# Содержание

Содержание 1

Предисловие 4

ВВЕДЕНИЕ 6

ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 6

Раздел I. ЧЕЛОВЕК И ТЕХНОСФЕРА 66

1. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА И КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 66

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФОРМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 66

1.2. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 73

1.3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЧЕЛОВЕКА 80

1.4. ПРОФИЛАКТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОКЛИМАТА 100

1.5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ 108

1.6. ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 125

2. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ТЕХНОСФЕРЫ 141

2.1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕГИОНОВ ТЕХНОСФЕРЫ ТОКСИЧНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ 141

2.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ 157

2.3. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ 163

2.4. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 168

3. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОСФЕРУ 173

3.1. СИСТЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ СОСТОЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ 173

3.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ И ИХ НОРМИРОВАНИЕ 191

Раздел II. ОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЗАЩИТА ОТ НИХ 263

4. АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ 263

4.1. ПОНЯТИЯ И АППАРАТ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ 263

4.2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ 274

4.3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ 296

4.4. АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕПЕ 313

5. СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ТРАВМООПАСНОСТИТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 316

5.1. ВЗРЫВОЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ 316

5.2. ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАВМИРОВАНИЯ 333

5.3. СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ 339

5.4. ЗАЩИТА ОТ ОПАСНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА 341

5.5. СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ 342

5.6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА 346

6. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ И ЗАЩИТА ОТ НИХ 350

6.1. СОСТАВ И РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ 350

6.2. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРЫ 364

6.3. СОСТАВ И РАСЧЕТ ВЫПУСКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ 387

6.4. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ГИДРОСФЕРЫ 391

6.5. СБОР И ЛИКВИДАЦИЯ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ОТХОДОВ 411

7. СРЕДСТВА ИВДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ 479

Раздел III. ЧРЕЗВычАЙНЫЕ СИТУАЦИИ 489

8. ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ 489

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 489

8.2. УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ 493

8.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПАСНЫХ ЗОН 498

8.4. ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС 526

Раздел IX.УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 534

9. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ 534

9.1. ПРАВОВЫЕ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 534

9.2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ 543

9.3. ЭКСПЕРТИЗА И КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ 562

9.4. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО 573

ПРИЛОЖЕНИЯ 1

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ СДЯВ 1

3. СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ КОММУНАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 8

4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 10

5. ПЕРЕЧЕНЬ ГОСТов РФ КОМПЛЕКСА ГОСТ Р 22 ОПАСНОСТЬ В ЧС 13

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 16

# Предисловие

В учебнике впервые обобщены научные и практические достижения в новой области знаний – безопасности жизнедеятельности. Он подготовлен в соответствии с примерными программами дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД) для всех специальностей и направлений бакалавриата высшего профессионального образования. Основа программ разработана кафедрой «Промышленная экология и безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана еще в 1989 г.

Авторы учебника имеют опыт чтения курса лекций по дисциплине БЖД на факультетах машиностроительного и приборостроительного профиля, а также опыт написания конспекта лекций «Безопасность жизнедеятельности», изданного в двух частях в 1992–1993 гг. Всесоюзной ассоциацией специалистов по охране труда (ВАСОТ) и предназначенного для преподавателей технических вузов (0.1, 0.3).

Основу научных и практических знаний, содержащихся в учебнике БЖД, составляют знания, ранее излагавшиеся в отдельных курсах: «Охрана труда», «Охрана окружающей среды» и «Гражданская оборона», имевших выраженную прикладную направленность. Целевое предназначение указанных курсов и их основное содержание сводились к изучению средств и методов защиты человека и природной среды от негативных факторов техногенного происхождения.

Вводимая в настоящее время в высших учебных заведениях, средних специальных учебных заведениях и средней школе дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» призвана интегрировать на общей методической основе в единый комплекс знания, необходимые для обеспечения комфортного состояния и безопасности человека во взаимодействии со средой обитания. Предпосылкой такого подхода является значительная общность в указанных выше курсах целей, задач, объектов и предметов изучения, а также средств познания и принципов реализации теоретических и практических задач.

