поломки и отбрасывания какой-либо детали.

Неподвижное ограждение или барьер препятствует проникновению руки оператора в опасную зону благодаря соответствующему размеру отверстия, открытого для питания машины.

Недостатками такого ограждения могут оказаться ограничение видимости, неудобства, связанные с необходимостью смазки, а также потребность в специальном инструменте.

Подвижное ограждение представляет собой барьер, связанный с рабочей частью машины так, что он закрывает рабочую зону при наступлении опасного момента и периодически открывает ее для выполнения операции (когда опасность устранена). Такое ограждение требует систематического контроля и тщательного обслуживания (рис. 11.2).

Обязательным требованием к конструкции ограждения (как и всякого защитного устройства) является невозможность его удаления самим работающим.

Внешнюю опасную зону машины также следует ограждать. Например, на прокатных станах прокатное поле ограждают сплошными бортами, препятствующими попаданию прокатываемого металла за границы рабочей зоны.

Контргрузы (противовесы), расположенные снаружи машины, заключают в прочно закрепленные кожухи по всему пути их перемещения (либо опускают так, чтобы передвижение их происходило в прямке).

Ограждение, предусмотренное при создании машины, может быть органически связанным с конструкцией ее, что имеет значение не только для безопасности, но и для улучшения конструкции. При тщательном продумывании конструкции необходима в ограждениях может быть во многих случаях исключена. Так, например, выступающая снаружи станины пара зубчатых колес является опасной при внешнем зацеплении колес и почти совершенно безопасной при внутреннем зацеплении. Выступающие части, которые могут явиться причиной травмы, будучи размещенными должным образом, не требуют ограждения.

Блокировочное ограждение представляет собой барьер или дверцу, заблокированную таким образом, что машина может работать только при нахождении барьера в положении защиты или при закрытых дверцах; при нарушении этого условия выключается питание машины или приводится в действие тормоз (рис. 11.3).

Блокировочное ограждение выполняет следующие функции: выключает или разобщает питание для предупреждения пуска машины в ход при открытом ограждении; закрывает опасную зону перед тем, как машина начинает действовать; держит ограждение закрытым, пока опасные части машины не остановятся, или останавливает машину, когда ограждение открыто.

Защитная блокировка имеет назначение немедленно останавливать машину или предупреждать опасное движение ее, когда какая-либо часть тела оператора находится в опасной зоне. Барьером на границе опасной зоны может служить стержень или штанга, тяга, рычаг, шток или другое устройство, ограждающее опасную зону и заблокированное с тормозным механизмом.

Защитный барьер может быть создан световым лучом, падающим на фотозлемент, который управляет блокировкой так, что при пересечении луча и уменьшении освещенности фотозлемента приводится в действие блокировка (рис. 11.4).

Для защиты человека от проникновения в опасную зону МИОТ разработал емкостное электронное реле, которое срабатывает при приближении человека к охраняемой зоне, снимает напряжение с электрооборудования или включает тормозное

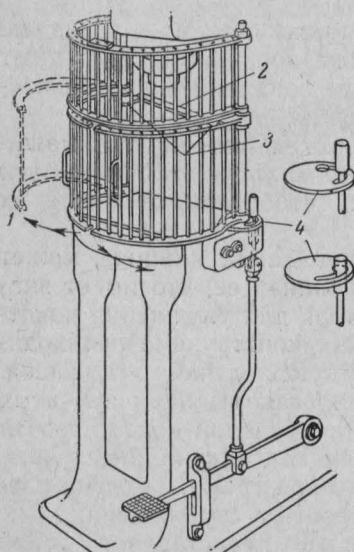


Рис. 11.3. Блокировочное ограждение:

1 — раздвижные решетки;
2, 3, 4 — рычаги

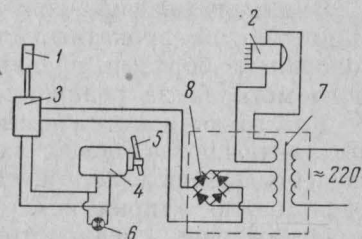


Рис. 11.4. Схема фотозлектрического автоблокировочного устройства:

1 — освещаемый фотозлемент; 2 — источник света с линзами; 3 — двухступенчатое реле (в нем катушка высокочувствительного поляризованного реле 1-й ступени отрегулирована так, что протекающий при освещении фотозлемента ток вызывает размыкание выходных контактов реле и удерживает их в таком положении, пока фотозлемент освещен; к выходным контактам этого реле подключена цепь катушки электромагнитного реле 2-й ступени); 4 — исполнительный механизм, цепь электромагнита которого подключена к выходным контактам реле; 5 — подвижный упор; 6 — сигнальная лампа; 7 — трансформатор; 8 — выпрямитель

устройство движущихся частей механизмов и включает сигнальное устройство (световое или звуковое).

Емкостное электронное реле состоит из кварцевого генератора высокочастотных колебаний, детектора, электронного усилителя, выпрямителя и антенны, подключенной к колебательному контуру генератора; в анодную цепь электронного усилителя включено электромагнитное реле (рис. 11.5).

Принудительная защита воздействует непосредственно на оператора в течение времени, пока механизмы машины в движении. Этот тип ограждения устраняет руки, плечи или другую часть тела оператора из опасной зоны, пока движущаяся часть механизма находится в зоне, где производится рабочая

операция. Ограждение приводится в движение системой рычагов, связанных с самим рабочим механизмом.

Устранение рук оператора может быть достигнуто применением двуручного включения, которое исключает попадание рук оператора в рабочую зону, так как обе они заняты пуском машины в ход. Для двуручного включения применяют две рукоятки или две кнопки вместо одной. Если машина управляется несколькими операторами, число кнопок соответственно увеличивается. При этом устройство должно быть таким, чтобы при снятии руки с какой-либо кнопки движение рабочих частей машины немедленно прекращалось.

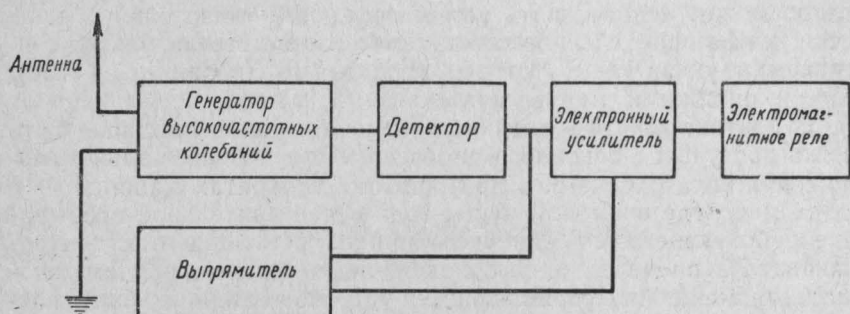


Рис. 11.5. Блок-схема защитного электронного реле

И рукоустранители, и двуручное включение усложняют рабочую операцию; двуручное включение легко может быть превращено самим оператором в одноручное.

Главный недостаток их в том, что они создают излишнюю напряженность работающего, вызываемую ожиданием удара рукоотстраняющим механизмом.

11.4. УПРАВЛЯЮЩИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Устройства для пуска в ход, регулирования и остановки машин должны быть надежными, легко доступными и хорошо различимыми.

Трудность запоминания чрезмерно сложной системы управления и необходимость сосредоточения внимания на многих беспорядочно расположенных приборах могут привести к неправильным действиям оператора, вызывающим нарушение нормальной работы оборудования, а также несчастные случаи. Причиной нарушений нормального хода работы может явиться также трудность быстрого определения или опознавания нуж-

ного из числа многих показателей для выполнения правильных действий управления машиной, неправильное зрительное восприятие значений отсчета на недостаточно четких шкалах или лимбах.

Контрольные устройства размещают так, чтобы оператор не оказывался слишком близко к опасной зоне машины, не был вынужден чрезмерно вытягиваться, сгибаться или нарушать равновесие тела при управлении машиной.

При проектировании или выборе управляющих устройств важно иметь в виду два главных условия: 1) согласованность между движением и расположением управляющего устройства и контролируемым элементом; 2) эффективность, с которой оператор может использовать устройство и его указатель.

Имеется определенное «ожидаемое соответствие» между контролем и указателем, которое необходимо предвидеть, чтобы свести ошибки к минимуму.

Рукоятки, рычаги и кнопки управления машины должны быть легко доступны с основного рабочего места при нормальном положении тела рабочего, а при больших габаритах машины — и с тех мест, где возможно более или менее длительное пребывание работающего. Управление машиной рекомендуется централизовать в пределах одного какого-либо участка, причем площадь размещения управляющих устройств должна быть возможно меньшей.

Пользование устройствами управления не должно требовать напряженных усилий. Необходимо, чтобы направление движения рукояток совпадало с направлением движения соответствующих механизмов, так как несогласованность направления движения приспособлений для управления (например, движение рукояток против часовой стрелки) приводит к неправильным действиям оператора. Вращение рукоятки по часовой стрелке должно соответствовать движению вперед или рабочему ходу механизма, а против часовой стрелки — назад или холостому ходу механизма.

Рукоятки рычагов управления следует надежно фиксировать для предупреждения самопроизвольного или случайного включения.

Не следует рассчитывать на применение работающим в течение длительного времени максимального усилия — всегда должен быть оставлен определенный запас.

При определении размеров ручных управляющих устройств учитывают размеры нормальной хватки руки.

Пользование педалями не должно вызывать излишних движений ноги работающего. Для работающего в положении сидя педаль устраивают так, чтобы ступня могла лежать на ней в наклонном положении. Кроме того, ее монтируют таким обра-

зом, чтобы точка опоры была под пяткой ноги, а пружина поддерживала ногу.

Кнопочное управление является более удобным, так как требует меньшего усилия. Для быстрого различения отдельных кнопок и рукояток их снабжают надписями и окрашивают в различные цвета (кнопки одинакового назначения должны быть одного цвета). Чтобы кнопки «Стоп» были хорошо заметны, их делают большего размера, чем остальные, и окрашивают в красный цвет; рекомендуется изготовить их из ярко-красной пластмассы. Кнопки «Стоп» дублируются в тех местах, где часто находится рабочий.

Кнопки пуска в ход монтируют углубленно, чтобы предохранить их от случайного нажатия.

Нажатие кнопок не должно требовать чрезмерного усилия (не более 2—3 кг). Контакт должен быть четким, т. е. палец должен почувствовать «щелканье».

Необходимо создать возможно больший контакт площади пальца с поверхностью кнопки.

11.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИН

Широко проводимые в нашей стране комплексная механизация и автоматизация производственных процессов являются решающим средством дальнейшего технического прогресса и улучшения условий труда.

Автоматизация оставляет за человеком функции налаживания машин, наблюдения за их действием; вся остальная работа выполняется автоматически, без вмешательства человека.

Автоматизация того или иного технологического процесса зависит от характера и конкретных условий производства, от степени его подготовленности к автоматизации предшествующей механизацией различных операций и в первую очередь трудоемких.

При комплексной автоматизации технологические процессы последовательно выполняются на автоматической системе машин без физического вмешательства человека.

Применение автоматизации повышает точность работы и скорость машины, но высокие скорости и большая точность работы современных машин и механизмов настолько усложняют управление производственными процессами и агрегатами, что физиологические возможности человеческого организма, способность человека быстро и правильно реагировать на внешние воздействия оказываются недостаточными.

Диапазон наших органов чувств ограничивает возможности непосредственного управления быстродействующими машинами.

Наш глаз, например, не в состоянии отличить друг от друга пять сменяющихся в секунду предметов. Две точки распознаются нами как отдельные лишь при угле между ними не меньше одной минуты.

Быстрота и точность движений пальцев, даже при большой тренировке, не могут превзойти определенных пределов. Кроме того, необходимо известное время на прохождение импульсов в нервной системе от глаза к мозгу и от мозга к мускулам пальцев.

Быстрота реакции человека зависит от многих факторов: сложности необходимого действия, тренированности, состояния нервной системы, степени утомления и др. В наиболее благоприятном случае быстрота реакции составляет доли секунды, но даже такое малое время оказывается слишком большим для управления современным быстро протекающим процессом.

На помощь человеку приходит электронная техника, которая безгранично расширяет его возможности в использовании орудий труда.

Развивающаяся в последние годы новая отрасль науки — кибернетика¹ — дает возможность создавать машины для управления другими машинами, машины, заменяющие человека, его органы чувств. Кибернетика — математическая теория управляющих устройств, теория автоматики, теория информации и контроля.

В кибернетических машинах моделируются не органы наших чувств сами по себе, а процессы, связанные с их действием (чтение, слушание и т. д.). При этом ответная реакция такого устройства гораздо более быстрая, чем у наших органов чувств.

Для выполнения тех или иных заданий управляющая машина снабжается соответствующим алгоритмом².

Управляющие машины используют в качестве датчиков приборы технологического контроля; они могут производить все необходимые вычислительные операции и самостоятельно вести технологический процесс по оптимальному режиму при переменных и самых разнообразных значениях различных параметров процесса.

Управляющие машины не только берегут и ускоряют труд, но и значительно облегчают его даже по сравнению с современ-

¹ Кибернетика — наука об общих закономерностях процессов управления и связи в организованных системах — машинах, живых организмах и их объединениях.

² Алгоритмом называется такая строгая последовательность операций, которая решает все задачи некоторого данного класса. Алгоритмы могут быть сформулированы в виде определенной системы правил действий или указаний, применение которых к любой задаче заданного класса приводит к ее решению.

ными автоматизированными устройствами. На современных автоматических прокатных станах, например, нет тяжелого физического труда по переноске металла, задаче его в валки, кантованию. Всем процессом прокатки управляет оператор с пульта управления. Хотя ему и не приходится выполнять тяжелую физическую работу, все же его труд утомителен, так как в течение смены приходится делать тысячи движений управляющими ручьятками. Применение электронных машин совершенно избавляет оператора от напряжения, облегчает физический труд в такой степени, которая без применения электронной машины совершенно недостижима даже для наиболее совершенных автоматических устройств.

Очень важно и то, что ведение производственного процесса при помощи управляющих машин вовсе исключает ошибки, всегда возможные при непосредственном управлении, а ведь эти ошибки могут приводить (и иногда действительно приводят) к авариям, взрывам, несчастным случаям. Таким образом, применение управляюще-вычислительных машин не только облегчает труд, но и делает его безопасным.

Вместе с тем имеющийся уже опыт показывает необходимость решения вопросов безопасности труда при ремонтах и наладке автоматических машин и систем. Удельный вес ремонтного персонала в общем числе работающих с внедрением автоматизации увеличивается, и это требует максимальной механизации ремонтно-монтажных работ.

Улучшению условий труда способствует и частичная автоматизация, в особенности дистанционное управление. В этой области значительный интерес представляет дистанционное управление грузоподъемными кранами.

11.6. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для дистанционного управления грузоподъемными кранами применяют радиоэлектронные устройства.

Система радиоуправления может быть основана на использовании электромагнитной индукции. Передатчик состоит из двух блоков, один из которых оператор носит на спине, а другой блок (или панель) с кнопками управления — в руке. Приемной антенной служит проводник, окружающий площадь, на которой работает управляемое оборудование (кран); оба конца этого проводника подключают к согласующему трансформатору, напряжение которого подается к усилителю. Выходное напряжение этого устройства через катодный повторитель подается на вход приемника. Кран можно приводить в действие из любого места оконтуренной площади, а также из точек за пределами

контура на расстоянии до половины общей длины стороны контурной рамки.

На другом принципе — электрической следящей системы — основано дистанционное управление кранами системы Укрги-промаша.

Вал контроллера сочленяется с электрическим исполнительным механизмом, состоящим из электродвигателя, редуктора, конечных выключателей и реостата обратной связи.

Для привода контроллера используют электрические исполнительные механизмы пропорционального регулирования.

Реостат обратной связи (синхронизации) исполнительного механизма соединяется по схеме моста с реостатом управления, монтируемым на пульте управления.

В электрическую схему моста включается балансовое реле, управляющее работой исполнительного механизма и осуществляющее автоматическую синхронизацию положений контроллера и реостата управления.

Пульт управления и аппаратуру дистанционного управления, устанавливаемую на кране, соединяют гибким кабелем, который подвешивают на струне из стали либо на специальных каретках, перемещающихся по двутавровой балке.

При стационарном пульте управления более целесообразно использовать электрическую систему, а при управлении с разных мест — радиоуправление.

Безопасность эксплуатации транспортных устройств требует ограждения всех доступных движущихся или вращающихся частей механизмов. Кроме того, необходимо предупреждение непредусмотренного контакта работающих с перемещаемыми грузами и самими механизмами при их передвижении. Следует также обеспечить надлежащую прочность механизмов и особенно вспомогательных грузозахватных и чалочных приспособлений.

Все части, детали и вспомогательные приспособления подъемных механизмов в отношении материала, прочности и конструкции должны быть достаточно надежными и удовлетворять соответствующим техническим условиям, общесоюзным стандартам, нормам и правилам устройства.

Грузоподъемные машины с электрическим приводом оборудуют устройствами для автоматической остановки (концевые выключатели подъема грузозахватных устройств, передвижения кабины, моста крана, тележки и др.). На мостовых кранах устанавливают также блокированные контакты для отключения напряжения при открывании подъемной части перил у концевой балки крана в месте входа на мост; обратное включение возможно только после закрытия крышки, установки контроллеров в нулевое положение и нажатия пусковой кнопки.

За состоянием кранов, подъемных механизмов и вспомогательных приспособлений, уходом за ними и безопасностью эксплуатации администрация и инспекция Котлонадзора устанавливают надзор.

Перед пуском в эксплуатацию, после ремонтов и периодически в определенные сроки грузоподъемные устройства подвергаются обязательным испытаниям — статическим и динамическим.

Электрическим краном управляет только назначенный для этого крановщик. Чтобы исключить возможность управления краном другими лицами, используют индивидуальный ключ-марку, вводимый в кабине крана в цепь его питания; кран может работать только при установке ключа на место. Ключ-марка хранится у начальника цеха и выдается только крановщику.

Кабины управления грузоподъемными кранами должны отвечать требованиям физиологии и психологии труда и защиты работающего от производственных вредностей (жары, пыли и др.).

Кабину управления размещают на кране так, чтобы крановщик в течение всего времени работы мог видеть грузовой крюк и рабочую зону, имел возможность оценивать положение переносимого груза, а также чтобы мертвый угол зрения был возможно меньше.

Расположение кабины на мостовом кране в конце моста имеет то преимущество, что пространственное наблюдение оказывается лучшим. При пролете до 30 м, а также при наличии двух или нескольких кранов в пролете предпочтительнее боковое расположение кабины управления.

Если все же возникнет необходимость центрального расположения кабины, ее размещение должно обеспечивать встречное видение кабины соседнего крана.

Кабина должна иметь минимально необходимый объем, высоту 2 м или немного более; размеры кабины должны обеспечивать удобное размещение рабочего места и оборудования.

В горячих цехах важно иметь минимальную наружную поверхность кабины для того, чтобы кабина меньше нагревалась.

Для защиты крановщика от неблагоприятных воздействий (внутри помещений от жары, пыли и т. д., а снаружи от атмосферных осадков, ветра и неблагоприятной температуры) кабину управления устраивают герметичной. Однако при закрытой кабине ухудшается обзор. Крановщик может быстро и безопасно работать, когда он беспрепятственно обзорекает всю рабочую зону во всех направлениях. Каждое препятствие в зоне зрения сокращает быстроту реакции. Поэтому площадь остекления кабины должна быть возможно большей.

Для остекления предпочтительно использовать плотное листовое стекло. При этом с внешней стороны между краном и

источником тепла помещают дополнительные листы жаропоглощающего стекла. Пластические материалы для остекления непригодны. Нижнее смотровое окно укрепляют наклонно с таким расчетом, чтобы луч зрения крановщика был перпендикулярен плоскости окна.

Оконные рамы застекляются с внутренней стороны, открываются они внутрь. Во избежание сквозняков (и падения) окна снизу не должны открываться. Должен быть обеспечен свободный доступ к остеклению для его чистки. При наличии кондиционирующей установки окна не должны открываться. На кранах, которые работают на открытых пространствах, нужны «дворники» для стекол.