Объединение курсов позволяет расширить и углубить познания в области анатомо-физиологических свойств человека и его реакциях на воздействие негативных факторов; комплексного представления об источниках, количестве и значимости травмирующих и вредных факторов среды обитания; принципов и методов качественного и количественного анализа опасностей; сформулировать общую стратегию и принципы обеспечения безопасности; подойти к разработке и применению средств защиты в негативных ситуациях с общих позиций.

Учебник создан преподавателями кафедры «Промышленная экология и безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Введение, гл.2, пп.6.1, 6.2, 6.5, гл.7 написаны С.В. Беловым, гл.1 –В.П. Сивковым, гл.3 –А.В. Ильницкой (главным специалистом МНИИ гигиены им.Ф. Ф. Эрисмана) и Л.Л. Морозовой, гл.4, п.6.6 –И.В. Переездчиковым, пп.6.3, 6.4 –Г.П. Павлихиным, пп.5.1, 5.6, гл.8 –Д.М. Якубовичем, пп.5.2–5.5, гл.9 –А.Ф. Козьяковым.

Авторы будут благодарны всем, кто сочтет целесообразным высказать замечания и пожелания по содержанию учебника, которые следует направлять по адресу: 101430, г. Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д.29/14, издательство «Высшая школа».

Авторы

# ВВЕДЕНИЕ

# ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Жизнедеятельность – это повседневная деятельность и отдых, способ существования человека.

Приступая к изучению основ безопасности жизнедеятельности человека в техносфере, следует определить прежде всего место БЖД в общем объеме «знаний о взаимодействии живых существ между собой и окружающей средой» (Э. Геккель, 1869), изучаемых в науке экология\*.

\*Нельзя не поддержать мнение Б.А. Немировского, опубликованное в газете «Московский комсомолец» 18 мая 1998 г., с.7. «У нас плохая экология», - так или примерно так жалуются на свою судьбу современные обитатели крупных городов России, а между тем экология - это биологическая наука. Она занимается изучением коллективного сосуществования живых организмов в одной коммунальной квартире под названием «окружающая среда». Наука не может быть ни плохой, ни хорошей: «плохая экология» звучит так же абсурдно, как «плохая физика» или «плохая математика».

Экология – наука о доме. В экологии главное не изучение существ, а изучение состояния среды обитания и процессов взаимодействия существ со средой обитания. Объектами экологии являются биосфера, экосистемы, сообщества (биоценоз), популяции организмов, биотоп.

В XIX в. экологи изучали в основном закономерности биологического взаимодействия в биосфере, причем роль человека в этих процессах считалась второстепенной. В конце XIX в. и в XX в. ситуация изменилась, экологов все чаще стала беспокоить роль человека в изменении окружающего нас Мира. В этот период произошли значительные изменения в окружающей человека среде обитания. Биосфера постепенно утрачивала свое господствующее значение и в населенных людьми регионах стала превращаться в техносферу.

В окружающем нас Мире возникли новые условия взаимодействия живой и неживой материи (рис.0.1): взаимодействие человека с техносферой, взаимодействие техносферы с биосферой (природой) и др. Сейчас правомерно говорить о возникновении новой области знаний – «Экология техносферы», где главными «действующими лицами» являются человек и созданная им техносфера.

Область знаний «Экология техносферы» включает, как минимум, основы техносферостроения и регионоведения, социологию и организацию жизнедеятельности в техносфере, сервис, безопасность жизнедеятельности человека в техносфере и защиту природной среды от негативного влияния техносферы. Структура областей показана на схеме:

В новых техносферных условиях все чаще биологическое взаимодействие стало замещаться процессами физического и химического взаимодействия, причем уровни физических и химических факторов воздействия в XX в. непрерывно нарастали, часто оказывая негативное влияние на человека и природу. В обществе возникла потребность в защите природы («Охрана природы») и человека («Безопасность жизнедеятельности») от негативного влияния техносферы.

Первопричиной многих негативных процессов в природе и обществе явилась антропогенная деятельность, не сумевшая создать техносферу необходимого качества как по отношению к человеку, так и по отношению к природе. В настоящее время, чтобы решить возникающие проблемы, человек должен совершенствовать техносферу, снизив ее негативное вливлияние на человека и природу до допустимых уровней. Достижение этих целей взаимосвязано. Решая задачи обеспечения безопасности человека в техносфере, одновременно решаются задачи охраны природы от губительного влияния техносферы.

Основная цель безопасности жизнедеятельности как науки – защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и достижение комфортных условий жизнедеятельности.

Средством достижения этой цели является реализация обществом знаний и умений, направленных на уменьшение в техносфере физических, химических, биологических и иных негативных воздействий до допустимых значений. Это и определяет совокупность знаний, входящих в науку о безопасности жизнедеятельности, а также место БЖД в общей области знаний – экологии техносферы.

Безопасность жизнедеятельности – наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой.

Эволюция среды обитания, переход от биосферы к техносфере. В жизненном цикле человек и окружающая его среда обитания образуют постоянно действующую систему «человек – среда обитания».

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

Действуя в этой системе, человек непрерывно решает, как минимум, две основные задачи:

– обеспечивает свои потребности в пище, воде и воздухе;

– создает и использует защиту от негативных воздействий, как со стороны среды обитания, так и себе подобных.

Негативные воздействия, присущие среде обитания, существуют столько, сколько существует Мир. Источниками естественных негативных воздействий являются стихийные явления в биосфере: изменения климата, грозы, землетрясения и т.п.

Постоянная борьба за свое существование вынуждала человека находить и совершенствовать средства защиты от естественных негативных воздействий среды обитания. К сожалению, появление жилища, применение огня и других средств защиты, совершенствование способов получения пищи – все это не только защищало человека от естественных негативных воздействий, но и влияло на среду обитания.

На протяжении многих веков среда обитания человека медленно изменяла свой облик и, как следствие, мало менялись виды и уровни негативных воздействий. Так продолжалось до середины XIX в. – начала активного роста воздействия человека на среду обитания. В XX в, на Земле возникли зоны повышенного загрязнения биосферы, что привело к частичной, а в ряду случаев и к полной региональной деградации. Этим изменениям во многом способствовали:

– высокие темпы роста численности населения на Земле (демографический взрыв) и его урбанизация;

– рост потребления и концентрация энергетических ресурсов;

– интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства;

– массовое использование средств транспорта;

– рост затрат на военные цели и ряд других процессов.

Рис.0.2. Рост численности населения Земли:

I – рост численности до 28–30 млрд. человек к. 2070–2100 гг.;

II – стабилизация численности на уровне 10 млрд. человек

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год…………………………………………… | 1840 | 1930 | 1962 | 1975 | 1987 |
| Численность населения, млрд. чел………… | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Период прироста, лет/1 млрд. чел………….  | 500000 | 90 | 32 | 13 | 12 |

Демографический взрыв. Достижения в медицине, повышение комфортности деятельности и быта, интенсификация и рост продуктивности сельского хозяйства во многом способствовали увеличению продолжительности жизни человека и как следствие росту населения Земли. Одновременно с ростом продолжительности жизни в ряде регионов мира рождаемость продолжала оставаться на высоком уровне, и составляла в некоторых из них до 40 человек на 1000 человек в год и более. Высокий уровень прироста населения характерен для стран Африки, Центральной Америки, Ближнего и Среднего Востока, Юго-Восточной Азии, Индии, Китая. Статистические данные о численности населения Земли и тенденции его изменения показаны на рис.0.2.