Пол кабины управления должен быть гладким, свободным от электро- и других проводов.

Управление внутренним освещением кабины, внешними прожекторами, отоплением и вентиляцией, сигналами должно быть легко доступным.

Вход в кабину устраивают через раздвижную или шарнирную дверь с задней стороны кабины или через лаз сверху кабины; предусматривают также достаточное по размерам отверстие для монтажа аппаратуры.

Рабочее место крановщика приспособляют так, чтобы крановщик меньше утомлялся, имел возможность работать сидя или стоя (по желанию) и принимать правильную, без напряжения, рабочую позу.

Кресло со спинкой должно создавать максимальное удобство при любом росте и телосложении оператора. Подлокотники оборудуют регулируемыми по высоте съемными опорами.

У большинства кранов кресло следует устанавливать около стенки кабины, ближе к грузовому крюку, чтобы крановщик мог смотреть через боковое стекло, не наклоняясь в сторону.

Кресло нужно смонтировать таким образом, чтобы крановщик, сидя в нем, мог изменять положение тела — принимать прямую и свободную позу, скрестить ноги и т. п.

Кресло необходимо прочно прикрепить к полу.

Сиденье должно быть достаточно мягким (для амортизации толчков). Подлокотники кресла также должны быть мягкими.

Сиденье в значительной мере определяет положение туловища и тем самым влияет на утомляемость крановщика. Поэтому конструкция кресла должна соответствовать естественному положению корпуса. В сидячем положении не должно возникать давления на живот, неестественное положение туловища или отдельной части тела; не должна создаваться принужденная напряженная поза. Вместе с тем крановщик должен чувствовать себя в кресле устойчиво; не должно возникать ощущения «плавания».

Сиденье имеет регулировку по высоте; в среднем положении его высота 430 м.

Приборы управления должны быть прочно укреплены, всегда готовы к действию и расположены так, чтобы не мешать зрительному наблюдению за рабочими операциями.

Для снижения утомляемости рычаги управления следует располагать таким образом, чтобы крановщик мог пользоваться ими сидя, или стоя, по желанию. Для операций управления сидя необходимо высокое сиденье с подставкой для ног, а рычаги управления следует располагать на высоте, необходимой для работы стоя. Можно также рычаги разместить и для управления сидя, но при этом сиденье должно быть устроено так, чтобы крановщик мог открыть люк в полу и работать стоя в нем.

Педали управления монтируют так, чтобы было удобно работать и стоя, и сидя.

Управляющие устройства размещают так, чтобы крановщик мог управлять краном, не глядя на рычаги, и имел возможность сосредоточить внимание на проводимой операции. Этому способствует стандартное размещение и различное обозначение устройств управления, облегчающее распознавание их без включения.

Требования к устройству кабин управления грузоподъемными кранами в равной мере относятся и к пультам дистанционного управления производственным оборудованием.

11.7. ИСПЫТАНИЯ МАШИН

Для проверки надежности работы машин проводят различные испытания их.

В отношении грузоподъемных и транспортных устройств эти испытания регламентированы. Подвергают обязательному техническому испытанию и освидетельствованию в определенные сроки краны, тали, лебедки, подъемники, домкраты, канаты, цепи, грузозахватные приспособления и т. д.

На машинах необходимо систематически проверять тормоза, оградительные устройства, сигнальные приспособления и др.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Сидоров О. А. Физиологические факторы человека, определяющие компоновку поста управления машиной. Оборонгиз, 1962.

Злобинский Б. М. Техника безопасности. Машгиз, 1963.

Ушаков П. Н. и Лысяков А. Г. Техника безопасности при устройстве и эксплуатации грузоподъемных кранов. Машгиз, 1962.

12. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВЗРЫВОВ

Потенциальная опасность взрывов в металлургических цехах существует постоянно и только благодаря надежным предупредительным мероприятиям взрывы здесь — редкое явление.

Причинами взрыва могут быть нарушения нормальной эксплуатации оборудования, работающего под давлением; воспламенение газов, паров и пыли, образующихся при проведении металлургических процессов; контакт воды с расплавленным металлом и шлаком.

Причиной взрыва парового котла может явиться нарушение целостности стенок его из-за низкого качества металла, чрезмерного давления пара, понижения уровня воды в котле (что приведет к перегреву стенок котла) и т. д. При разрыве стенки котла происходит мгновенное испарение находившейся в нем под давлением нагретой воды и образование громадного количества пара, расширяющегося с большой силой.

В работающих под давлением сосудах, воздушно-компрессорных установках и воздухопроводах могут образоваться взрывоопасные смеси паров масла и воздуха. На внутренней поверхности воздухопроводов может образоваться окисная пленка масла. Образование перекисных соединений грозит взрывом при нагреве до 60°C , ударе или сотрясении. Поэтому для смазки употребляют незагрязненные масла с температурой вспышки не ниже 240°C . Все сосуды компрессорных установок часто продувают, периодически очищают воздухосборники от масла и наслоений. Воздух тщательно отфильтровывают от масла. Температура сжатого воздуха должна быть не выше 140°C . Во всяком случае разница между температурой сжатого воздуха и температурой вспышки масла не должна быть меньше 75°C .

Вопросы безопасности работы указанного оборудования рассматриваются в соответствующих специальных курсах.

В различных газовых устройствах металлургических цехов в результате подсоса воздуха могут образоваться взрывоопасные смеси. Причинами подсоса воздуха являются недостатки конструкции (сравнительно редко), нарушения при эксплуатации

металлургических печей, газопроводов и других устройств, в особенности при ремонтах и неполадках. Взрывоопасные смеси могут образоваться также из-за неполного сгорания топлива. Кроме того, взрывоопасная смесь может образоваться и вне газовых устройств в результате просачивания газа в окружающее пространство и образования «мешков».

Воспламенение взрывоопасной смеси может произойти от открытого огня, электрической искры, трения, заряда статического электричества, нагрева или сжатия смеси.

12.1. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ГАЗОВ, ПАРОВ, ПЫЛИ

Взрыв — внезапное изменение физического или химического состояния вещества, сопровождающееся крайне быстрым выделением энергии, которое приводит к разогреву, движению и сжатию продуктов взрыва и окружающей воздушной (газовой) среды, возникновению интенсивного скачка давления и разрушениям.

В окружающей среде образуется и распространяется особое рода возмущение — ударная волна.

При взрыве газовых и пыле-воздушных смесей выделяется химическая энергия, происходит крайне быстрое химическое превращение с выделением тепла и образованием нагретых сжатых газов.

Наиболее общее свойство горения — возможность при известных условиях прогрессивного самоускорения химического превращения — воспламенения, связанного с накоплением в реагирующей системе тепла или активных продуктов цепной реакции.

Для начала горения необходим тот или иной начальный энергетический импульс, чаще всего нагрев горючего. Различают два способа воспламенения: самовоспламенение и вынужденное воспламенение, или зажигание. Самовоспламенение происходит при нагревании всего объема смеси или стенок заключающего ее сосуда до температуры самовоспламенения, при которой выделяющееся количество тепла больше, чем рассеиваемое в окружающую среду. Вынужденное воспламенение происходит в результате зажигания смеси в одной точке каким-либо высокотемпературным источником тепла — пламенем, накалившимся телом, электрической искрой и т. д. Из-за большей, чем при самовоспламенении, теплоотдачи температура источника зажигания должна быть больше, чем температура самовоспламенения.

Воспламенение смесей горючих газов или паров с воздухом или кислородом может быть достигнуто путем подогрева смеси,

а также путем местного ее зажигания (например, электрической искрой).

При подогреве химическая реакция протекает одновременно во всем объеме заключенной в сосуде смеси. При местном зажигании в точке зажигания возникает пламя, распространяющееся по исходной смеси.

Пламя представляет собой тонкий слой, отделяющий еще не реагировавшую исходную смесь от продуктов реакции, в которых химическая энергия перешла в тепловую.

Причиной распространения пламени является передача теплоты от продуктов горения несгоревшей смеси.

В результате выделения теплоты реакции и теплопроводности возникает определенное распределение температур в газо-



Рис. 12.1. Распределение температур в горящей газовой смеси

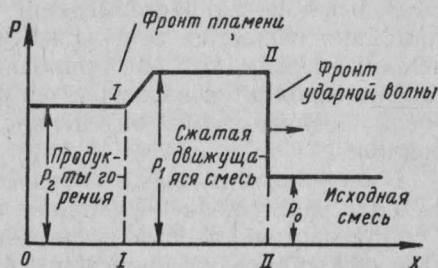


Рис. 12.2. Распределение давления в горящей газовой смеси

вой смеси (рис. 12.1). Зона горения начинается при температуре воспламенения ($T_в$, близкой к температуре горения смеси ($T_г$)). В зоне между температурами $T_в$ и T_0 (начальной температурой исходной смеси) происходит медленный прогрев.

Скорость распространения пламени при горении всегда, и притом во много раз, меньше скорости звука. Это объясняется тем, что скорость передачи энергии в газе путем теплопроводности невелика по сравнению со скоростью распространения в нем упругих колебаний.

Концентрация реагирующего вещества во фронте пламени меняется не только вследствие протекания самой реакции, но и в результате диффузии.

Равномерное распространение пламени с постоянной скоростью осуществляется лишь при зажигании газовой смеси у открытого конца трубы. При горении в закрытых трубах пламя распространяется с непрерывно возрастающей скоростью.

В результате расширения продуктов горения позади фронта пламени впереди него в исходной смеси возникают волны сжатия, которые, подобно поршню, приводят газ в движение. Каж-

дая последующая волна сжатия, распространяясь в более плотной среде, догоняет предыдущую, и в результате наложения таких элементарных волн постепенно возникает достаточно крутой перепад давления, характерный для ударной волны. По мере распространения пламени интенсивность ударной волны возрастает, а вместе с ней возрастает и скорость движения газа (до сотен $м/сек$), в то время как в условиях нормального горения скорость распространения пламени относительно неподвижной смеси не превышает $10 м/сек$ даже в самых быстро горящих смесях.

Таким образом, пламя распространяется в сжатом и движущемся газе, благодаря чему оно ускоряется. По мере ускорения распространения пламени растет и амплитуда ударной волны, обуславливая последующее его ускорение, и т. д. Когда интенсивность ударной волны достигнет некоторого критического значения, происходит детонация.

Детонация — распространение горения с равномерной, вполне определенной для каждой горючей смеси, сверхзвуковой скоростью порядка $1000—3500 м/сек$. При нормальном горении скорость распространения пламени определяется процессами теплопроводности и диффузии; для газов эта скорость не превышает нескольких метров в секунду. При детонации химическое превращение возбуждается ударной волной, которая при своем распространении сжимает и нагревает вещество.

Большая скорость химического превращения, сопровождающегося выделением тепла и образованием продуктов горения, приводит к тому, что при детонации в газовых смесях развиваются высокие давления, достигающие $5 \cdot 10^5 н/м^2$.

При горении в газо-воздушной смеси создается определенное распределение давлений (рис. 12.2).

По мере увеличения скорости распространения пламени уменьшается различие между ней и скоростью движения ударной волны и, наконец при скорости, равной скорости детонации, они совпадут.

Когда давление на фронте ударной волны достигает своего критического значения, при котором скорость волны станет равной скорости детонации, происходит самовоспламенение сжатого газа.

При движении сжатого газа впереди фронта пламени прилегающие к стенке трубы слои газа тормозятся, соответственно ускоряется движение газа в центре трубы, в результате чего возникает турбулизация газа. Распределение скорости по сечению становится неравномерным, что приводит к перестройке профиля фронта пламени (рис. 12.3) и увеличению поверхности горения; пропорционально этому увеличивается количество вещества, сгорающего в единицу времени; возрастание скоро-

сти сгорания в свою очередь вызывает увеличение скорости движения газа и т. д.

В большинстве случаев причиной возникновения взрыва является разогрев смеси, но при известных условиях медленная реакция может самоускориться не вследствие разогрева, а в результате накопления в системе активных промежуточных продуктов реакции, создающих благоприятные условия для развития и разветвления цепей. В этом случае разогрев смеси не причина, а следствие взрыва.

Реагируя с исходными веществами, активные промежуточные продукты реакции переводят их в конечные продукты реакции. Эти процессы идут с большой скоростью (так как требуют



Рис. 12.3. Искривление фронта пламени

сравнительно малой энергии активации). Если при взаимодействии активных продуктов с исходными веществами образуются не только стабильные конечные продукты реакции, но и новые активные промежуточные продукты, реакция будет протекать достаточно быстро и может получить самоуско-

рение. Такие реакции, в которых происходит регенерация активных промежуточных центров, называются цепными. Каждая активная молекула (атом, радикал), исчезая в ходе реакции, вызывает длинную цепь последующих актов реакции.

Примером реакции с цепным механизмом является, например, взаимодействие водорода с кислородом: $\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{OH}$ (1); $\text{OH} + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{H}$ (2); $\text{H} + \text{O}_2 = \text{OH} + \text{O}$ (3); $\text{O} + \text{H}_2 = \text{OH} + \text{H}$ (4) и т. д.

Радикал OH, многократно регенерируясь, способен образовывать большое число молекул воды. Три промежуточных продукта реакции — OH, H и O — являются активными центрами — носителями цепи.

При наличии реакции, не приводящей к регенерации, произойдет гибель одного из активных центров — обрыв цепи. В приведенной реакции цепи могут обрываться в результате реакций: $\text{OH} + \text{OH} = \text{H}_2 + \text{O}_2$ (а); $\text{H} + \text{H} = \text{H}_2$ (б); $\text{O} + \text{O} = \text{O}_2$ (в).

Обрыв цепи может произойти и на поверхности стенок сосуда из-за реакции активных центров с материалом стенки или адсорбции.

Химические реакции (3) и (4), в результате которых образу-

ется по два активных центра, приводят к увеличению числа активных центров — происходит разветвление цепей. Если скорость размножения активных центров в результате реакций разветвления превысит скорость их гибели вследствие реакций обрыва цепи, произойдет непрерывное самоускорение процесса и взрыв.

Теоретически наибольшее давление должно развиваться при взрыве смесей, отвечающих стехиометрическому составу, так как они обладают наибольшей теплотой сгорания и могут развивать наибольшую температуру при взрыве. Однако практически наибольшее давление развивается при взрыве смесей с содержанием горючего газа, несколько большим стехиометрического, которые обладают наибольшей скоростью горения.

Давление при взрыве газо-воздушных смесей определяется по формуле

$$P_{\text{взр}} = \frac{P_0 T_{\text{взр}}}{T_0} \cdot \frac{m}{n}, \quad (12.1)$$

где T_0 и $T_{\text{взр}}$ — начальная температура смеси и температура взрыва, °K;

P_0 и $P_{\text{взр}}$ — начальное и взрывное давление смеси, н/м²;

m — число молекул продуктов горения;

n — число молекул исходной смеси.

Тонкоизмельченные частицы твердого вещества благодаря развитой поверхности обладают значительной химической активностью, адсорбируют газы, электризуются, и в результате этого многие вещества, которые с трудом горят, в виде пыли легко взрываются.

Давление, возникающее при взрыве пыли вследствие быстрого образования газообразных веществ и расширение воздуха, может оказаться весьма значительным. Так, при взрыве 1 г мелкодисперсной сахарной пыли, распределенной в 4 л воздуха, благодаря теплоте реакции, способной нагреть продукты реакции до 4300° С, в постоянном объеме создается давление в 1,5 раза больше, чем при взрыве того же объема смеси метана с воздухом.

Так как горение пыли протекает медленнее, чем горение газов, зона горения оказывается несколько более широкой.

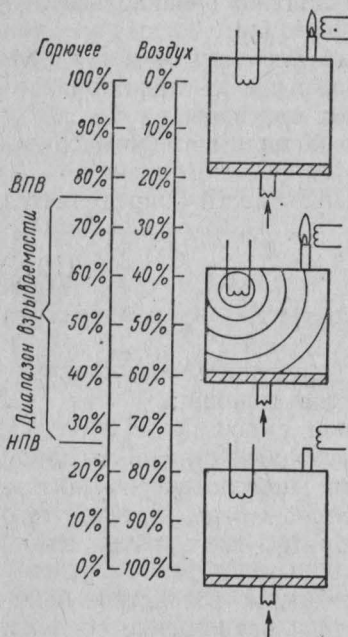
Скорость распространения пламени в аэрозоле зависит от величины пылинок; с увеличением крупности пылинок уменьшается скорость распространения пламени, а при определенной крупности пламя распространяться не может.

При горении прогрев горючей жидкости на большую глубину в случае наличия в жидкости или на дне резервуара воды вызывает парообразование и связанное с ним повышение давления, которое приведет к вскипанию и выбрасыванию горячей жидкости из резервуара.

12.2. ПРЕДЕЛЫ ВЗРЫВАЕМОСТИ

Не всякая смесь горючего газа с воздухом является взрывоопасной.

Если газо-воздушные смеси различного процентного состава поместить в сосуд, имеющий источник зажигания и внутри, и снаружи (на выходе газа из сосуда), то возможны следующие три случая (рис. 12.4):



1) смесь не воспламеняется ни от внутреннего воспальника, ни от наружного (вернее, вблизи от запальника может идти процесс горения, но он не распространяется в объем; при удалении запальника горение прекращается);

2) смесь воспламеняется и внутри сосуда, и на выходе из него;

3) смесь воспламеняется только на выходе из сосуда.

Таким образом, в сосуде воспламеняются только такие смеси, в которых концентрация горючего газа находится в определенных пределах.

Это происходит потому, что горючие газы, способные образовывать с воздухом (или кислородом) взрывоопасные смеси, имеют определенные пределы взрываемости, характеризующие минимальную и максимальную концентрацию газа в смеси, вне которых данная газо-воздушная смесь не является взрывоопасной. Эти (нижний и верхний)

Рис. 12.4. Концентрационные пределы взрываемости:

НПВ — нижний концентрационный предел; ВПВ — верхний концентрационный предел

пределы взрываемости образуют диапазон взрывоопасности, различный для разных смесей.

Ниже приводятся пределы взрываемости и температуры воспламенения различных газов.

	Нижний предел %,	Верхний предел %,	Температура воспламенения, °C
Аммиак, NH_3	16,0	27,0	780
Ацетилен, C_2H_2	3,5	82,0	480
Водород, H_2	4,15	75,0	570
Метан, CH_4	5,0	16,0	650
Окись углерода, CO	12,8	75,0	651
Пропан, C_3H_8	2,3	9,5	446
Сероводород, H_2S	4,3	45,5	345

Пределы взрываемости смесей нескольких горючих газов с воздухом могут быть определены экспериментально или вычислены по формулам:

$$P_n = \frac{100}{\frac{C_1}{P_1} + \frac{C_2}{P_2} + \frac{C_3}{P_3} + \dots}, \quad (12.2)$$

$$P_v = \frac{100}{\frac{C_1}{P'_1} + \frac{C_2}{P'_2} + \frac{C_3}{P'_3} + \dots}, \quad (12.3)$$

где P_n и P_v — нижний и верхний пределы взрываемости смеси газов с воздухом, %;

C_1, C_2 и C_3 — процентное содержание газа в смеси;

P_1, P_2 и P_3 — нижние пределы, %;

P'_1, P'_2, P'_3 — верхние пределы взрываемости каждого из составляющих смесь газов с воздухом, %.

Колошниковый, коксовый, генераторный, природный газы, используемые в металлургических процессах, представляют смеси горючих и инертных газов. Их пределы взрываемости могут быть вычислены по приведенным выше формулам, но вместо отдельных горючих газов основой для подсчета служит группировка данной смеси на пары: инертный газ + горючий. Для каждой такой пары определяется суммарный состав, а пределы взрываемости определяются из диаграммы (рис. 12.5) по отношению инертного газа к горючему в данной паре.

Пределы взрываемости изменяются в зависимости от ряда факторов: мощности источника воспламенения, примеси инертных газов, начальной температуры газовой смеси, давления смеси и др. (рис. 12.6).

При одной и той же температуре источника воспламенения пределы взрываемости тем шире, чем больше поверхность источника.

Примесь инертных газов изменяет пределы взрываемости.

С повышением начальной температуры смеси пределы взрываемости расширяются.

Изменение начального давления в смесях влияет на пределы взрываемости по-разному. Так, для смесей водорода с воздухом пределы взрываемости не изменяются при давлении до $1,25 \cdot 10^6$ н/м², в то время как для смеси окиси углерода с воздухом пределы взрываемости резко изменяются: при давлении $2 \cdot 10^6$ н/м² эти смеси невзрывоопасны.

Скорость распространения пламени при прочих равных условиях изменяется в зависимости от состава смеси, примеси инертных газов и их теплоемкости, температуры смеси и ее предварительного подогрева, формы сосуда и др. При горении

взрывчатых газовых смесей в трубах скорость распространения пламени возрастает с увеличением диаметра (но до некоторого предельного значения); при уменьшении диаметра трубы ско-

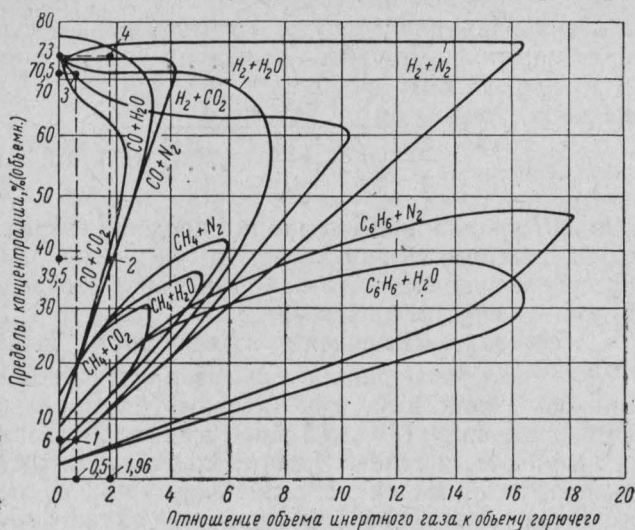


Рис. 12.5. Диаграмма воспламеняемости

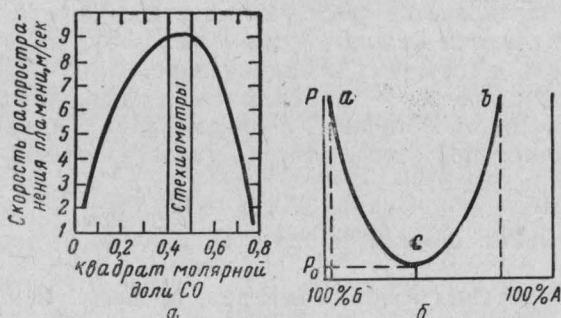


Рис. 12.6. Зависимость скорости распространения пламени от состава газовой смеси (а) и зависимость концентрационных пределов воспламенения от давления (б)

рость распространения пламени уменьшается и при определенном (для данной смеси) критическом диаметре пламя распространяться не может вследствие увеличения тепловых потерь на единицу объема газа (из-за увеличения отношения теплоотдающей поверхности трубы к заключенному в ней объему газа).

Механизм распространения пламени в пыле-воздушных смесях подобен механизму этого явления в газо-воздушных смесях.

Так же, как и газы, смеси горючих пылей с воздухом имеют верхний и нижний пределы взрываемости (приложение 12).

Пределы взрываемости и температура воспламенения металлов (порошков) характеризуются следующими величинами:

	Нижний предел, г/м ³	Температура воспламенения, °C
Алюминий	35	550
Ванадий	220	500
Железа карбонил	105	320
Кремний	100	775
Магний	20	520
Марганец	125	450
Олово	190	630
Титан	45	330
Торий	75	270
Цинк	480	600
Цирконий	40	20

Пределы взрываемости пыле-воздушных смесей также несколько изменяются в зависимости: от дисперсности (расширяющей диапазон взрываемости), содержания летучих (увеличивающих взрывоопасность), зольности (снижающей взрывоопасность), окружающих условий и характера источника воспламенения.

Центральный научно-исследовательский институт пожарной обороны (ЦНИИПО) разработал следующую классификацию пылей:

А. Взрывоопасные пыли

1-й класс, наиболее взрывоопасные — с нижним пределом взрываемости до 15 г/м³ (включительно);

2-й класс, взрывоопасные — с нижним пределом взрываемости от 15 до 65 г/м³.

Б. Пожароопасные пыли (с нижним пределом взрываемости более 65 г/м³)

3-й класс, наиболее пожароопасные — с температурой воспламенения до 250° C;

4-й класс, пожароопасные — с температурой воспламенения более 250° C.

Жидкости могут воспламеняться при наличии над поверхностью определенного состава смеси их паров с воздухом.

Так же как газы и пыли, пары горючих жидкостей образуют с воздухом взрывоопасные смеси с нижним и верхним пределами взрываемости.

Важной характеристикой является температура вспышки паров легковоспламеняющейся или горючей жидкости — определенная стандартным методом, самая низкая температура этой жидкости, при которой посторонний источник зажигания вызы-

вает вспышку ее паров, насыщающих пространство, но не сопровождающуюся воспламенением самой жидкости.

Другой характеристикой взрывоопасной смеси газов или паров легковоспламеняющейся или горючей жидкости с воздухом является температура самовоспламенения — определенная стандартным методом, самая низкая температура, до которой должна быть равномерно нагрета указанная смесь для того, чтобы она воспламенилась без внесения в нее постороннего источника зажигания.

При достижении определенной температуры нагрева жидкости вспышка не произойдет, если концентрация паров слишком мала (ниже нижнего предела взрываемости) или слишком высока (выше верхнего предела); произойдет кратковременная вспышка (в течение нескольких секунд), если концентрация паров в смеси достигла нижнего предела взрываемости; произойдет вспышка и затем воспламенение смеси, если концентрация паров над жидкостью превышает нижний предел взрываемости.

Особенно опасны те жидкости, у которых температуры вспышки и воспламенения близки.

В зависимости от температуры вспышки жидкости делятся на два класса: 1) легковоспламеняющиеся — с температурой вспышки до 45°C (бензин, керосин, ацетон, бензол и др.); 2) горючие — с температурой вспышки выше 45°C (мазут, минеральные и растительные масла и др.).

Решающее значение для определения степени огне- и взрывоопасности жидкости имеет упругость пара. Воспламенение (в условиях равновесия) не может произойти, если упругость насыщенного пара жидкости выше парциального давления, соответствующего верхнему концентрационному пределу воспламенения, или ниже парциального давления, соответствующего нижнему концентрационному пределу. Воспламенение возможно, если это условие не соблюдено.

12.3. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ

Рассмотрение причин взрывов газов, пыли, паров жидкостей показывает, что для их предупреждения необходимо, во-первых, предотвратить образование взрывоопасных смесей; во-вторых, не допустить воспламенения этих смесей, т. е. исключить возможность воздействия источников энергии на взрывоопасные смеси, если они образуются; кроме того, нужно принять меры к локализации взрыва при его возникновении.

Для предотвращения образования взрывоопасных смесей необходимо: исключить возможность засоса воздуха в устройства, в которых находится газ; предотвратить возникновение прорывов и скоплений газа, контролировать сжигание топлива.

Предотвращение засосов воздуха достигается герметизацией газовых устройств. Надежность герметизации обеспечивается соответствующим устройством оборудования, систематическим наблюдением за его состоянием и немедленным устранением нарушений герметичности.

Газопроводы сооружают из стальных труб. В целях герметичности все соединения на газопроводах и других газовых устройствах делают сварными. Резьбовые и фланцевые соединения допускаются только в местах установки обслуживающих устройств (контрольно-измерительных приборов, отключающих устройств и др.).

Перекрывающие устройства для отключения газа и регулировки его подачи должны быть надежными и обеспечивать возможность быстрого и безопасного управления.

Опыт показывает, что предохранительные клапаны небезопасны, так как могут быть источником просачивания газа и не всегда срабатывают при взрывах.

Наземные газопроводы укладывают на опорах и эстакадах из несгораемых материалов с достаточным запасом прочности, на определенной высоте.

Засос воздуха в газопроводы может произойти не только вследствие нарушений герметичности, но и в результате неправильной эксплуатации газопроизводящих или газопотребляющих агрегатов или при их ремонте.

Сеть газопроводов должна всегда находиться под небольшим положительным давлением. Для каждого потребителя газа также устанавливают определенное минимальное положительное давление (не ниже 490 н/м^2); при падении давления ниже минимального потребитель отключается от сети.

Для надежности отключения газопроводной сети устанавливают автоматические приборы.

На газопроводах, подводящих газ к различным аппаратам, устанавливают регуляторы давления.

Герметизация предотвращает прорыв газа из газовых устройств наружу, вследствие чего могла бы вне этих устройств образоваться взрывоопасная смесь. Кроме того, необходимо принимать меры против образования скоплений газа («мешков») в случае его просачивания наружу; поэтому все пространство вокруг газопроводов следует хорошо проветривать. Газопроводы прокладывают открыто, в местах, удобных для обслуживания.

Помещения, в которых находятся газовые устройства и газопроводы, оборудуют вытяжной вентиляцией.

Свечи для продувки газовых устройств должны содержаться в исправности. Нельзя соединять в одну общую свечу свечи от разных газопроводов.

Контроль сжигания газа необходим не только по производственным соображениям, но и в целях безопасности. Перерыв в поступлении воздуха в горелку или падение давления воздуха ниже определенного предела может вызвать неполное сгорание газа и образование взрывоопасных смесей.

Для предотвращения образования взрывоопасных смесей при погасании пламени горелок используют различные устройства, автоматически выключающие подачу горючего.

При газоопасных работах предварительно разрабатывают четкий порядок проведения подготовительных и основных работ, обеспечивают надежное отключение ремонтируемых объектов от общей сети.

После остановки газовых агрегатов в целях создания благоприятных условий для проведения работ производят продувку воздухом.

По окончании ремонта агрегата производят продувку его газом через свечи для того, чтобы устранить возможность образования взрывчатых смесей.

Топка перед пуском хорошо разогревается: газ, который должен быть горячим и сухим, пускается «на огонь» постепенно через последнюю (по ходу газа) горелку, причем скорость выхода горячей смеси должна быть больше, чем скорость горения. При неудаче зажигания вся операция повторяется заново, начиная с продувки.

Предотвращение образования взрывоопасных паро-воздушных смесей достигается мерами, снижающими упругость пара над жидкостью ниже нижнего предела взрываемости или созданием над жидкостью инертной среды. Жидкости могут храниться под какими-либо другими инертными и более легкими жидкостями или газами, под паро-воздушной смесью из паров хранимого вещества (с концентрацией выше верхнего предела взрываемости) или под плавучими крышами, не оставляющими над жидкостью воздушного пространства, где могли бы образоваться паро-воздушные смеси.

Радикальным средством для предотвращения образования пыле-воздушных смесей является увлажнение при проведении процессов, связанных с образованием пыли.

Другой мерой является поддержание концентрации пыли в соответствующих агрегатах ниже нижнего предела или выше верхнего предела взрываемости.

12.4. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВА

Предотвращение воспламенения взрывоопасных смесей сводится к защите от воздействия источников энергии. В этих целях вблизи всех газовых устройств не разрешается применять открытый огонь, проводить сварочные работы, курить и т. п. Все газопроводы прокладывают на определенном расстоянии от мест выпуска расплавленного металла и шлака железнодорожных путей воздушных электрических сетей, пешеходных путей. В случае отклонения от указанного принимают меры против возможных прожогов или разрушения стенок газопроводов.

Электрические лампы могут явиться причиной взрывов, если температура нагрева их колб превосходит температуру воспламенения оседающей на них пыли.

Необходимо исключить появление искр, так как температура искры может оказаться выше температуры воспламенения данной смеси. Искры трения стали о карборунд и о сталь поджигают воздушные смеси H_2 , CO , C_2H_2 , CS_2 . Трение алюминия о ржавое железо в результате реакции $Fe_2O_3 + Al$ приводит к образованию искр, энергия которых достаточна для поджигания газовых смесей.

Чтобы не допустить искрообразования при ремонтных работах, применяют рабочий инструмент из материалов, не дающих искр при ударе (омедненная сталь, бериллиевая бронза и др.), или инструмент смазывают тавотом. Принимают меры против попадания металлических предметов в дробильные устройства.

Электрические устройства во взрывоопасных помещениях устанавливают в специальной взрывозащищенной арматуре, например электрические двигатели помещают в специальном продуваемом воздухе кожухе. При этом осуществляется блокировка для запрещения включения двигателей до начала работы вентилятора и выключения при падении давления воздуха в кожухе ниже безопасного предела.

Защита от статического электричества достигается прежде всего мерами, предотвращающими его возникновение. К числу этих мер относится повышение электрической проводимости путем замены соответствующих деталей (например, кожаных ременных передач) или добавлением проводящих веществ (например, смазывание ремней специальными проводящими составами или вплетение в них металлических нитей), или добавлением специальных присадок (например, 0,05%-ного раствора магниевой соли, олеиновой кислоты, уксусной кислоты, железных опилок).

При возможном возникновении статических зарядов все газопроводы, пылепроводы и другие подобные устройства заземляют.

Полезно повышение электрической емкости защищаемых агрегатов посредством электрического присоединения их к металлической ограде, металлической полосе и т. п.

Легковоспламеняющиеся жидкости в большинстве являются хорошими диэлектриками. Электризация жидкости происходит при движении ее внутри труб и сосудов со скоростью более 3,5 м/сек, при фильтровании, при распылении и свободном падении, в особенности, если в струю попадают пузырьки воздуха.

Для локализации взрыва предусматривают специальные устройства в производственных агрегатах. Вместе с тем для локализации взрыва необходимы меры против распространения огня, предусматриваемые противопожарной техникой.

В целях локализации взрыва используют специально устанавливаемые слабые звенья в конструкциях агрегатов — предохранительные клапаны и мембраны (пластины). Разрывные мембраны из фольги (цветного металла, пластмассы или другого материала) устанавливают, например, на стенке дробилки, если в ней образуется взрывоопасная пыль. При повышении давления в агрегате сверх того, на которое рассчитана мембрана, она разрывается. Чтобы после разрыва мембраны не произошел подсос воздуха, устанавливают крышку, которая автоматически закрывается после разрыва мембраны.

12.5. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВЗРЫВОВ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА И ШЛАКА

Взрывы металла и шлака происходят как внутри печей, так и вне их — при выпуске металла и шлака.

При соприкосновении жидкого шлака или металла с водой происходит образование пара. Если образующиеся пары не имеют свободного выхода, может произойти выплескивание, разлетание расплавленной жидкой массы.

Выпуск металла из печи в желоб, набитый сырым песком, или поливка распыленными струями воды на разливочной машине взрыва не вызывает, так как при этом водяные пары имеют свободный выход. Однако если компактная струя воды под сильным давлением проникнет под верхний слой металла (или застывшую корку над расплавленным шлаком), произойдет выплеск расплавленного металла (шлака). Точно так же при погружении большого количества металла в воду происходит взрыв, так как масса окружающей воды оказывает сопротивление расширению образующегося пара.

Образующиеся в результате нагрева воды теплотой расплавленного металла водяные пары не имеют выхода в том случае, когда вода попадает внутрь массы или под слой расплавленного металла (шлака). При погружении в металл мокрого холодного лома или ложки, обмазанной свежей глиной, происходит резкий выплеск металла. Такой же выплеск произойдет, если жидкий металл вылить на сырой металлический пол.

Если влага попадает под струю расплавленного металла, например при заливке ковша, взрыв происходит не сразу по соприкосновению струи металла с влагой, а с запозданием, когда ковш заполнится на значительную часть своего объема, что утяжеляет последствия аварии. Объясняется это тем, что, оказавшись под металлом и отнимая тепло от ближайших слоев металла, вода замораживает их; под коркой застывшего металла идет процесс испарения влаги, а затем, возможно, и разложение ее с образованием гремучей смеси. Малое количество воды может вызвать сильный взрыв.

Аналогичное явление происходит и при взаимодействии воды с расплавленным шлаком. Если на поверхности шлака при его охлаждении налита вода в количестве большем, чем может сразу испариться, то вода через трещины в поверхности шлака проникнет внутрь массы его к еще не успевшей охладиться раскаленной сердцевине, и в результате возникающих при этом реакций происходит выплеск жидкого шлака и выброс верхней шлаковой корки.

Такое же явление произойдет, если на поверхность шлака, залитую водой или недостаточно сухую, залить огненно-жидкий шлак.

При наличии влажного мусора на дне шлаковозного ковша первые же порции вылитого в ковш шлака образуют шлаковую корку, под которой происходит парообразование. Так как шлаковая корка плохо проводит тепло, то парообразование и перегрев образующегося пара происходят сравнительно медленно. Под воздействием образовавшихся под коркой паров и газов и под давлением массы шлака шлаковая корка прорывается, тепло жидкой массы передается пару, происходит сильное расширение его объема, вызывающее выплескивание содержимого ковша с большой силой.

Обязательными требованиями безопасности являются предотвращение попадания воды в ковши для шлака и металла, а также тщательная просушка их перед заполнением металлом или шлаком.

Причиной взрывов в печах может явиться повреждение охлаждающей системы. При попадании воды в печь и соприкосновении ее с жидким металлом происходит мгновенное и сильное парообразование и взрыв.

Для своевременного обнаружения возможности аварии устанавливают надежный контроль за состоянием холодильников.

Возможны также взрывы и вследствие попадания в печи влаги при загрузке сырой или смерзшейся руды, полых предметов с водой или снегом, а также вследствие нарушения равновесия между закисью железа и углеродом или между металлом и шлаком и др.

12.6. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КИСЛОРОДА

Кислородопроводы должны отвечать определенным требованиям в отношении прочности, герметичности, защиты от повреждений и нагрева, окраски. Устройства для ввода кислорода в печи механизмируются. Необходимо обеспечить безопасность регулирования подачи кислорода и установить двустороннюю связь между рабочими площадками и кислородной станцией.

Так как повышение содержания кислорода в воздухе усиливает пожарную опасность, необходим контроль воздуха на содержание кислорода и ацетилена, смеси которого с кислородом особенно взрывоопасны.

Наибольшее загрязнение воздуха ацетиленом дает коксохимическое производство (в коксовом газе ацетилена 400—600 $\text{см}^3/\text{м}^3$); в мартеновских цехах ацетилен попадает в атмосферу с продуктами неполного сгорания коксового газа; в электрометаллургических цехах ацетилен выделяется из белых и карбидных шлаков; в доменном газе ацетилена нет.

При использовании кислорода (и обогащенного кислородом воздуха) на одежде могут задерживаться пузырьки кислорода, что опасно при загрязнении спецодежды (особенно маслами). Следует не допускать загрязнения одежды и периодически обдувать ее воздухом (у воздушного душа).

При использовании кислородных баллонов (так же, как и любых других баллонов со сжатыми газами) необходимы меры безопасности.

Причиной взрыва газового баллона может явиться его нагрев, вызывающий повышение давления внутри баллона сверх допустимого, удар, образование взрывоопасных смесей, засорение горловины баллона.

Безопасность эксплуатации баллонов достигается предупреждением повышения давления в нем сверх установленного, поддержанием герметичности и предотвращением засорения.

Баллоны изготовляют из бесшовных стальных труб углеродистой стали с нормальной мелкозернистой структурой без внутренних напряжений. Каждый баллон имеет на горловине

отверстие с конической резьбой, запорный вентиль, колпак для закрытия горловины, редуктор для перепуска давления, башмак для установки в вертикальном положении.

Механическая прочность, размеры баллонов и толщина стенок их острированы.

На каждом баллоне ставят клеймо завода-изготовителя специальный знак.

Для различения баллоны имеют соответствующую окраску и четкую надпись (название газа).