Вероятное изменение численности населения в некоторых регионах мира приведено ниже (млрд. чел. /доля,%):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 1950 г.  | 2025 г.  |
| Европа и Северная Америка…………………………… | 0,83/32 | 1,3/15,7 |
| Азия……………………………………………………… | 1,37/53 | 4,9/57 |
| Африка…………………………………………………...  | 0,17/9 | 1,6/18,3 |
| Латинская Америка……………………………………...  | 0,22/6 | 0,76/9 |
| Итого, млрд. чел………………. ………. ……………….  | 2,59 | 8,56 |

Существуют несколько прогнозов дальнейшего изменения численности населения Земли (см. рис.0.2). По I варианту (неустойчивое развитие) к концу XXI в. возможен рост численности до 28–30 млрд. человек. В этих условиях Земля уже не сможет (при современном состоянии технологий) обеспечивать население достаточным питанием и предметами первой необходимости. С определенного периода начнутся голод, массовые заболевания, деградация среды обитания и как следствие резкое уменьшение численности населения и разрушение человеческого сообщества. Уже в настоящее время в экологически неблагополучных регионах наблюдается связь между ухудшением состояния среды обитания и сокращением продолжительности жизни, ростом детской смертности.

По II варианту (устойчивое развитие) численность населения необходимо стабилизировать на уровне 10 млрд. человек, что при существующем уровне развития технологий жизнеобеспечения будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и нормальному развитию общества.

Урбанизация. Одновременно с демографическим взрывом идет процесс урбанизации населения планеты. Этот процесс имеет во многом объективный характер, ибо способствует повышению производительной деятельности во многих сферах, одновременно решает социальные и культурно-просветительные проблемы обществ. По данным ООН, в городах мира проживали или будут проживать:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | 1880 | 1950 | 1970 | 1984 | 2000 |
| Городское население,% | 1,7 | 13,1 | 17 | 50 | 80…85 |

К 1990 г в США урбанизировано 70% населения, в Российской Федерации к 1995–76%.

Интенсивно растут крупные города в 1959 г. в СССР было только три города-миллионера, а в 1984 г. – 22. В обозримом будущем в мире появятся мегаполисы с численностью населения 25–30 млн. человек. Десятка мировых урбанистических лидеров выглядит сегодня следующим образом:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Город, страна | Данные на 1994 г., млн. чел.  | Прогноз на 2015 г., млн. чел.  |
|  |
| Токио (Япония) …………………………. .  | 26,5 | 28,7 |
| Нью-Йорк (США) ………………………. .  | 16,3 | 17,6 |
| Сан-Паулу (Бразилия) …………………… | 16,1 | 20,8 |
| Мехико (Мексика) ………………………. .  | 15,5 | 18,8 |
| Шанхай (Китай) …………………………. .  | 14,7 | 23,4 |
| Бомбей (Индия) …………………………. .  | 14,5 | 27,4 |
| Лос-Анджелес (США) …………………… | 12,2 | 14,3 |
| Пекин (Китай) …………………………….  | 12,0 | 19,4 |
| Калькутта (Индия) ………………………. .  | 11,5 | 17,6 |
| Сеул (Южная Корея) ……………………. .  | 11,5 | 13.1 |

Москва занимает лишь 21 место среди крупнейших городов мира. Ее население - 9,2 млн. человек.

Урбанизация непрерывно ухудшает условия жизни в регионах, неизбежно уничтожает в них природную среду. Для крупнейших городов и промышленных центров характерен высокий уровень загрязнения компонент среды обитания. Так, атмосферный воздух городов содержит значительно большие концентрации токсичных примесей по сравнению с воздухом сельской местности (ориентировочно оксида углерода в 50 раз, оксидов азота - в 150 раз и летучих углеводородов - в 2000 раз).

Рост энергетики, промышленного производства, численности средств транспорта. Увеличение численности населения Земли и военные нужды стимулируют рост промышленного производства, числа средств транспорта, приводят к росту производства энергетических и потреблению сырьевых ресурсов. Потребление материальных и энергетических ресурсов имеет более высокие темпы роста, чем прирост населения, так как постоянно увеличивается их среднее потребление на душу населения. О неограниченных способностях к росту потребления свидетельствует использование электроэнергии в США. По статистическим данным, в 1970 г. США имели 7% населения и 1/3 мирового производства электроэнергии.