Перед наполнением баллоны тщательно продувают, промывают, осматривают снаружи и внутри. Внутренний осмотр производят с помощью лампы с зеркальцем, вводимым внутрь баллона.

В целях предохранения от ударов перевозку баллонов производят на тележках, а переноску — на специальных носилках.

В цехе следует хранить (в вертикальном положении) только минимально необходимое число баллонов.

Перед использованием баллона необходимо проверить его исправность, наличие клейма, отсутствие загрязненности.

Использование баллона допускается до остаточного давления $1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

12.7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИСПЫТАНИЙ

За состоянием газовых устройств — и в первую очередь за герметичностью их — ведут постоянный контроль.

Герметичность швов и фланцев проверяют посредством окрашивания мелом наружной стороны шва и смачивания керосином внутренней его стороны; на закрашенной мелом поверхности не должно быть темных жирных пятен.

Плотность задвижек газовых сетей проверяют гидравлическим испытанием с каждой стороны при давлении $1 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Неплотности, образующиеся на газопроводе, заделывают путем заварки.

Газопроводы, так же как скрубберы, электрофилтры и другие устройства, испытывают на плотность. Утечка воздуха за 2 ч не должна превышать 2% объема для внутренних и 4% для внешних газопроводов. При испытании в газопроводе (или другом устройстве) плотно закрывают все лазы, задвижки и т. п., к газопроводу подключают манометр и путем присоединения к компрессору поднимают давление воздуха до максимального расчетного (но не менее $29,5 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$ для внутренних и $19,7 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$ для внешних газопроводов). Затем подачу воздуха наглухо отключают. Сразу же после отключения подачи воздуха и через 2 ч измеряют давление и температуру воздуха в газо-

проводе. Утечку воздуха за 2 ч можно определить по формуле

$$V = \frac{V_r T_0}{P_0} \left(\frac{P_{\text{нач}}}{T_{\text{нач}}} - \frac{P_{\text{кон}}}{T_{\text{кон}}} \right) \text{ м}^3, \quad (12.4)$$

где

V — утечка газа из газопровода за 2 ч, м^3 ;

P_0 — давление, равное $9,8 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$;

T_0 — 273° К ;

$V_r = \frac{\pi d^2 l}{4}$ — объем газопровода, м^3 (причем l — длина газопровода, м);

$P_{\text{нач}}$ и $P_{\text{кон}}$ — начальное и конечное давление газа, н/м^2 ;

$T_{\text{нач}}$ и $T_{\text{кон}}$ — начальная и конечная температура газа, $^\circ \text{К}$.

Пределы взрываемости газо-воздушных смесей могут быть определены расчетным и экспериментальным методами. Распространенный экспериментальный метод состоит в постепенном подборе состава газо-воздушной смеси, поджигание которой в специальном сосуде приводит к взрыву. При определении пределов взрываемости пыле-воздушных смесей навеска пыли подается во взрывной цилиндр при помощи форсунки; взрыв регистрируется фоторегистром.

Температура взрыва и давление при взрыве газов, паров, пылей могут быть определены расчетом, а также экспериментально.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Вернигор П. И. Организация безопасных работ в газовом хозяйстве металлургических заводов. Металлургиздат, 1954.

Бухман Я. З. Газоспасательное дело. Металлургиздат, 1963.

13. ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ

13.1. ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

На металлургических заводах имеются организованные технологические выбросы газов и пыли (через трубы) и неорганизованные технологические выбросы (от оборудования, установленного вне зданий, из-за утечки газа из газопроводов, при различных транспортных операциях с пылящими материалами и др.).

Количество организованных технологических выбросов во много раз превышает количество неорганизованных выбросов.

Технологические выбросы металлургических цехов загрязняют окружающую атмосферу в основном окисью углерода, сернистым ангидридом и пылью. Главный источник пыли — энергетические установки и сталеплавильные агрегаты, работающие с применением кислорода; агломерационные фабрики создают загрязнение пылью и сернистыми соединениями.

Общее количество выбросов на разных заводах колеблется в пределах: от 150 до 500 и более тонн на 1 000 000 т чугуна в год.

Внедрение использования природного газа способствует сокращению количества выбросов.

Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами необходимы различные мероприятия.

Прежде всего нужно уменьшить количество выбросов, что может быть достигнуто изменением агрегатного состояния сжигаемого топлива и усовершенствованием технологии производства.

Для снижения массированности выбросов необходимо сосредоточить источники выбросов.

Важное значение имеют повышение степени разведения выбросов в атмосфере с помощью дымовых труб и очистка отходящих газов от вредных примесей.

13.2. РАССЕЯНИЕ ВЫБРОСОВ

Организованные технологические выбросы выпускаются в атмосферу через дымовые трубы.

Поведение попавшей в атмосферу струи инородного газа аналогично поведению жидкости внутри другой жидкости, с которой она смешивается во всех пропорциях (как например, спирт в воде, а не ртуть в масле).

Скорость оседания пылинок в воздухе зависит от их удельного веса, формы и крупности частиц, а также от удельного веса и вязкости воздуха.

Форма частиц пыли разнообразна (пластинки, иглы, чешуйки, волокна и т. д.). Чем ближе форма пылинки к сферической, тем быстрее она оседает.

Крупные частицы оседают довольно быстро. Частицы диаметром менее 10 мк падают очень медленно — со скоростью в сотые доли сантиметра в секунду; частицы меньше 1 мк падают с ничтожно малой скоростью — в стотысячные доли сантиметра в секунду.

Из-за неправильной формы пылинок истинная скорость их оседания отличается от вычисленной для шарообразных частиц.

Плотность вышедшего из трубы дыма непрерывно меняется, стремясь к плотности воздуха.

Диффузия примеси (в частности, дыма) в атмосфере обусловлена турбулентными пульсациями скорости ветра; величина этих пульсаций ограничена, и, следовательно, распространение примеси в воздухе при атмосферной диффузии происходит с ограниченной скоростью.

Рассеяние выходящих из дымовой трубы выбросов зависит от высоты дымовой трубы, метеорологических условий (прежде всего скорости и направления ветров) и рельефа местности.

Концентрация выпавшей из потока выбросов пыли на уровне земной поверхности оказывается при данных условиях различной: на некотором расстоянии от основания дымовой трубы создается минимальная концентрация пыли (начало зоны загрязнения), которая увеличивается до некоторого максимума, а затем снова снижается и на определенном расстоянии от дымовой трубы уменьшается до нуля (конец зоны загрязнения) (рис. 13.1).

Приближенно максимальную концентрацию ($C_{\text{макс}}$) газа или пыли с размерами частиц до 0,1 мм на уровне дыхания можно определить по формуле

$$C_{\text{макс}} = \frac{19G}{H^2} \text{ мг/м}^3, \quad (13.1)$$

где G — количество загрязнений, выбрасываемых из трубы в 1 сек, г;

H — эффективная высота выброса (м), равная сумме высот дымовой трубы ($H_{тр}$) и возвышения факела газов над трубой (ΔH)

$$\Delta H = \frac{1,9Dw}{v}, \quad (13.2)$$

где D — диаметр устья трубы, м;

w — скорость выхода газов из трубы, м/сек;

v — скорость ветра на высоте выбросов, м/сек,

причем

$$v = v_0 \varphi, \quad (13.3)$$

где v_0 — скорость ветра на высоте 10 м, м/сек;

φ — коэффициент, учитывающий изменение скорости ветра с высотой (для 10 м он равен 1, для 100 м 1,5, для 200 м 1,65).

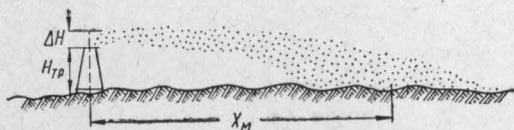


Рис. 13.1. Распространение выбросов из дымовой трубы

Расстояние от оси трубы до точки на поверхности земли, где может создаваться максимальная концентрация загрязнений в воздухе

$$X_m = (10 - 20) H \text{ м}. \quad (13.4)$$

Чем дальше от основания дымовой трубы точка максимальной концентрации загрязнения воздуха, тем меньше сама концентрация¹.

13.3. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

В зависимости от способа отделения пыли от газового потока различают следующие способы улавливания пыли:

- 1) сухие или механические; 2) мокрые; 3) фильтрующие;
- 4) электрические; 5) комбинированные.

¹ Государственный комитет по координации научно-исследовательских работ СССР. Временная методика расчетов рассеяния в атмосфере выбросов (зола и сернистых газов) из дымовых труб электростанций, 1963.

В сухих механических пылеуловителях частицы пыли отделяются от газового потока под действием силы тяжести (в пылеосадительных камерах), силы инерции (в инерционных пылеуловителях), центробежной силы (в циклонах) (рис. 13.2).

В мокрых пылеуловителях пыль удаляется из газового потока при соприкосновении газов с жидкостью (чаще всего с водой), которая захватывает частицы пыли и в виде шлама

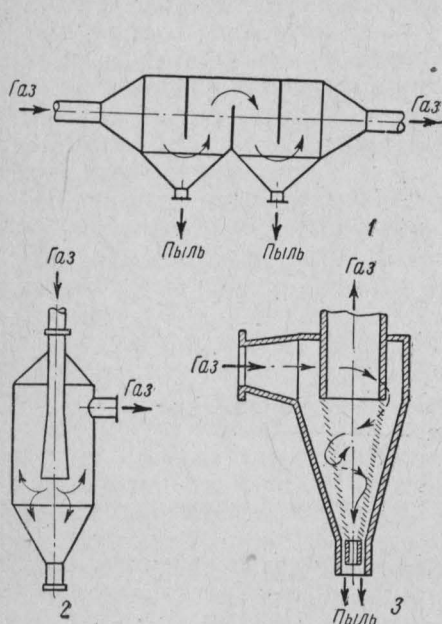


Рис. 13.2. Механические пылеуловители:
1 — пылеотстойная камера с перегородками;
2 — инерционный пылеуловитель; 3 — циклон

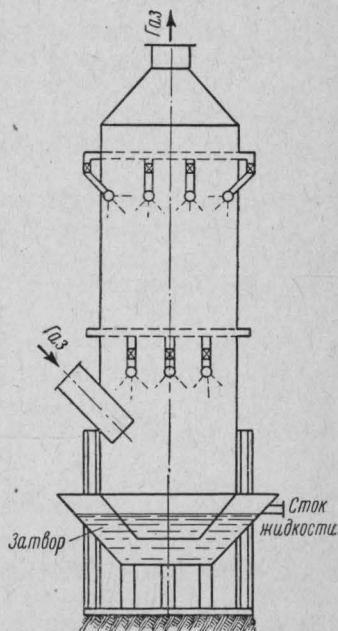


Рис. 13.3. Мокрый пылеуловитель (скруббер)

уносит их из аппарата. К мокрым пылеуловителям относят и аппараты, в которых отделение пыли происходит под действием механической силы (например, силы инерции), а смачивающая отражательные поверхности жидкость удаляет выделившиеся частицы (рис. 13.3).

В пенном пылеуловителе (рис. 13.4) запыленный газ пропускается через небольшие отверстия в решетках, на поверхности которых находится слой воды. Барботируя через воду, газ вспенивает ее, благодаря чему создается большая поверхность соприкосновения жидкости с запыленным газом. В аппарате может быть две или более решеток; тогда на второй и последующих решетках, идентичных с первой, но с отвер-

ствиями меньшего диаметра и меньшими фарфоровыми кольцами, происходит повторная очистка и повторное улавливание более мелких фракций.

Действие турбулентных газопромывателей (скрубберов Вентури) основано на использовании динамического потока газов для раздробления вводимой в газовый поток жидкости.

Мельчайшие капельки жидкости, сталкиваясь со взвешенными в газе частицами пыли (или каплями), укрупняют их, и укрупненные ча-

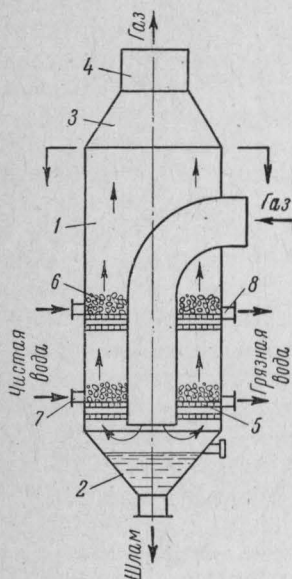


Рис. 13.4. Пенный пылеуловитель ТБИОТ:

1 — кожух; 2 — бункер-резервуар; 3 — конфузор; 4 — выхлопная труба; 5 — решетка; 6 — фарфоровые кольца; 7, 8 — штуцеры для подачи и слива воды

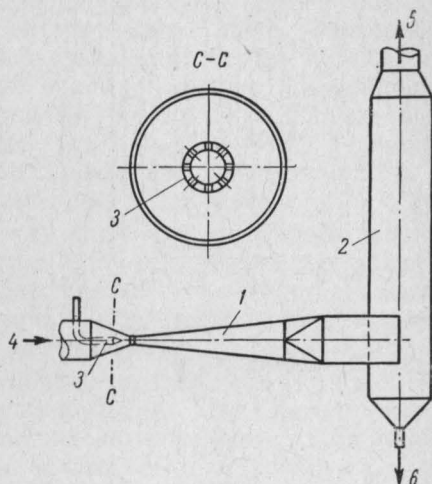


Рис. 13.5. Турбулентный газопромыватель (труба Вентури):

1 — труба-распылитель; 2 — циклон-каплеуловитель; 3 — наконечник центральной подачи воды; 4 — вход грязного газа; 5 — выход очищенного газа; 6 — отработанная вода (шлам)

стицы под действием центробежной силы осаждаются в каплеуловителе.

Турбулентный промыватель — простой и высокоэффективный аппарат для тонкой очистки газов мокрым способом (рис. 13.5).

В фильтрующих пылеуловителях запыленные газы проходят через пористый слой или перегородку из ткани, зернистых материалов и др.; пыль задерживается в порах либо оседает на слое пыли, накапливающемуся на поверхности фильтрующего материала. Для повышения к. п. д. аппарата фильтрующий

слой иногда смазывают вязкими или клейкими веществами (например, маслами) (рис. 13.6).

Для фильтрования влажных и нагретых газов разработаны новые ткани из синтетического волокна (нитрон, лавсан).

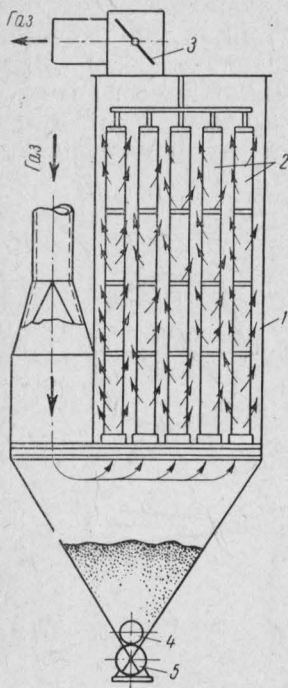


Рис. 13.6. Фильтрующий пылеуловитель (рукавный фильтр):

1 — корпус; 2 — рукава; 3 — дроссель; 4 — шнек; 5 — затвор

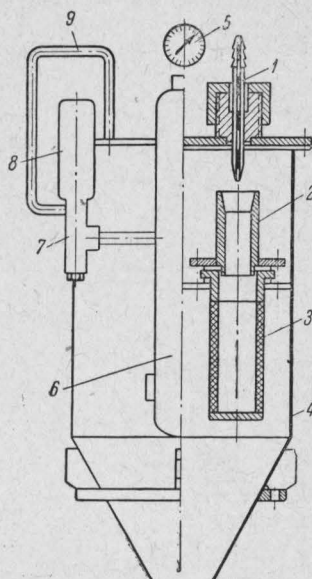


Рис. 13.7. Металлокерамический фильтр:

1 — трубка для подвода сжатого воздуха; 2 — эжекторное сопло; 3 — фильтрующий элемент из пористого материала; 4 — корпус фильтра; 5 — манометр; 6 — буферная емкость для сжатого воздуха; 7 — быстродействующий электропневматический клапан; 8 — соленоид для электропневматического клапана; 9 — линия импульсной обдувки

Для очистки газов с температурой до 400°С можно применять фильтры с пористыми керамическими элементами, которые периодически отключают и регенерируют путем обратной продувки очищенным газом. Разработаны пористые металлокерамические фильтры с импульсной обдувкой сжатым газом (или воздухом) без отключения газовой нагрузки на регенерируемый фильтрующий слой (рис 13.7).

При электрической очистке газов от взвешенных частиц используется явление ионизации газовых молекул электрическим разрядом, при котором происходит зарядка частиц, содер-

жащихся в газе, а затем осаждение их под действием электрического поля. Установка электрофильтров состоит из двух частей: из собственно электрофильтра или осадительной камеры, через которую пропускается очищаемый газ, и из высоковольтной аппаратуры для питания электрофильтра выпрямленным током высокого напряжения. В осадительной части смонтированы электроды двух типов: осадительные, соединенные с положительным контактом механического выпрямителя и заземленные, и коронирующие, соединенные с отрицательным контактом механического выпрямителя и изолированные от земли.

При подаче высокого напряжения на электроды в пространстве между ними возникает электрическое поле, напряженность которого может регулироваться изменением подаваемого напряжения. При определенной величине напряжения в пространстве между электродами возникает коронный разряд, в результате чего создается направленное движение к электродам электрически заряженных частиц-ионов, т. е. в пространстве между электродами проходит ток.

При прохождении газа между электродами происходит зарядка частиц движущимися ионами. Под действием электрического поля заряженные взвешенные частицы двигаются к электродам и оседают на них, а очищенный газ, пройдя электрическое поле, уходит из электрофильтра.

Взвешенные частицы (в основной массе) осаждаются на осадительных электродах электрофильтра; при встряхивании или обстукивании электродов осажденные частицы удаляются в нижнюю часть электрофильтра, а затем выдаются наружу.

Электрофильтры могут иметь несколько последовательно расположенных по ходу газа ячеек, или электрических полей, по числу которых электрофильтры называют двухпольными, трехпольными и т. д. (рис. 13.8).

Работа газоочистных (пылеулавливающих) аппаратов характеризуется следующими технико-экономическими показателями:

- 1) степень очистки газов, или к. п. д. аппарата, в относительных единицах или процентах;
- 2) гидравлическое сопротивление аппарата, н/м^2 ;
- 3) расход электроэнергии, $\text{квт} \cdot \text{ч}$ на $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ очищаемых газов (а также расход пара, воды и др.);
- 4) стоимость аппарата (на очистку $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- 5) стоимость очистки (на $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Различают общую степень очистки газов — общий к. п. д. всей массы частиц, а также фракционную степень очистки — к. п. д. для каждой фракции.

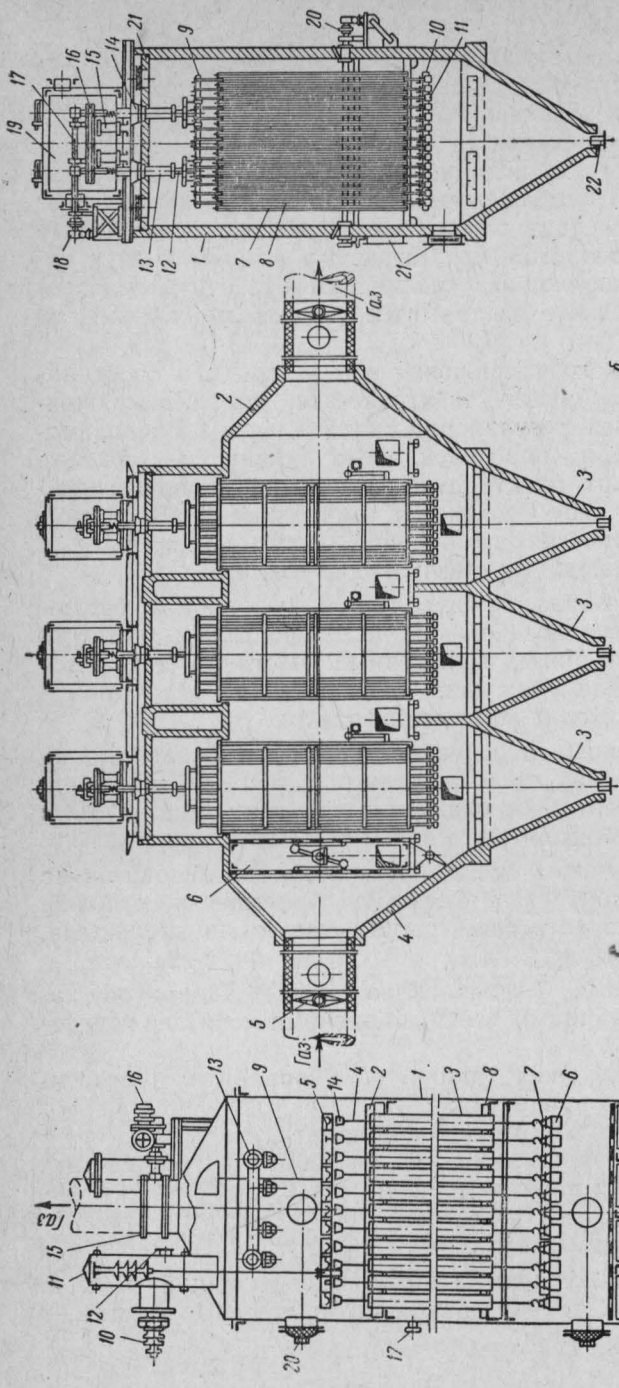


Рис. 13.8. Электрические фильтры Гипрогазоочистки:

- а — мокрый вертикальный трубчатый электрофильтр; 1 — корпус; 2 — верхняя трубная решетка; 3 — осадительные электроды; 4 — нижняя трубная решетка; 5 — рама подвеса коронирующих электродов; 6 — корпус электродов; 7 — нижняя направляющая рама; 8 — нижняя трубная решетка; 9 — тяги подвеса коронирующих систем; 10 — нагревательный элемент; 11 — коллектор с брызгалками для периодической промывки электродов; 12 — воронки сливные; 13 — осадительный клапан; 14 — предохранительный клапан; 15 — патрубок для выпуска шлама; 16 — опорный фланец; 17 — корпус электрофильтра; 18 — конфузор; 19 — газораспределительная решетка; 20 — встраиваемый электрод; 21 — верхняя рама коронирующих электродов; 22 — корпус электродов; 23 — подвес верхней коронирующей рамы; 24 — опорные изоляторы; 25 — траверса; 26 — механизм встраивания осадительных электродов; 27 — электропривод механизма для встраивания коронирующих электродов; 28 — фланец бункера; 29 — люк

При одной ступени очистки эффективность

$$\eta = \frac{G_{ул}}{G_{вх}} \cdot 100\% = \frac{G_{ул}}{G_{ул} + G_{ун}} \cdot 100\% = \frac{G_{вх} - G_{ун}}{G_{вх}} \cdot 100\%, \quad (13.5)$$

где $G_{ул}$ — вес пыли, уловленной в течение 1 ч, кг;

$G_{вх}$ — вес пыли в очищаемых газах в течение 1 ч, кг;

$G_{ун}$ — вес пыли, унесенной за 1 ч уходящими из аппарата газами, кг.

При двух ступенях очистки общая эффективность

$$\eta_{общ} = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2, \quad (13.6)$$

где η_1 — эффективность первой ступени (доли единицы);

η_2 — эффективность второй ступени (доли единицы).

Ниже приводится степень очистки в различных пылеуловителях, %:

	Степень очистки
Рукавные	86—98
Инерционные	60—94
Циклоны	70—95
Электростатические	85—98

Пылеулавливающие аппараты, как правило, лучше улавливают крупные частицы пыли, чем мелкие. Для повышения эффективности пылеуловителя и лучшей очистки газов целесообразно предварительно укрупнить (скоагулировать) содержащиеся в газах мелкие частицы пыли.

Эта задача облегчается, если при проведении технологических процессов образующиеся частицы пыли имеют достаточно крупные размеры, что позволяет улавливать их в более простых и дешевых аппаратах.

Для увеличения размеров пылинок при газоочистке используют трубы Вентури, акустические коагуляторы и др.

При воздействии на аэрозоли ультразвуковых колебаний мельчайшие частицы аэрозоля приходят в колебательное движение, сталкиваются друг с другом, слипаются и укрупняются.

Установка для акустической коагуляции аэрозолей состоит из генератора звуковых или ультразвуковых колебаний и камеры коагуляции (рис. 13.9).

Очистка отходящих газов от окиси углерода достигается ее дожиганием.

Для очистки агломерационных газов применяют различные химические методы. Получает распространение циклический магнетитовый метод. Очищаемый газ через дымосос подается в скруббер с деревянной хордовой насадкой; скруббер ороша-

ется магниальной суспензией. Сернистый газ связывается магнием, а образующиеся кристаллы выводятся и использу-

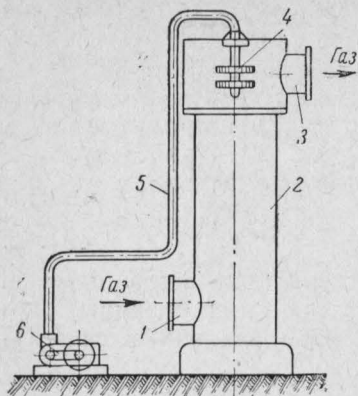


Рис. 13.9. Установка для акустической коагуляции частиц:

1 — патрубок для ввода запыленных газов; 2 — камера коагуляции; 3 — патрубок для выхода газов; 4 — генератор акустических колебаний; 5 — труба для подачи воздуха высокого давления; 6 — компрессор

ются для получения сернистого ангидрида и вторичного магнезита.

В нециклическом известняковом методе в качестве поглотителя используют суспензию необогащенного известняка.

13.4. СХЕМЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

В последнее время разработан ряд технических решений для очистки от пыли отходящих газов различных сталеплавильных агрегатов.

При выборе схемы очистки нужно учитывать, что эта пыль возгонного характера и по своему составу тонкодисперсна. В некоторых случаях отходящие газы взрывоопасны, так как содержат значительное количество окиси углерода.

Для мартеновских печей институтом «Гипрогазоочистка» принят сухой трехпольный горизонтальный электрофильтр, в котором при низком гидравлическом сопротивлении (200—250 н/м²) улавливается до 98—99% пыли.

Для конвертеров схема очистки отходящих газов может различаться в зависимости от того, используется ли теплота отходящих газов в котлах-утилизаторах или нет. В обоих случаях температура поступающих на очистку газов должна быть не более 250° С. При отсутствии котлов-утилизаторов для снижения температуры газов устанавливают испарительные скрубберы.

Взрывоопасность газов (около 80% CO) требует их дожигания.

Для очистки газов может быть также применен трехпольный электрофильтр.

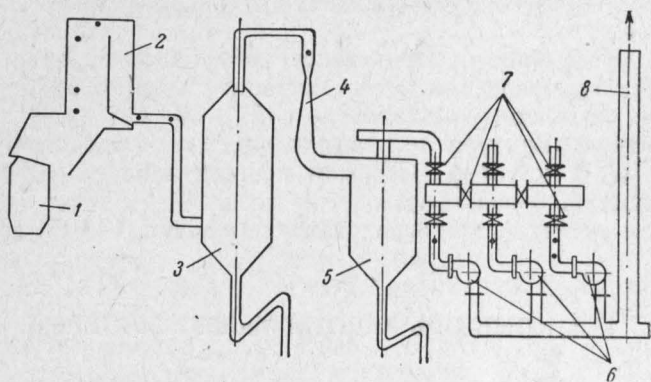


Рис. 13.10. Схема установки по проекту Гипромеза для конвертеров с продувкой кислородом сверху:

1 — конвертер; 2 — камин; 3 — скруббер; 4 — труба Вентури; 5 — циклон; 6 — дымососы; 7 — дроссели; 8 — дымовая труба

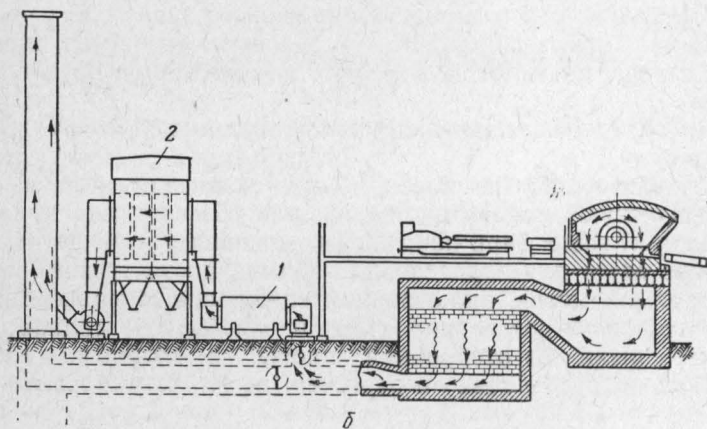


Рис. 13.11. Схема газоочистки мартеновской печи:

1 — котел; 2 — электрофильтр

Эффективен для очистки от тонкодисперсной пыли мокрый электрофильтр типа КВ, который состоит из трубчатого мокрого электрофильтра, скрубберной части для снижения температуры газа от 250 до 70° С и укороченных труб Вентури (с малым гидравлическим сопротивлением). К. п. д. аппарата равен

99,5%, но стоимость его высока и, кроме того, возможны проскоки окиси углерода, что создает опасность взрыва.

Возможность взрыва при случайных проскоках окиси углерода исключена при установке батареи труб Вентури малого диаметра. При этой установке необходимо сложное шламовое хозяйство.

Для электрических печей институт «Гипрогазоочистка» рекомендует следующую схему: испарительный скруббер (для снижения температуры газа до 130—150°С и увлажнения их) → труба Вентури с гидравлическим перепадом около 10 000 н/м² → скруббер ВТИ или пенный аппарат. Эффективность схемы 99,0—99,5%.

Схемы очистки газов представлены на рис. 13.10 и 13.11.

13.5. КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Эффективность работы пылеуловителей может быть охарактеризована двумя показателями:

1) степенью улавливания пыли (к. п. д.) в данном аппарате;

2) величиной запыленности очищенного газа, г/м³.

Вторая характеристика имеет значение, например, при подсчете потерь металлов или других материалов с неуловленной пылью.

Для определения запыленности газов используют различные приборы.

Под запыленностью газов обычно понимают весовую (гравиметрическую) концентрацию пыли в граммах или килограммах на 1 м³ газов (при нормальных условиях).

Чаще всего для определения запыленности газов используют прямой метод, включающий следующие операции: а) отбор из газового потока характерной пробы; б) полное улавливание пыли из отобранной пробы; в) измерение объема отобранной пробы газа и пересчет ее на нормальные условия.

Газ отбирают на прямом участке газопровода, где газовый поток находится в установившемся состоянии, пыль по возможности равномерно распределена по сечению газохода и нет подсоса воздуха.

В большинстве случаев пробу газа отбирают с помощью заборных трубок, вводимых внутрь газопровода, причем входное отверстие трубки должно быть направлено навстречу газовому потоку и перпендикулярно направлению его движения. Важным условием правильности отбора газа является соблю-

дение равенства скорости газа в потоке в месте отбора пробы и скорости отбора.

Для улавливания пыли в отобранной пробе используют осаждение пыли при внешней или при внутренней фильтрации. С этой целью применяют фильтры (бумажные, тканевые и др.), циклоны, электрофильтры и др.

При внешней фильтрации осаждение пыли из отобранной пробы газа производится после вывода ее через заборную трубку из газохода — пылеулавливающее устройство находится вне газохода. Этот метод применяют, когда в газах имеются агрессивные компоненты.

При внутренней фильтрации пылеулавливающее устройство или заключено в заборную трубку, или непосредственно присоединено к ней, или оборудовано наконечником для отбора газа — пылеулавливающее устройство находится внутри газохода.

Объем отобранной пробы газа измеряют при помощи реометров, ротаметров или газовых счетчиков.

Запыленность газов можно определить и косвенными методами. К ним относится, в частности, использование оптических приборов, основанных на измерении поглощения световых или тепловых лучей потоком запыленного газа, и другие способы.

13.6. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Обезвреживание промышленных сточных вод является обязательным для всех предприятий.

Сточные воды металлургических заводов благодаря своему большому количеству и качественному составу оказывают влияние на водоемы, вызывая увеличение окисляемости и ухудшение кислородного режима рек; увеличение содержания взвешенных веществ; уменьшение прозрачности воды и появление окраски и т. д.

Сточные воды металлургических заводов характеризуются большим содержанием взвешенных примесей и переменным количеством растворенных соединений. Наибольшее количество загрязнений имеют сточные воды газоочисток доменного газа: механические примеси (частишки руды, кокса, флюса) и химические соединения (сульфаты, хлориды, роданиды, цианиды). Сточные воды от грануляции шлака имеют сравнительно небольшое количество взвешенных веществ ($6 \cdot 10^5$ — $7 \cdot 10^5$ мг/м³). В сточных водах от разливочных машин содержится известь и известняковый шлам, частички чугуна, кокса, графита; количество взвешенных веществ достигает 3 кг/м³.

В сточных водах прокатных цехов содержатся окалина (до 2 кг/м^3), а также масла (до 40 г/м^3). Наиболее вредны сточные воды от травления металлов, содержащие серную кислоту ($30\text{—}70 \text{ кг/м}^3$), сернокислую закись железа ($150\text{—}300 \text{ кг/м}^3$) и взвешенные вещества (до 250 г/м^3).

Различают условно чистые воды, подвергшиеся при их использовании только нагреву, и загрязненные сточные воды, которые при их использовании были загрязнены различными примесями: механическими (взвешенными и плавающими), химическими (растворенными органическими и неорганическими), микроорганизмами и др.

К условно чистым водам относятся отработанные воды тепловых электрических станций, паровоздуховных станций, доменных, мартеновских, электросталеплавильных и нагревательных печей и др.

Воды фабрик мокрого обогащения руды и угля, прокатных цехов, разливочных машин содержат только взвешенные твердые примеси: образующуюся при обжиге окалину, отходы прокатки закалки стали, различную пыль и др.

Сточные воды с жидкими загрязнениями содержат жиры, масла, смазки, удерживающиеся на воде в виде плавающей пленки, которая сравнительно легко удаляется.

Воды от установок флотации руд и угля, очистки колошниковых и коксовых газов, травления металлов содержат и взвешенные, и растворенные примеси; очистка этих вод оказывается более сложной.

На металлургических заводах применяют повторное многократное использование сточных вод в замкнутых циклах водоснабжения без сброса их в водоемы.

Отработанные условно чистые сточные воды используют в качестве охлаждающих сред — в градирнях и брызгальных бассейнах.

Сточные воды со взвешенными загрязняющими веществами освобождаются от примесей в отстойниках.

Загрязняющие сточные воды вещества во многих случаях представляют ценные отходы, поэтому они должны быть уловлены.

В зависимости от состава загрязнений для очистки сточных вод используют ряд методов:

- 1) физические методы — осаждение, всплывание, отстаивание, фильтрование (с коагулированием или без него);
- 2) физико-химические — кристаллизация, выпаривание, экстракция;
- 3) химические — нейтрализация;
- 4) биохимические — с использованием микробов.

13.7. КОНТРОЛЬ СТОЧНЫХ ВОД

К спускаемым в водоемы сточным водам предъявляются определенные требования в отношении их цвета, запаха, реакции pH, содержания взвешенных веществ, аммиака, фенолов, сероводорода и сульфидов, цианидов, роданидов, смолы и масел, уксусной кислоты, метилового спирта, сухого остатка, биохимического и химического потребления кислорода.

Для эффективного обезвреживания сточных вод необходимо постоянно контролировать их состав с целью правильного расчета количества обезвреживающих веществ. Контроль состава сточных вод необходим и перед спуском их в водоемы.

Для контроля состава сточных вод применяют химические методы, главным образом колориметрические.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Всесоюзное совещание по технике безопасности, защите от пыли и газов и охране воздушного бассейна металлургических предприятий. Труды НТОЧМ, т. XXXIV, под ред. Б. М. Злобинского, 1963.

Ужов В. Н. Борьба с пылью в промышленности. Госхимиздат, 1962.

Шабалин А. Ф. Очистка сточных вод предприятий черной металлургии. Металлургиздат, 1960.

14. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Огонь — едва ли не первое техническое достижение еще первобытного человека. Открытие огня и способов его использования явилось великой силой культурного подъема и технического прогресса человечества.

Несмотря на развитие использования других источников энергии, горение и в настоящее время наиболее широко применяемая химическая реакция. Особенно широко горение используется в металлургии.

Однако огонь не только величайшая созидательная, но и разрушительная сила, могущая причинить большие бедствия.

Пожары на производстве представляют большую опасность для работающих и могут причинять значительный материальный ущерб.

В области пожарной безопасности в нашей стране ведется большая исследовательская, практическая и организационная работа.

14.1. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для возникновения горения необходимы горючее вещество, кислород (воздух) и соответствующий импульс энергии. При отсутствии хотя бы одного из этих трех условий горение не возникнет.

В производственных условиях может возникать опасность пожара. Под понятием «пожарная опасность» подразумевают совокупность условий, способствующих возникновению и развитию пожара и определяющих его возможные масштабы и последствия.

Для оценки пожарной опасности того или иного технологического процесса необходимо знать, какие огнеопасные вещества или смеси используются, получаются или могут образоваться в процессе производства внутри производственных

аппаратов и при каких условиях, и по каким причинам они могут оказаться вне их. При этом необходимо определить участки производства, на которых могут возникнуть аварийные положения, а также характеристики пожарной опасности и количество образующихся в производстве веществ.

Пожарная опасность легковоспламеняющихся и горючих жидкостей характеризуется концентрационными пределами взрываемости смесей их паров с воздухом, температурами вспышки и самовоспламенения, скоростью распространения горения.

Пожарная опасность газо-воздушных смесей характеризуется концентрационными пределами взрываемости, температурой самовоспламенения и скоростью распространения горения.

Пожарная опасность технологических процессов, связанных с получением или применением горючих газов, определяется возможностью образования взрывоопасных газо-воздушных смесей в производственных агрегатах и помещениях вследствие утечки горючих газов через неплотности в производственных агрегатах или через затворы, подсоса воздуха в агрегаты, находящиеся под разрежением, из-за охлаждения газа или конденсации водяных паров, заполнения газовых магистралей и аппаратуры горючими газами без предварительной продувки водяными парами или инертным газом.

При использовании горючих газов под давлением опасность представляет аварийная утечка газов. При адиабатическом истечении газов под высоким давлением температура истекающего газа повышается, что увеличивает опасность.

Пожарная опасность газов и горючих жидкостей повышается при увеличении температуры среды, и это изменение необходимо учитывать в связи с тепловым режимом проводимых технологических процессов. Технологические операции, связанные с нагревом горючих жидкостей выше температуры их вспышки, взрывоопасны.

Причиной воспламенения может явиться теплота проводимых (или аварийно возникших) химических реакций, что также следует учитывать при анализе пожарной опасности производства.

В отношении пожарной опасности все производства делятся на 5 классов (табл. 14.1).

При определении категории производства важное значение имеет учет количества и температурного режима обработки жидкостей и газов.