Огромны затраты на военные цели. После второй мировой войны на вооружение в мире израсходовано около 6 трлн. долларов США. Динамика ассигнований на оборону в США составляет:

Год... ... ... ... ... 1982 1983 1984 1988

Расходы, млрд. долларов... . .187,4 214,8 245,3 300

Военная промышленность является одним из активных стимуляторов развития техники и роста энергетического и промышленного производства:

Год... ... ... ... ... 1970\* 1980 1990 2000

Производство электроэнергии в мире,% к 1950 г... ... ... . .173 234 318 413

\* Произведено 6600 кВт. ч, в том числе в США - 2200, в СССР - 700,

Оценивая экологические последствия развития энергетики, следует иметь в виду, что во многих странах это достигалось преимущественным использованием тепловых электрических станций (ТЭС), сжигающих уголь, мазут или природный газ. Об этом свидетельствует и структура производства электроэнергии в СССР (1985 г): ТЭС-1196 млрд. кВт. ч (74,5%), ГЭС-216 млрд. кВт. ч (13,5%), АЭС-193 млрд. кВт. ч (12%). Выбросы ТЭС наиболее губительны для биосферы.

Во второй половине XX в. каждые 12...15 лет удваивалось промышленное производство ведущих стран мира, обеспечивая тем самым удвоение выбросов загрязняющих веществ в биосферу. В СССР в период с 1940 по 1980 гг. возросло производство электроэнергии в 32 раза; стали - в 7,7; автомобилей - в 15 раз; увеличилась добыча угля в 4,7, нефти - в 20 раз. Аналогичные или близкие к ним темпы роста наблюдались во многих других отраслях народного хозяйства. Значительно более высокими темпами развивалась химическая промышленность, объекты цветной металлургии, производство строительных материалов и др.

Постоянно увеличивался мировой автомобильный парк: с 1960 по 1990 гг. он возрос с 120 до 420 млн. автомобилей.

Необходимо отметить, что развитие промышленности и технических средств сопровождалось не только увеличением выброса загрязняющих веществ, но и вовлечением в производство все большего числа химических элементов:

Год... ... ... ... ...1869 1906 1917 1937 1985

Известно... ... ... ... 62 84 85 89 104

Использовалось... ... ...35 52 64 73 90

К настоящему времени в окружающей среде накопилось около 50 тыс. видов химических соединений, не разрушаемых деструкторами экосистем (отходы пластмасс, пленок, изоляции и т.п.)

Развитие сельского хозяйства. Вторая половина XX в. связана с интенсификацией сельскохозяйственного производства. В целях повышения плодородия почв и борьбы с вредителями в течение многих лет использовались искусственные удобрения и различные токсиканты, что не могло не влиять на состояние компонент биосферы. В 1986 г. среднее количество минеральных удобрений на 1 га пашни в мире составило около 90 кг, в СССР и США - более 100 кг, в Европе - 230 кг. При избыточном применении азотных удобрений почва перенасыщается нитратами, а при внесении фосфорных удобрений - фтором, редкоземельными элементами, стронцием. При использовании нетрадиционных удобрений (отстойного ила и т.п.) почва перенасыщается соединениями тяжелых металлов. Избыточное количество удобрений приводит к перенасыщению продуктов питания токсичными веществами, нарушает способность почв к фильтрации, ведет к загрязнению водоемов, особенно в паводковый период.

Пестициды, применяемые для защиты растений от вредителей, опасны и для человека. Установлено, что от прямого отравления пестицидами в мире ежегодно погибает около 10 тыс. человек, гибнут леса, птицы, насекомые. Пестициды попадают в пищевые цепи, питьевую воду. Все без исключения пестициды обнаруживают либо мутагенное, либо иное отрицательное воздействие на человека и живую природу. В настоящее время отмечаются высокие загрязнения почв фосфорорганическими пестицидами (фозалоном, метафосом), гербицидами (2,4-Д, трефланом, трихлорацетатом натрия) и др.

Техногенные аварии и катастрофы. До середины XX в. человек не обладал способностью инициировать крупномасштабные аварии и катастрофы и тем самым вызывать необратимые экологические изменения регионального и глобального масштаба, соизмеримые со стихийными бедствиями.