Правильное определение категории производства имеет существенное значение для надлежащего решения вопросов пожарной безопасности и для экономики производства.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ (из СНиП II-M, 2-62)

Категория производ- ства	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Примеры производств
А	<p>Производства, связанные с применением: веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров 28° С и ниже; горючих газов, нижний предел взрываемости которых 10% и менее к объему воздуха, при применении этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси</p>	<p>Цехи обработки и применения металлического натрия и калия; водородные станции; бензино-экстракционные цехи; цехи гидрирования, дистилляции и газификации; производства искусственного жидкого топлива, рекуперации и ректификации органических растворителей с температурой вспышки паров 28° С и ниже; склады баллонов для горючих газов; склады бензина; помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров 28° С и ниже и т. п.</p>
Б	<p>Производства, связанные с применением жидкостей с температурой вспышки паров выше 28 до 120° С; горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха, при применении этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси; производства, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие волокна или пыль в таком количестве, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси</p>	<p>Цехи приготовления и транспортировки угольной пыли и древесной муки; промывочно-пропирочные станции пилы и другой тары от мазута и других жидкостей с температурой вспышки паров выше 28 до 120° С; выбоины и размошные отделения мельниц; цехи обработки синтетического каучука; цехи изготовления сахарной пудры; дробильные установки для фрезерного торфа; мазутное хозяйство электростанций; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров выше 28 до 120° С и т. п.</p>
В	<p>Производства, связанные с обработкой или применением твердых горючих веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С</p>	<p>Деревообрабатывающие цехи; смолоперегонные цехи и пековарки; склады горючих и смазочных материалов; открытые склады масла и масляное хозяйство электростанций; трансформаторные мастерские;</p>

Категория производ- ства	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Примеры производств
Г	Производства, связанные с обработкой негорюемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, и сопровождающиеся выделением лучистого тепла, систематическим выделением искр и пламени, а также производства, связанные с сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива	распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержащей более 60 кг масла в единице оборудования: транспортные галереи и эстакады для угля и торфа; закрытые склады угля; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С; помещения для хранения автомобилей и т. д.
Д	Производства, связанные с обработкой негорюемых веществ и материалов в холодном состоянии	<p>Литейные и плавильные цехи металлов; печные отделения газогенераторных станций; кузницы; депо мотовозные и паровозные; цехи горячей прокатки металлов; моторноиспытательные станции; помещения двигателей внутреннего сгорания; цехи термической обработки металла; главные корпуса электростанций; распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержащей масла 60 кг и менее в единице оборудования; котельные и т. п.</p> <p>Механические цехи холодной обработки металлов (кроме магниевых сплавов); шихтовые (скрапные) дворы; воздухоулавливающие и компрессорные станции воздуха и других негорючих газов; инструментальные цехи; цехи холодной штамповки и холодной проката металлов; добыча и холодная обработка минералов и негорючих материалов; золотлакоотстойники; насосные и водоприемные устройства электростанций; углекислотные и хлораторные установки; градирни; насосные станции для перекачки негорючих жидкостей и т. п.</p>

Для снижения пожарной опасности производства необходимо:

- ограничение количества обращающихся в процессе и хранящихся материалов, способных гореть;
- создание препятствий для распространения пожара;
- предупреждение возможности разрушения производственных устройств;
- своевременное обнаружение и тушение возникших пожаров;
- обеспечение условий для эвакуации людей и оборудования при пожаре.

14.2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Руководство пожарной охраной и Государственный пожарный надзор в соответствии с постановлением ЦИК и СНК СССР (от 7 апреля 1936 г. № 52/654) осуществляют министерства охраны общественного порядка союзных республик через находящиеся в их составе Управления пожарной охраны и их местные органы.

Управления пожарной охраны и их органы в порядке пожарного надзора разрабатывают и издают обязательные для всех ведомств, учреждений, предприятий, организаций и отдельных лиц правила, инструкции и технические нормы по противопожарной охране; осуществляют контроль за выполнением утвержденных положений, а также соблюдением противопожарных мероприятий при проектировании и эксплуатации предприятий; устанавливают порядок совместной работы пожарных организаций, использования их технического вооружения для предупреждения и ликвидации пожаров и стихийных бедствий; осуществляют контроль и проверку готовности пожарных организаций и исправность средств тушения пожаров во всех ведомствах, учреждениях и организациях.

Представители органов Государственного пожарного надзора имеют право производить осмотры любых объектов, требовать от организаций необходимые для выяснения состояния пожарной безопасности сведения, материалы и документы, привлекать к административной или судебной ответственности виновных лиц, приостанавливать частично или полностью работу данного предприятия при наличии опасности возникновения пожара.

Во всех городах, рабочих поселках, крупных промышленных предприятиях действуют профессиональные пожарные команды — строевые части пожарной охраны, которые произво-

дят тушение пожаров и ведут контроль за выполнением профилактических мероприятий на охраняемой территории. Пожарные команды располагают специальными автомобилями с необходимым оборудованием для тушения пожаров и спасения людей.

В соответствии с постановлением СНК СССР от 15 апреля 1927 г. «О мерах охраны государственных и имеющих государственное значение предприятий, складов и сооружений» ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальников цехов (складов, мастерских и т. д.).

Ответственные за пожарную безопасность на отдельных участках лица назначаются приказом руководителя предприятия (организации).

Для каждого предприятия, цеха (мастерской, склада и т. д.) на основе Типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий (утв. ГУПО МВД СССР 25 августа 1954 г.) разрабатываются общеобъектовая и цеховые противопожарные инструкции.

Для проведения профилактической работы и тушения пожаров на промышленных предприятиях и других объектах организуются добровольные пожарные дружины и общеобъектовые постоянно действующие пожарно-технические комиссии.

Добровольные пожарные дружины работают в соответствии с Положением о них (утв. МВД СССР 19 марта 1954 г.).

Все вновь поступающие на объект рабочие и служащие проходят инструктаж о мерах пожарной безопасности: первичный — в пожарной охране и повторный — на рабочем месте.

Каждый случай пожара (или загорания) расследуется назначаемой руководителем предприятия комиссией с участием пожарного надзора. Материалы расследования должны быть использованы для предупреждения пожаров.

14.3. УСТРОЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ

14.3.1. КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Для уменьшения опасности пожара важное значение имеет устройство предприятий и цехов.

Соответствующие требования регламентируют Строительные нормы и правила (ч. 2, разд. А, гл. 5 Противопожарные требования. Основные положения проектирования — СНиП II-А. 5-62).

В отношении возгораемости строительные материалы и конструкции делятся на три группы: негоряемые, трудногоряемые, сгораемые (табл. 14.2).

Таблица 14.2

ГРУППЫ ВОЗГОРАЕМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ (из СНиП II-A, 5-62)

Группы возгораемости	Характеристика по возгораемости		Материалы
	материалов	конструкций	
Несгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются	Из негорючих материалов	Все естественные и искусственные органические материалы, а также применяемые в строительстве металлы
Трудно-сгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня, а после удаления источника огня горение или тление прекращается	Из трудногорючих материалов, а также из сгораемых материалов, защищенных от огня штукатуркой или облицовкой из негорючих материалов	Материалы, состоящие из негорючих и сгораемых составляющих (например, асфальтовый бетон; гипсовые и бетонные детали с органическими заполнителями; глино-соломенные материалы; цементный фибролит; древесина, подвергнутая глубокой пропитке антипиренами; войлок, вымоченный в глиняном растворе)
Сгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня	Из сгораемых материалов, не защищенных от огня или высоких температур	Все органические материалы, не подвергнутые глубокой пропитке антипиренами

Важной характеристикой строительных конструкций является предел огнестойкости, определяемый экспериментальным или расчетным путем.

Экспериментальное определение предела огнестойкости заключается в том, что конструктивные элементы в натуральную величину подвергают огневым испытаниям в специальных камерах при стандартном температурном режиме, моделирующем температурные условия пожара (рис. 14.1).

Предел огнестойкости строительной конструкции определяется периодом времени (в часах) от начала испытания до возникновения одного из следующих признаков:

образования в конструкции сквозных трещин;

повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140°C или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C по сравнению с температурой конструкции до испытания, или более 220°C независимо от температуры конструкции до испытания; потери конструкцией несущей способности (обрушения).

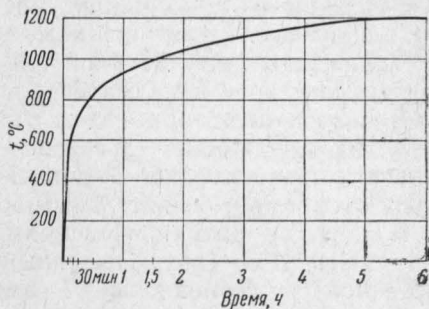


Рис. 14.1. График температурного режима огневых испытаний строительных конструкций

Все несгораемые материалы во время пожара оказываются в тяжелых условиях вследствие воздействия высоких температур, резких тепловых изменений, непосредственного воздействия пламени, охлаждения при тушении пожара.

Достижение предела огнестойкости стальных конструкций при пожаре связано обычно с их нагревом до критической температуры, при которой предел текучести стали снижается до величины возникающих рабочих напряжений. Огнестойкость незащищенных стальных каркасов и конструкций невелика; в связи с этим их необходимо защищать теплоизоляционными материалами путем оштукатуривания или облицовывания. Для противопожарной облицовки используют бетон, сборные бетонные и железобетонные плиты, глиняный кирпич, гипсовые плиты, штукатурку и т. п.

В зависимости от состава бетонов воздействие огня на них различно. При температурах от 400 до 500°C прочность бетонов быстро снижается в основном вследствие химических изменений в них. В ряде случаев при нагреве в бетонах возникают местные дефекты: отслаивание от арматуры, отколы кусков разной величины и т. д. В случае появления трещин горячие

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Эти вещества хорошо растворяются в воде, негигроскопичны, негорючи и нелетучи.

По действующим нормам требуемые пределы огнестойкости и группы возгораемости конструкций определяются степенью огнестойкости здания или сооружения (табл. 14.3).

Выбор степени огнестойкости здания зависит от класса и назначения здания, категории пожарной опасности размещаемого в нем производства, площади и этажности здания (табл. 14.4).

Таблица 14.4

НАИБОЛЬШАЯ ДОПУСКАЕМАЯ ЭТАЖНОСТЬ ЗДАНИЙ,
ТРЕБУЕМАЯ СТЕПЕНЬ ИХ ОГНЕСТОЙКОСТИ И НАИБОЛЬШАЯ
ДОПУСКАЕМАЯ ПЛОЩАДЬ ЭТАЖА МЕЖДУ ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ СТЕНАМИ
(из СНиП II-М. 2-62)

Категория производства по пожарной опасности	Наибольшее допускаемое число этажей	Требуемая степень огнестойкости	Наибольшая допускаемая площадь между брандмауерами в м ²	
			одноэтажных зданий	многоэтаж- ных зданий
А	1	I	Не ограничивается	
	1	II	4000	—
Б	6	I	Не ограничивается	
	3	II	5000	2500
В	Не ограничивается	I	Не ограничивается	
	6	II	7000	4000
	3	III	3000	2000
	1	IV	2000	—
	1	V	1200	—
Г	Не ограничивается	I и II	Не ограничивается	
	2	III	3000	2000
	1	IV	2500	—
	1	V	1500	—
Д	Не ограничивается	I и II	Не ограничивается	
	3	III	4500	3000
	2	IV	3000	2000
	2	V	2000	1250

14.3.2. ОГРАНИЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ

Размещение зданий на генеральном плане и внутреннюю планировку зданий производят с таким расчетом, чтобы ограничить распространение пожаров и обеспечить успешное тушение их.

Производственные процессы с различной пожарной опасностью размещают в разных зданиях, а в случае размещения в одном здании их разделяют глухими стенами или перекрытиями. Помещения, в которых имеются тепловые источники,

должны быть по возможности герметично отделены от помещений, в которых проводятся операции с выделением взрывоопасных паров и газов, и от помещений, в которых хранятся огнеопасные вещества.

Для ограничения распространения огня в случае возникновения пожара проводят ряд конструктивных мероприятий: не применяют сгораемые и трудносгораемые конструкции или создают их огнезащиту; устанавливают противопожарные преграды, легко сбрасываемые покрытия; увеличивают площади остекленных проемов (для локализации взрывной волны); устраивают в конструкциях здания проемы, открывание и закрывание которых регулируются в зависимости от условий развития пожара; применяют автоматические средства оповещения и тушения пожара.

Для ограничения распространения пожара устраивают брандмауеры, огнестойкие перекрытия и противопожарные завесы.

Брандмауером называется противопожарная стена, предел огнестойкости которой не менее 4 ч; эту стену делают глухой или с отверстиями (защищенными противопожарными дверями, воротами и т. п.). Брандмауер опирается непосредственно на фундамент и перерезает все трудносгораемые и сгораемые элементы здания.

Брандмауеры применяют для разделения: а) больших производственных зданий на секции; б) размещенных в одном корпусе производств с различной пожарной опасностью; в) складских и производственных помещений; г) складских зданий на отсеки для хранения различных по пожарной опасности материалов; д) производственных и административно-бытовых помещений, а также при малых противопожарных разрывах между зданиями.

Крышевые, или висячие, брандмауеры служат для разделения на отсеки крышевых конструкций.

Брандмауеры располагают перпендикулярно к оси здания или параллельной ей.

Число брандмауеров в здании определяют исходя из установленной нормами наибольшей допустимой площади между двумя брандмауерами (табл. 14.4).

Для защиты больших отверстий в брандмауерах устанавливают противопожарные двери, которые обладают соответствующей огнестойкостью, герметичны и оборудованы устройством для самозакрывания.

Мелкие отверстия в брандмауерах (например, проем для конвейера) защищают шиберами или другими подобными устройствами, закрывающими отверстия наглухо в случае возникновения пожара.

Распространение пожара на соседние здания происходит главным образом в результате излучения пламени, а также вследствие конвекционных потоков продуктов горения, переброса на значительные расстояния головней и искр.

Для предупреждения распространения пожара на соседние здания и сооружения предусматривают противопожарные разрывы, величину которых определяют из соображений ограничения воздействия лучистой теплоты.

Величина разрывов зависит от степени огнестойкости противостоящих зданий и от степени пожарной опасности производства. Полезно озеленение разрывов лиственными деревьями.

14.3.3. СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Разнообразные складские помещения и емкости с горючими жидкостями и газами, располагаемые в производственных зданиях, создают пожарную опасность. Поэтому по возможности склады следует размещать вне здания.

Количество горючих материалов, хранимых в производственных зданиях, должно быть ограничено (как правило, не более суточной потребности). Необходимо предусмотреть возможность быстрой эвакуации горючих веществ в случае пожара, а также соответствующие установки для тушения его.

Хранение ограниченного количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей допускается лишь в зданиях I и II степеней огнестойкости.

Минимально допустимое расстояние от складов до других зданий также нормировано.

14.3.4. ЭВАКУАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

В каждом здании обеспечивается возможность безопасной эвакуации людей при пожаре. Выходы считаются эвакуационными, если они ведут: а) из помещений первого этажа наружу (непосредственно или через коридор, вестибюль, лестничную клетку); б) из помещений остальных этажей на лестничную клетку, имеющую выход наружу или в вестибюль; в) из помещений в соседние помещения, имеющие указанные выше эвакуационные выходы.

Число и ширина проходов зависят от численности персонала и принимаются по СН и ПП-М.2-62.

Принимается следующая предельная ширина путей эвакуации, м:

Проходы	Наименьшая 1	Наибольшая Не ограничивается
Коридоры	1,4	То же
Двери	0,8	2,4
Марши и площадки лестниц	1,15	2,4

Эвакуационные выходы располагают рассредоточенно; в каждом помещении их должно быть не менее двух.

Расстояние от любого рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода нормируется.

Так, для производств категории Г допускаются следующие максимальные расстояния от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода, м:

Степень огнестойкости здания	Одноэтажные здания	Многоэтажные здания
I и II	Не ограничивается	
III	60	50
IV и V	50	—

14.3.5. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

При неправильном устройстве и эксплуатации вентиляционные устройства могут явиться причиной возникновения и распространения пожаров. В определенных условиях в вытяжных вентиляционных устройствах имеются горючие газы, пары, пыль. Источниками их воспламенения могут оказаться горячий воздух и дым; неисправное электрооборудование; механические искры, возникающие в вентиляторах; статическое электричество; искры или огонь, возникший в производственном помещении. Принимают меры к устранению перечисленных причин воспламенения.

Вентиляционные устройства выполняют из несгораемых или трудносгораемых материалов; в этих устройствах не должна накапливаться пыль; скорость движения воздуха предусматривается такая, чтобы взвешенные частицы не оседали.

14.4. МОЛНИЕЗАЩИТА

Во многих районах СССР в летнее время наблюдается интенсивная грозовая деятельность; при этом от разрядов молнии могут возникать пожары.

Молния — это электрический разряд в атмосфере между отдельными облаками или между облаками и землей.

По внешнему виду молнии различны; наиболее часто возникают линейные молнии — ярко светящиеся искровые разряды. Когда напряженность электрического поля в каком-либо месте облака достигает критического значения (порядка 30 кВ/см), в этой области возникает ионизация, распространяющаяся с большой скоростью по направлению к земле в узком канале, который становится проводящим. При этом воздух разогревается. Через этот проводящий канал разогретого воздуха заряд все в большем количестве стекает к земле, причем скорость движения за-

ряда превышает 750 км/сек, и за сотые доли секунды электронная лавина достигает поверхности земли.

Описанный процесс представляет первую стадию разряда молнии — лидерную. Лидер прокладывает путь второй, более мощной стадии разряда — главной.

Когда лидер достигает земной поверхности, проводящий канал связывает облако и землю; через этот канал протекают отрицательные электрические заряды от облака к земле и положительные заряды от земли к облаку. В результате происходит процесс нейтрализации зарядов в канале молнии, скорость распространения которого достигает нескольких десятков тысяч километров в секунду. Это и есть главный разряд, представляющий собой ток большой силы и громадной мгновенной мощности; воздух в канале разогревается до 20000°C . При этом канал быстро расширяется и возникает ударная волна.

По одному и тому же каналу нередко происходит несколько разрядов молнии подряд.

Воздействие разрядов молнии бывает двух видов: первичное воздействие представляет собой прямой удар молнии, поражающий почву, здания, деревья или установки; вторичное воздействие связано с явлениями электростатической и электромагнитной индукции; при разрядах молнии высокий потенциал может падать в здания по воздушным линиям и металлическим надземным или подземным коммуникациям.

По степени опасности поражения молнией здания и сооружения делятся на три категории: к первой категории относятся здания и сооружения классов В—I и В—II; ко второй категории — классов В—Ia и В—IIa; к третьей категории — классов П—I, П—II, П—IIa, а также дымовые трубы, водонапорные башни и др.

Для защиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии применяют молниеотводы разных систем. Молниеотвод состоит из несущей части (опоры), молниеприемника, токовода и заземлителя.

Защитное действие молниеотвода основано на том, что молния поражает наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения; более низкое (по высоте) здание не будет поражено молнией, если оно полностью входит в зону защиты молниеотвода.

Зоной защиты молниеотвода является часть пространства, примыкающая к молниеотводу, которая обеспечивает защиту сооружений от прямых ударов молнии с достаточной степенью надежности (99%).

Молниеотводы устраивают двух типов: стержневые и тросовые; при этом они бывают отдельно стоящие изолированные и не изолированные от защищаемого здания.

Наиболее часто применяют стержневые молниеотводы — в виде стержней, возвышающихся над защищаемым сооружением (рис. 14.2).

Тросовые молниеотводы применяют в основном для защиты длинных и узких сооружений, а также в случаях густой сети подземных коммуникаций (когда нельзя установить большое количество стержневых молниеотводов); они представляют собой горизонтальные провода (тросы), закрепленные на двух опорах, по каждой из которых прокладывается токоотвод (рис. 14.2).

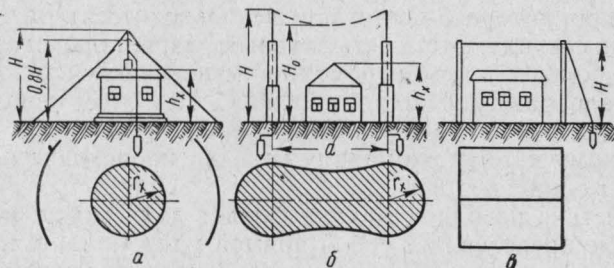


Рис. 14.2. Молниеотводы:

а — одиночный стержневой молниеотвод; б — двойной стержневой молниеотвод; в — тросовый молниеотвод

При устройстве молниеотводов следует использовать в качестве молниеприемников и токоотводов выступающие металлические конструктивные элементы зданий, устанавливать молниеотводы непосредственно на кровле, дымовых трубах, стенах здания и т. д. Необходимо также использовать зоны защиты, создаваемые близко расположенными и имеющими молниезащиту высотными сооружениями или высотными наружными технологическими установками.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h менее или равной 60 м представляет собой конус с образующей в виде ломаной линии и основанием в виде окружности $r = 1,5h$. Размеры зоны защиты для систем молниеотводов могут быть определены расчетным путем.

14.5. ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов важное значение имеют автоматические приборы, поддерживающие на заданном уровне параметры проводимого процесса, сигнализирующие об отклонениях от нормального хода производства, останавливающие работу агрегатов при возникно-

вании опасности (например, при чрезмерном повышении давления, уровня или температуры и т. п.).

Применение автоматической блокировки позволяет исключить неправильное включение аппаратов, которое могло бы привести к пожару, образованию взрывоопасных смесей и т. д.

Автоматическая защита от распространения пожара осуществляется различными способами:

- предотвращением образования горючей среды в производственных агрегатах, коммуникациях и помещениях;

- эвакуацией горючих веществ из производственных емкостей в аварийные;

- перекрытием производственных коммуникаций и вентиляционных систем;

- включением гасящих средств на пути распространения огня;

- закрыванием проемов (для предотвращения распространения огня в соседние помещения).

Характерными причинами возникновения пожаров на производстве являются неосторожное обращение с огнем; нарушения технологических процессов производства и неисправности производственного оборудования; неправильный монтаж и неисправности электрических проводок и оборудования, неправильное пользование электрическими приборами; искры из производственных установок; статическое электричество и др.

Для предотвращения возникновения пожаров необходимо исключить перечисленные нарушения.

В условиях горячих металлургических цехов, при постоянном наличии расплавленного и нагретого металла и шлака, больших масс горючих газов, а также в условиях применения в широких масштабах кислорода особенно недопустимы нарушения разработанного технологического режима и порядка проведения рабочих операций.

Для предотвращения образования опасных смесей в аппаратах и сосудах с горючими жидкостями следует ликвидировать свободный объем над жидкостью, в котором может накопиться взрывоопасная смесь (соответствующим выбором размеров аппарата, установкой плавающих крышек), или поддерживать соответствующие температуры (ниже нижнего предела или выше верхнего предела взрываемости), или заполнять свободный объем над жидкостью инертным газом.

Конструкции всех агрегатов с горючими газами должны исключать возможность подсоса воздуха внутрь их или выбивания газов.

Аппараты с огнеопасными пылями должны иметь конструкцию, предотвращающую скопление осевшей пыли (гладко обработанные внутренние поверхности аппаратов, плавные переходы и сопряжения поверхностей, уклон конусной части аппаратов не

менее 60°), а также устройства для отсоса пыли. Эффективным является заполнение свободного объема инертными газами.

В аппаратуру под вакуумом также нельзя допускать подсос воздуха.

Для предотвращения распространения пламени по производственным устройствам применяют различные предохранительные приспособления.

Огнепреградители — защитные устройства, свободно пропускающие паро- или газо-воздушную смесь, но не пропускающие пламя. Огнепреградители представляют собой металлические сетки, гофрированные пластины, насадки с инертными наполнителями из гравия, минеральной ваты и т. п. В огнепреградителе огнеопасная смесь разбивается на струйки малого диаметра (меньше критического для данной смеси), при котором горение распространяться не может, так как теплотери оказываются больше тепловыделения.

В качестве огнепреградителей применяют также автоматические задвижки и различные затворы.

14.6. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Огнетушение — прекращение горения в условиях пожара, осуществляемое путем исключения необходимых для пожара условий.

При возникновении пожара горение развивается быстро (например, скорость распространения пламени газов 1 м/сек и больше). Поэтому легче ликвидировать пожар в самом начале, не допуская его распространения.

Успех борьбы с начавшимся пожаром зависит от быстроты действий персонала. Необходимо немедленно привести в действие соответствующие подручные средства тушения, эвакуировать находящиеся вблизи от огня горючие и огнеопасные материалы, перекрыть коммуникации, по которым возможно распространение пожара, сообщить о пожаре объектовой (или городской) пожарной команде.

Важно принять меры для защиты людей, занятых тушением пожара, от вредного воздействия теплового излучения и газообразных продуктов горения.

В процессе горения при пожаре выделяются инертные газы (азот, углекислота и пары воды), горючие газы (окись углерода, углеводороды, метан) и другие вредные, агрессивные или ядовитые газы, дымы. Состав горючих газов зависит от вида сгорающих материалов, а также от интенсивности горения.

Продукты неполного сгорания, распространяясь по зданию, при высокой температуре и притоке свежего воздуха могут самовоспламениться.

Вредные агрессивные или ядовитые газы могут образоваться при сгорании огнезащитных покрытий (бромистый аммоний, хлор и др.), древесины (окись углерода) и других материалов.

Дым образуется из газов, содержащих во взвешенном состоянии различные твердые частицы. Для борьбы с дымом используют переносные установки, которые ускоряют удаление дыма, а также перемычки, устанавливаемые на путях его распространения, и др.

Реакция горения прекратится, если образование теплоты в результате горения окажется меньше ее потерь в окружающую среду. Тушение достигается охлаждением зоны горения, введением в нее негорючих газов, а также исключением доступа кислорода в зону горения путем изоляции горящих веществ и др.

14.6.1. ОГНЕГАСИТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Различные твердые, жидкие и газообразные вещества, применяемые для тушения пожаров, должны обладать высоким эффектом тушения — быстро прекращать горение при относительно малом расходе, не причинять вреда организму при использовании и хранении, не оказывать вредного воздействия на предметы и материалы при тушении пожаров, быть дешевыми.

Для охлаждения очагов горения применяют огнегасительные вещества с большой теплоемкостью, удельной теплотой парообразования или плавления, способные быстро распространяться по поверхности горящих веществ, впитываться и проникать в глубь их.

В качестве огнегасительных веществ применяют воду, инертные газы, химическую и воздушно-механическую пену, твердую углекислоту, песок, специальные флюсы, кошмы.

На практике чаще всего применяют воду. При попадании на горящее вещество вода охлаждает его благодаря более низкой своей температуре и образованию пара, который к тому же препятствует доступу воздуха в зону горения.

Для повышения впитываемости воды горящим веществом в нее добавляют пенообразователи.

Воду применяют в виде компактной струи, сбивающей пламя, в распыленном виде и в виде пара (например, для тушения пожаров газопроводов).

Однако воду не применяют для тушения пожаров электрических установок, находящихся под напряжением (так как вода электропроводна), жидкостей, не смешивающихся с водой (особенно с удельным весом меньше, чем у воды), ценного оборудования, библиотек и т. п.

Для тушения пожаров путем разбавления реагирующих веществ применяют негорючие и не поддерживающие горение вещества в газообразном или распыленном состоянии, которые обладают большой теплоемкостью и малой теплопроводностью, например углекислый газ, азот, водяной (острый или мягкий) пар, дымовые газы и др.

Огнегасительное действие углекислоты (и других инертных газов) заключается в снижении концентрации кислорода в зоне пожара до такой величины, при которой горение происходить не может, разбавлении горючей среды, отнятии тепла.

Так как углекислота нетокоспроводна, ее используют для тушения пожаров электрических установок, находящихся под напряжением.

Твердая (снегообразная) углекислота при испарении с поверхности горящих объектов охлаждает их и понижает содержание кислорода в очаге пожара.

Для изоляции зоны горения от воздуха (или от горючего материала) применяют покрывала (из войлока, асбеста), песок, различные флюсы (хлориды щелочных и щелочноземельных металлов), жидкие вещества (воду, химическую или воздушно-механическую пену) или негорючие газы и пары.

При тушении пожаров легковоспламеняющихся жидкостей, электрооборудовании, ценного лабораторного оборудования и других применяют химические пены, образующиеся при взаимодействии щелочной и кислотной частей заряда огнетушителя; кроме пены, при этом образуется углекислый газ, давление которого и вытесняет пену из огнетушителя.

Пена представляет собой смесь газа с жидкостью, где дисперсной фазой является газ, находящийся в тонких оболочках пленках жидкости. Чем меньше размеры пузырьков газа и поверхностное натяжение пленки жидкости, тем пена более устойчива.

Пена растекается по поверхности горячей жидкости, изолирует ее от пламени, препятствует доступу паров жидкости в зону горения.

В качестве пенообразователей применяют вещества в коллоидном состоянии, способные адсорбироваться в поверхностном слое раствора на границе жидкость — газ; это — экстракты лакричного корня, сапонин, керосиновый контакт и др.

Для тушения пожаров нефтепродуктов можно применять также воздушно-механическую пену, представляющую собой механическую смесь воздуха (90%), воды (около 10%) и пенообразователя (0,2—0,4%). Такая пена образуется в воздушно-пенных стволах в результате перемешивания водного раствора пенообразователя с подсасываемым воздухом.

Твердые огнегасительные вещества — это флюсы (хлориды щелочных и щелочноземельных металлов), углекислая и двууглекислая сода и др. Их действие заключается в изоляции очага пожара и выделении углекислого газа.

Для тушения пожаров газа могут быть использованы углекислый газ, сухие химикаты или в отдельных случаях распыленная вода. Но если при этом подача газа не перекрыта, он наполнит помещение горючей или даже взрывчатой смесью, которая при воспламенении причинит больше разрушений, чем первоначально загоревшийся газ.

Лучший метод предупреждения распространения пожара газа — прекращение его подачи. Если это не может быть сделано сразу, полезно поливать распыленной водой окружающую площадь и поверхности в целях их охлаждения и этим предотвратить поджигание выходящего газа до того, как подача газа будет перекрыта.

Пожары металлов трудно поддаются тушению. Это особенно относится к калию, натрию, литию, цирконию, урану, торию, титану и магнию. Поливание горящего металла водой может вызвать взрыв и разлетание горящих частичек металла на большие расстояния. Обычно для тушения горящего металла применяют сухие огнегасительные порошки.

Обычный песок, даже сухой, — плохой материал для тушения пожаров металла; он может реагировать с горящим металлом и усиливать горение.

Могут оказаться эффективными хлористый натрий (NaCl), двууглекислый натрий (NaHCO_3), графит, углекислый магний (MgCO_3), окись магния (MgO) или смеси этих материалов.

Необходимо заранее подобрать необходимые для тушения пожара смеси и иметь их наготове.

14.6.2. УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Противопожарное водоснабжение

Противопожарное водоснабжение — комплекс устройств для подачи воды к месту пожара.

Обычно противопожарный водопровод объединяется с хозяйственным, производственным водопроводом.

Противопожарный водопровод рассчитывают на подачу необходимого для тушения пожара количества воды (в соответствии с нормами) под соответствующим напором в течение не менее трех часов.

Различают водопроводы высокого и низкого давления. Напор должен быть таким, чтобы создавалась струя воды высотой не менее 10 м: в водопроводах низкого давления — от уровня зем-

ли, а в водопроводах высокого давления — от уровня самой высокой точки здания.

Для подачи воды на водопроводной сети устанавливают гидранты-краны, к которым присоединяют гибкие рукава с brand-спойтами для получения из водопроводной сети достаточно сильных струй воды.

Внутри зданий, на внутренней водопроводной сети у входов в зданиях, на площадках лестничных клеток, в коридорах и т. д. устанавливают пожарные краны, которые размещают в шкафчиках, где находится и рукав с пожарным стволом; рукав соединяется с краном быстросмыкающейся гайкой.

Для автоматического тушения пожаров используют спринклерное оборудование, которое состоит из сети монтируемых под перекрытием водопроводных труб с ввинченными в них спринклерными головками.

Спринклерная головка имеет замок из пластинок легкоплавкого металла и упругую диафрагму; выходное отверстие головки плотно закрыто, а при повышении температуры окружающей среды до той, на которую рассчитан припой замка (72, 93, 141 или 182°С), отверстие головки быстро открывается. При пожаре эта система автоматически разбрызгивает воду.

Дренчерное оборудование отличается от спринклерного тем, что дренчерные головки постоянно открыты (на них нет легкоплавких замков). Оно используется главным образом для создания водяных завес при пожаре.

Ручные огнетушители

Огнетушители — аппараты для тушения начинающихся пожаров различными огнегасительными веществами, находящиеся в постоянной готовности к действию. Обычно они представляют собой прочные металлические сосуды цилиндрической формы разного объема.

Жидкостные огнетушители дают струю водного раствора солей (хлористого магния, хлористого кальция, буры, поваренной соли, квасцов и т. п.).

Пенные огнетушители дают струю химической (жидкой или густой) или воздушно-механической пены.

Газовые огнетушители дают струю углекислого газа (обычно в смеси со снежной углекислотой, парами бромметила и др.).

Сухие огнетушители дают струю порошкообразной смеси минеральных солей (главным образом на основе бикарбоната натрия).

Струя огнегасительного вещества выбрасывается из огнетушителя: а) под собственным давлением (например, в углекислотных огнетушителях); б) под давлением углекислого газа, об-

разующегося при приведении огнетушителя в действие в результате химической реакции между водными растворами щелочной и кислотной частей заряда (например, в пенных химических огнетушителях); в) механически, с помощью сжатого газа из отдельного баллона или непосредственно из корпуса огнетушителя (например, в воздушно-пенных и порошковых огнетушителях).

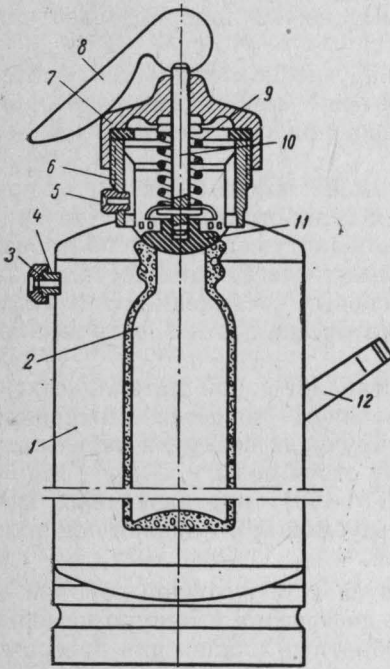


Рис. 14.3. Огнетушитель ОП-5:

1 — корпус; 2 — кислотный стакан; 3 — штуцер; 4 — гайка мембраны; 5 — спрыск; 6 — горловина; 7 — крышка горловины; 8 — рукоятка; 9 — пружина; 10 — шток; 11 — резиновый клапан; 12 — ручка

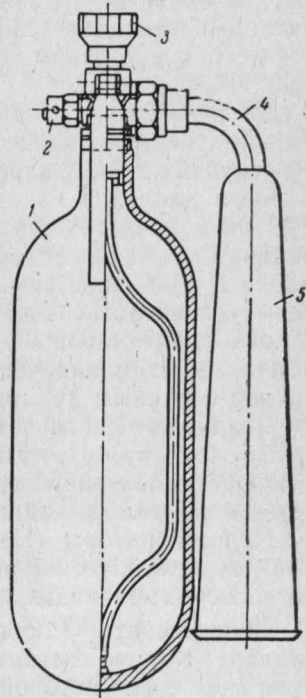


Рис. 14.4. Углекислотный огнетушитель ОУ-2:

1 — стальной баллон; 2 — предохранитель; 3 — запорный вентиль; 4 — сифонная трубка; 5 — диффузор

Ручной пенный огнетушитель ОП-5 предназначен для тушения очагов начинающегося пожара твердых горючих материалов, а также различных горючих жидкостей.

Огнетушитель представляет собой стальной сварной баллон с чугунной крышкой (рис. 14.3). Заряд огнетушителя состоит из кислотной (смесь сернокислого окисного железа с серной кислотой, помещенная в кислотный стакан) и щелочной (смесь двууглекислого натрия с солодовым экстрактом) частей.

Огнетушитель приводится в действие при ударе ударником о пол.

Ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8* используют для тушения небольших очагов загорания различных веществ (за исключением веществ, которые могут гореть без доступа воздуха). Эти огнетушители представляют собой стальные баллоны, в горловину которых на конусной резьбе ввернут латунный вентиль с сифонной трубкой; приводятся в действие вручную посредством вращения маховичка запорного вентиля (рис. 14.4).

Во избежание разрыва баллона углекислотные огнетушители оборудованы предохранительными мембранами, которые обеспечивают саморазрядку баллона при повышении в нем заданного давления.

При использовании легковоспламеняющихся жидкостей, при наличии уникального оборудования в лабораториях и т. д. применяют установки химического пожаротушения с использованием углекислоты или специальных огнегасящих составов на основе бромэтиловых и бромэтиленовых соединений. Эти установки имеют механический, пневматический или электрический привод с ручным дублированием.

Воздушно-пенный ствол представляет собой металлическую трубу (диффузор), куда под давлением подается смешанная с пенообразователем вода, инжектирующая воздух, в результате чего образуется выходящая наружу струя пены.

Пеногенераторы (ПГМ-50 и ПГМ-100) предназначены для получения химической пены, используемой при тушении пожаров легковоспламеняющихся жидкостей.

Пеногенератор состоит из корпуса и загрузочной воронки — бункера. Корпус состоит из сопла, диффузора и вакуум-камеры, в верхней части которой имеется обратный клапан для предотвращения доступа воды в бункер в случае внезапного перекрытия рукавной линии за пеногенератором. Внутри бункера укреплена сетка для просеивания пенопорошка.

Подаваемая в генератор под давлением струя воды, проходя через сопло и диффузор, создает в вакуум-камере разрежение, благодаря чему из бункера засасывается пенопорошок, который затем захватывается струей воды, смешивается с ней и увлекается в рукавную линию. В воде происходит взаимодействие кислотной и щелочной составляющих пенопорошка и образуется химическая пена, струя которой подается к месту тушения.

Следует периодически проверять исправность огнетушителей.

* О — огнетушитель, У — углекислый, цифры — емкость баллона огнетушителя, л.

14.6.3. ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Для быстрой локализации возникшего пожара важное значение имеет его своевременное обнаружение. При автоматическом, дистанционном управлении производственными процессами, а также в других случаях отсутствия персонала (например, на складах) для своевременного оповещения о возникновении загорания необходимы автоматические средства.

Основным элементом автоматической пожарной сигнализации являются извещатели — датчики, реагирующие на изменения в окружающей среде при возникновении загорания. Чувствительные элементы таких датчиков реагируют на изменение температуры, тепловое излучение или появление в воздухе продуктов горения.

Так, например, датчик ДПС-038, реагирующий на тепловое излучение, представляет собой термоэлектрическую батарею из 50 последовательно соединенных хромель-копелевых термопар.

Извещатель АИП-1, реагирующий на ультрафиолетовое излучение открытого огня, состоит из счетчика фотонов (СФК-1), преобразователя напряжения, электронного усилителя и электромагнитного реле.

В извещателях, реагирующих на дым, используются фотоэлектрические или ионизационные датчики.

Связь извещения предназначена для срочного вызова пожарной команды. Она должна быть быстродействующей и безотказной.

Распространенным видом связи является пожарная электрическая сигнализация, которая обеспечивает прямую связь пожарной охраны с охраняемым объектом, не требуя при этом передачи адреса пожара.

Установка электрической пожарной сигнализации состоит из следующих элементов:

- приемного аппарата, принимающего сигналы тревоги и повреждений с извещателей, фиксирующего эти сигналы и обеспечивающего телефонную связь через извещателя, а также посылку обратного сигнала к ним;

- извещателей — специальных приборов, устанавливаемых снаружи или внутри зданий; при помощи извещателей подается сигнал тревоги на приемный аппарат;

- линейных сооружений, создающих соединение извещателей с приемным аппаратом;

- электропитания;

- сети звонков внутренней тревоги пожарной охраны.

В зависимости от способа включения извещателей установки пожарной электрической сигнализации делятся на лучевые и кольцевые.

При лучевой системе каждый извещатель включен в самостоятельную пару проводов (луч), идущих к приемному аппарату (рис. 14.5).

При кольцевой системе все извещатели последовательно включены в один общий провод (кольцо), начало и конец которого включаются в приемный аппарат (рис. 14.6). В одно кольцо можно включать до 50 извещателей. Благодаря наличию заводного механизма с кодовым колесом при нажатии кнопки

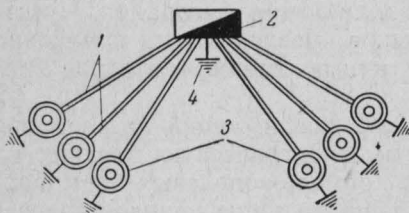


Рис. 14.5. Схема электрической лучевой сигнализации:

1 — лучи; 2 — приемный аппарат; 3 — извещатели; 4 — заземление

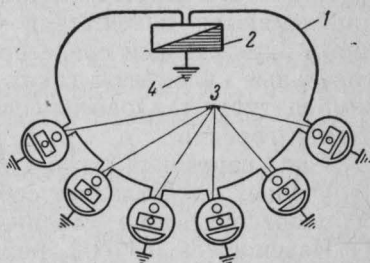


Рис. 14.6. Схема электрической шлейфной сигнализации:

1 — шлейф; 2 — приемный аппарат; 3 — извещатели; 4 — заземление

извещателя осуществляется посылка кода (номера извещателя) в приемный аппарат.

Установки лучевой системы применяют на небольшой территории охраняемых объектов, а кольцевой системы на большой территории.

Телефонную связь применяют для вызова команд городской пожарной охраны и иногда для вызова объектовой пожарной охраны.

14.7. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Температуры вспышки и воспламенения паров жидкостей, самовоспламенения газов и паров могут быть определены расчетным и экспериментальным путем.

Определение температур вспышки паров жидкостей (по ГОСТ 1421—53) производят путем постепенного подогрева испытуемой жидкости и воздействия на ее поверхность запальником через каждые 10°C нагрева, а после попадания искрой температуры в «вилку» уменьшают этот интервал до 1°C .

Для определения температуры самовоспламенения твердых и жидких горючих веществ может быть использована лабора-

торная электрическая печь, внутри которой помещен цилиндрический стальной блок; в блоке имеются четыре цилиндрические камеры диаметром 15 мм и глубиной 40 мм. Три камеры, предназначенные для одновременного определения температуры самовоспламенения, около дна сообщаются с центральным каналом, по которому подается кислород или воздух; четвертая камера предназначена для установки термометра. В нагретый блок подают кислород (воздух) и реостатом регулируют температуру нагрева. Испытуемое вещество вводят последовательно в три камеры и подбором температур определяют температуры самовоспламенения.

Температуру самовоспламенения газов и паров определяют различными методами (методом впуска, методом сжатия, методом струй). При методе впуска горючую смесь подают из резервуара в предварительно эвакуированный реакционный сосуд, помещенный в печь с регулируемым нагревом. За температуру самовоспламенения принимают температуру стенок сосуда, при которой произошло самовоспламенение.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Баратов А. Н. и Годжелло М. Г. Оценка пожарной опасности производства, связанных с применением горючих газов и жидкостей. Изд-во М-ва коммунального хозяйства РСФСР, 1961.

Демидов П. Г. Горение и свойства горючих веществ. Изд-во М-ва коммунального хозяйства РСФСР, 1962.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

НОРМИРОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ
ОСВЕЩЕННОСТИ (К. Е. О.) В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ,
РАСПОЛОЖЕННЫХ СЕВЕРНЕЕ 45° И ЮЖНЕЕ 60° СЕВЕРНОЙ ШИРОТЫ¹

Разряд работы	Характер работы, выполняемой в помещении		норма к. е. о., %	
	вид работы по степени точности	размер объекта различения мм	при верхнем и комбини- рованном освещении $l_{\text{ср}}$	при боковом освещении $l_{\text{мин}}$
I	Особо точная	0,1 и менее	10	3,5
II	Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
III	Точная	Более 0,3 до 1,0	5	1,5
IV	Малой точности	Более 1,0 до 10,0	3	1
V	Грубая	Более 10,0	2	0,5
VI	Требующая общего наблю- дения за ходом производст- венного процесса без выделе- ния отдельных деталей	—	1	0,25

¹ Нормируемые значения к. е. о. умножаются на коэффициенты 0,75 при расположе-
нии зданий южнее 45° сев. широты, 1,2 при расположении зданий севернее 60° сев. ши-
роты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НАИМЕНЬШАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Характеристика работы	Размер объекта различения, мм	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность, лк			
						при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	I	а	Малый	Темный	3000	750	1500	300
			б	»	Светлый	2000	750	1000	300
			в	Средний	Темный	1500	500	750	300
			г	»	Светлый	750	300	400	150
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	II	а	Малый	Темный	2000	750	1000	300
			б	»	Светлый	1000	400	500	150
			в	Средний	Темный	750	200	400	100
			г	»	Светлый	500	150	300	75
Точная	Более 0,3 до 1,0	III	а	Малый	Темный	1000	300	500	150
			б	»	Светлый	750	200	400	100
			в	Средний	Темный	500	150	300	75
			г	»	Светлый	400	150	200	50
Малой точности	Более 1,0 до 10,0	IV	а	Малый	Темный	150	150	150	50
			б	»	Светлый	150	150	150	50
			в	Средний	Темный	100	100	100	30
			г	»	Светлый	100	100	100	30
Грубая	Более 10,0	V	—	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном		100	100	100	30
Требуемая общего наблюдения за ходом производственного процесса без выделения отдельных деталей.	—	VI	—	То же		75	75	—	20
Работа с самосветящимися предметами или материалами	—	VII	—	» »		150	150	—	50

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ (ИЗВЛЕЧЕНИЕ)

Наименование вредных веществ	ПДК, мг/м³	
	максимально разовая	среднесуточ- ная
Бензол	2,40	0,80
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на С)	5,0	1,5
Марганец и его соединения	0,03	0,01
Мышьяк (неорганические соединения, кроме мышья- ковистого водорода)	—	0,003
Оксись углерода	6	1
Оксись азота	0,3	0,1
Пыль нетоксическая	0,5	0,15
Сернистый ангидрид	0,5	0,15
Сероводород	0,008	0,008
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Серная кислота	0,3	0,1

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА НА МЕСТАХ РАБОТЫ И ОТДЫХА РАБОЧИХ ОСНОВНЫХ ПРОФЕССИЙ

Участки	Теплый период года		Холодный период года	
	температура °С	подвижность м/сек	температура °С	подвижность м/сек
Доменные цехи				
Рабочие места горновых со стороны чугунной летки	19—20	3—4	16—18	2—3
Рабочие места горновых у шлаковых леток . .	19—20	3—4	16—18	2—3
Кабина поста управле- ния	20—22	0,5	18—20	0,5
Мартеновские цехи				
Рабочие места сталеваров на площадке перед фронтом печи	20—23	3—4	16—18	2—3
Рабочие места подручных сталеваров у летки мартеновской печи . .	10—22	3—4	14—16	3—4
Места сталеваров у пульт а управления	20—22	0,5—1	19—20	0,5

Участки	Теплый период года		Холодный период года	
	температура °C	подвижность м/сек	температура °C	подвижность м/сек
Электросталеплавильные цехи				
Рабочие места сталеваров перед фронтом печи . .	20—23	3—4	16—18	2—3
Рабочие места разлильщиков, канавщиков и ковшевых	19—22	3—4	14—18	2—3
Прокатные цехи				
Рабочие места операторов постов управления . .	20—22	0,5—1,0	18—20	0,5—1,0
Места преимущественного пребывания сварщиков методических печей (площадка у щита) . .	20—22	1—1,5	18—20	1—1,5
Рабочие места клеймовщиков горячего металла	19—22	3—4	14—16	3—4
Рабочие места вальцовщиков	20—23	2—3	16—18	2—3

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУШНЫХ ДУШЕЙ СИОТ

Тип	Производительность м³/ч	Дальнейность воздушного факела м	Мощность электро- двигателя квт	Основное использование агрегата
СИОТ-3	10000	10	2,2	Универсальные
СИОТ-5	4450	6	0,25	При горячих ремонтах печей, на местах отдыха
СИОТ-6	30000	220 м² *	7,8	На больших рабочих площадках
СИОТ-7	30000	20	7,8	При холодных ремонтах печей
СИОТ-10	800	3	0,25	Для кабин мостовых кранов, пультов управления механизмами
УЗТМ	30000	20	10,0	Универсальное

* Обдуваемая площадь.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТИВОГАЗОВ

Марка	Цвет коробки	Поглощаемые газы	Защитное действие	
			при содержа- нии в воздухе вредного газа мг/л	время (не менее) мин
СО	Белый	Окись углерода	6,2	150
М	Красный	Род газов и паров	2,3—10,0	50—90
К	Зеленый	Пары аммиака	7,6	200
КД	Серый	Сероводород и аммиак	4,6	240
А	Коричневый	Органические пары	25,0	120
В	Желтый	Кислые газы	8,6—10,0	90
Г	Черно-желтый	Пары ртути	(при 20° С)	100 ч

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ВНЕШНЕЙ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ, СОЗДАЮЩИЕ ДОЗУ 100 мбэр/нед

Вид излучения	Энергия излучения	Доза или количество излучения за одну неделю	Предельно допустимая мощность дозы или интенсивность излучения		
			единица измерения	при работе 36 ч в неделю	при работе 1 ч в неделю
Гамма- и рентгеновы лучи	До 3 мэв	100 мр	мр/ч	2,8	100/т
То же	8·10 ⁴ »	250·10 ⁶ мэв/см ²	мэв/см ² ·сек	2000	70000/т
Бета-лучи и электроны	До 10 »	2,5·10 ⁶ бета-част/см ²	бета-част/см ² ·сек	20	700/т
Тепловые нейтроны	0,025 эв	100·10 ⁶ нейтр/см ²	нейтр/см ² ·сек	750	27000/т
Медленные нейтроны	0,1 »	72·10 ⁶ »	»	550	20000/т
Промежу- точные нейтроны	5 кэв	82·10 ⁶ »	»	640	23000/т
Быстрые нейтроны	10 мэв	2,6·10 ⁶ »	»	20	720/т
Очень быстрые нейтроны	200 »	1,3·10 ⁶ »	»	10	360/т
Сверх- быстрые нейтроны	500 »	0,8·10 ⁶ »	»	6	220/т

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВОДЕ И ВОЗДУХЕ (ИЗВЛЕЧЕНИЕ)

Изотопы	ПДК, кюри/л			
	в воде открытых водоемов и источников водоснабжения	в воздухе		
		рабочих помещений	санитарно- защитных зон	населенных пунктов
Бериллий-7	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
Углерод-14	$2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-11}$
Натрий-24	$8 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Кремний-31	$6 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
Фосфор-32	$5 \cdot 10^{-9}$	$7 \cdot 10^{-11}$	$7 \cdot 10^{-12}$	$7 \cdot 10^{-13}$
Сера-35	$7 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Хлор-36	$7 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$
Кальций-47	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$
Ванадий-48	$8 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-11}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$6 \cdot 10^{-13}$
Хром-51	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$
Марганец-54	$3 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-13}$
Железо-55	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Кобальт-60	$1 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{-13}$	$9 \cdot 10^{-14}$
Никель-65	$3 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-12}$
Медь-64	$6 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
Цинк-65	$1 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-11}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$
Германий-71	$5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-11}$
Молибден-99	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$
Серебро-105	$3 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-11}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-13}$
Кадмий-115	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$
Йод-131	$6 \cdot 10^{-10}$	$9 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{-13}$	$9 \cdot 10^{-14}$
Барий-140	$7 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-12}$	$4 \cdot 10^{-13}$
Вольфрам-187	$2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$
Иридий-194	$9 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$
Таллий-204	$2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ НЕФИКСИРОВАННОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ

Объект загрязнения ¹	Загрязненность альфа-частиц с 150 см^2 в минуту		Загрязненность, бета-частиц с 150 см^2 в минуту	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Руки	75	Фон	5000	Фон
Спецбелье и полотенце	75	»	5000	»
Спецодежда хлопчатобумажная	500	100	25000	5000
Пленочная одежда	500	200	25000	10000
Перчатки с наружной стороны	500	100	25000	5000
Спецобувь с наружной стороны	500	200	25000	5000
Рабочие поверхности и оборудование	500	200	25000	5000

¹ Загрязненность тела не допускается.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ТОЛЩИНА ЭКРАНА ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЙ

Изотоп	Максимальный пробег бета-частиц $мг/см^2$	Энергия бета-лучей $мэв$	Толщина, мм			
			вода	стекло, алюминий, бетон	сталь	свинец
Углерод-14	28	0,15	0,28	0,10	0,036	0,026
Фосфор-32	780	1,72	7,80	2,9	1,00	0,71
Сера-35	31,5	0,17	0,32	0,12	0,041	0,029
Хлор-36	220	0,64	2,20	0,82	0,28	0,20
Кальций-45	64	0,26	0,64	0,23	0,081	0,057
Скандий-47	130	0,46	1,30	0,48	0,167	0,118
Стронций-89	605	1,48	6,05	2,2	0,78	0,55

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ТОЛЩИНА ЗАЩИТЫ ИЗ СВИНЦА (см) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРАТНОСТИ
ОСЛАБЛЕНИЯ k И ЭНЕРГИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
(ШИРОКИЙ ПУЧОК $\rho = 11,34 \text{ г/см}^3$)

Кратность ослабления	Энергия гамма-излучения, мэв									
	0,1	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3	6	8	10
1,5	0,05	0,15	0,2	0,8	1,1	1,2	1,3	1,0	0,9	0,9
2	0,1	0,3	0,5	1,3	1,7	2,0	2,1	1,6	1,5	1,35
5	0,2	0,6	1,1	2,8	3,8	4,3	4,6	3,8	3,3	3,0
8	0,2	0,8	1,5	3,5	4,8	5,5	5,9	5,0	4,3	3,8
10	0,3	0,9	1,6	3,8	5,1	5,9	6,5	5,5	4,9	4,2
100	0,5	1,6	3,0	7,0	9,65	11,3	12,1	10,9	9,9	8,7
$5 \cdot 10^2$	0,65	2,2	4,0	9,2	12,9	15,0	16,3	14,9	13,3	11,9
$1 \cdot 10^3$	0,7	2,4	4,4	10,2	14,1	16,5	18,0	16,5	15,1	13,3
$5 \cdot 10^3$	0,9	3,0	5,5	12,4	17,0	19,8	21,9	20,3	18,5	16,6
$1 \cdot 10^4$	1,05	3,3	5,9	13,3	18,3	21,3	23,5	22,0	20,1	18,0
$5 \cdot 10^4$	1,15	3,7	6,9	15,6	21,4	24,7	27,3	25,8	23,7	21,5
$1 \cdot 10^5$	1,15	3,8	7,2	16,5	22,7	26,2	28,9	27,5	25,3	22,9
$5 \cdot 10^5$	1,4	4,4	8,2	18,5	25,4	29,5	32,7	31,4	28,9	26,3
$1 \cdot 10^6$	1,45	4,7	8,7	19,5	26,8	31,0	34,3	33,0	30,4	27,7
$5 \cdot 10^6$	1,65	5,3	9,6	21,6	29,7	34,3	38,1	36,8	34,0	31,3
10^7	1,7	5,4	10,1	22,5	31,2	35,8	39,7	38,4	35,5	32,5

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Злобинский Б. М. и др. Основы техники безопасности. Лабораторные работы. Металлургиздат, 1963.

Виноградов Б. В. Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении. Сборник расчетов. Машгиз, 1963.

СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ

Долин П. А. Безопасность труда на производстве. Технические нормативы. Справочник под ред. П. М. Миронова. Металлургиздат, 1963.

Безопасность труда на производстве. Исследования и испытания. Справочное пособие под ред. Б. М. Злобинского. Металлургиздат, 1964.

Райло П. И. и Жило М. Е. Охрана труда и техника безопасности. Справочник. Металлургиздат, 1963.

Справочное пособие по пожарной охране. Изд-во М-ва коммунального хозяйства РСФСР, 1962.

Таубкин С. И. и др. Справочник пожароопасных твердых веществ и материалов. Изд-во М-ва коммунального хозяйства РСФСР, 1961.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ

Общие правила безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности. Металлургиздат, 1964.

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, СН 245—63. Госстройиздат, 1963.

Санитарные правила по организации технологических процессов и санитарно-гигиенические требования к производственному оборудованию. (Утв. Госсанинспекцией СССР 15 апреля 1961 № 363—61).

Правила безопасности в агломерационном производстве. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в доменном производстве. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в мартеновском производстве. Металлургиздат, 1960.

Изменения и дополнения к действующим правилам безопасности в мартеновском, электросталеплавильном и прокатном цехах. Металлургиздат, 1962.

Правила безопасности в электросталеплавильном производстве. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в конвертерном производстве стали. Металлургиздат, 1963.

Правила безопасности в ферросплавном производстве. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в прокатном производстве. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в трубопрокатном и трубосварочном производстве. Металлургиздат, 1962.

Правила техники безопасности и производственной санитарии в кузнечно-прессовом производстве. Машгиз, 1961.

Правила техники безопасности и производственной санитарии в литейном производстве машиностроительной промышленности. Машгиз, 1961.

Правила техники безопасности и производственной санитарии при термической обработке металлов. Машгиз, 1961.

Правила безопасности и промышленной санитарии в проволочном и гвоздильном производствах. Металлургиздат, 1960.

Правила безопасности в газовом хозяйстве населенных пунктов и при использовании газа в промышленности, коммунальными и бытовыми потребителями. Госгортехнадзор, 1962.

Правила устройства электроустановок. Госэнергоиздат, 1957—1961.

Правила технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1961.

Правила безопасности при эксплуатации электротермических установок повышенной и высокой частоты. Mashgiz, 1963.

Правила пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках. Госэнергоиздат, 1962.

Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Госгортехиздат, 1961.

Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов. Госгортехиздат, 1961.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Госгортехиздат, 1961.

Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. Госатомиздат, 1960.

Правила перевозки радиоактивных веществ. Госатомиздат, 1961.

Временные санитарные нормы и правила по ограничению шума на производстве. Утв. 9 февраля 1956, № 205—56.

Временные санитарные нормы и правила по ограничению вибрации рабочего места. Утв. 17 февраля 1959, № 289—59.

Строительные нормы и правила, ч. 2, разд. А, гл. 7. Строительная теплотехника. Нормы проектирования СНиП II-A. 7—62, 1963.

Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования, СНиП II-M. 2—62, Госстройиздат, 1963.

Указания по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений черной металлургии, СН 125—60, 1960.

Указания по проектированию отопления и вентиляции конвертерных цехов заводов черной металлургии, СН 229—62, 1963.

Указания по проектированию отопления и вентиляции в чугунолитейных и сталелитейных цехах, СН 111—60. Госстройиздат, 1961.

Основные положения по проектированию отопления и вентиляции маршевых цехов. Госстрой СССР, 1962.

Основные положения по проектированию отопления и вентиляции плавильных цехов ферросплавных заводов. Серия 4—110. Гипротис, 1959.

Основные положения по проектированию отопления и вентиляции прокатных цехов заводов черной металлургии. Гипротис, серия 4-95-0, 1958.

Временные технические условия проектирования санитарно-гигиенических устройств отделений аглофабрик, 1961.

Указания по проектированию кондиционирования воздуха в промышленности и общественных зданиях. Госстрой СССР и ЛИОТ, 1962.

Указания по проектированию установок воздушного душирования с сосредоточенной подачей воздуха СН 242—63. Госстрой СССР, 1963.

Отраслевые нормы искусственного освещения для доменных, сталеплавильных, прокатных и коксовых цехов заводов черной металлургии, Металлургия, 1964.

Указания по проектированию электрического освещения производственных зданий, СН 203—62. Госстрой СССР, 1962.

Указания по рациональной цветовой отделке поверхностей производственных помещений и технологического оборудования промышленных предприятий СН 181—61. Госкомитет СМ СССР по делам строительства и Госкомитет СМ СССР по автоматизации и машиностроению, 1962.