Происшествие – событие, состоящее из негативного воздействия с причинением ущерба людским, природным или материальным ресурсам.

Авария – происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно.

Катастрофа – происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью или пропажей без вести людей.

Стихийное бедствие–происшествие, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к разрушению биосферы, гибели или потери здоровья людей.

Появление ядерных объектов и высокая концентрация прежде всего химических веществ и их производств сделали человека способным оказывать разрушительное воздействие на экосистемы. Примером тому служат трагедии в Чернобыле, Бхопале.

Огромное разрушительное воздействие на биосферу оказывается при испытании ядерного (в г. Семипалатинске, на о. Новая Земля) и других видов оружия. Для испытания химического оружия необходим полигон размером около 500 тыс. га. Иллюстрацией негативного экологического влияния современных локальных войн являются итоги войны в зоне Персидского залива (огромные проливы нефти в залив, пожары на нефтяных скважинах).

Из приведенного выше видно, что XX столетие ознаменовалось потерей устойчивости в таких процессах, как рост населения Земли и его урбанизация. Это вызвало крупномасштабное развитие энергетики, промышленности, сельского хозяйства, транспорта, военного дела и обусловило значительный рост техногенного воздействия. Во многих странах оно продолжает нарастать и в настоящее время. В результате активной техногенной деятельности человека во многих регионах нашей планеты разрушена биосфера и создан новый тип среды обитания – техносфера.

Биосфера–область распространения жизни на Земле, включающая нижний слой атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы, не испытавших техногенного воздействия.

Техносфера–регион биосферы, в прошлом преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям (техносфера – регион города или промышленной зоны, производственная или бытовая среда).

Регион – территория, обладающая общими характеристиками состояния биосферы или техносферы.

Производственная среда – пространство, в котором совершается трудовая деятельность человека.

Создавая техносферу, человек стремился к повышению комфортности среды обитания, к росту коммуникабельности, к обеспечению защиты от естественных негативных воздействий. Все это благоприятно отразилось на условиях жизни и в совокупности с другими факторами (улучшение медицинского обслуживания и др.) сказалось на продолжительности жизни людей:

|  |  |
| --- | --- |
| Век | Продолжительность жизни человека, лет |
| Медный, бронзовый, железный……………………………… | 30 |
| К началу XIX в ………………………………………………… | 35-40 |
| В конце XX в... . . ……………………………………………….  | 60–63 |

Однако созданная руками и разумом человека техносфера, призванная максимально удовлетворять его потребности в комфорте и безопасности, не оправдала во многом надежды людей. Появившиеся производственная и городская среды оказались далеки по уровню безопасности и экологичности от допустимых требований.

Появление техносферы привело к тому, что биосфера во многих регионах нашей планеты стала активно замещаться техносферой (табл.0.1). Данные табл.0.1 показывают, что на планете осталось мало территорий с ненарушенными экосистемами. В наибольшей степени экосистемы разрушены в развитых странах – в Европе, Северной Америке, Японии. Здесь естественные экосистемы сохранились в основном на небольших площадях, они представляют собой небольшие пятна биосферы, окруженные со всех сторон нарушенными деятельностью человека территориями, и поэтому подвержены сильному техносферному давлению.

Таблица 0.1. Состав площадей на некоторых континентах Земли

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Континент | Ненарушенная территория,% | Частично нарушенная территория,% | Нарушенная территория.% |
| Европа Азия Северная Америка | 15.643.656.3 | 19,627.018,8 | 64,929,524,9 |

Техносфера – детище XX в., приходящее на смену биосфере.

К новым техносферным относятся условия обитания человека в городах и промышленных центрах, производственные, транспортные и бытовые условия жизнедеятельности. Практически все урбанизированное население проживает в техносфере, где условия обитания существенно отличаются от биосферных прежде всего повышенным влиянием на человека техногенных негативных факторов. Характерное состояние системы «человек–среда обитания», совокупность и направленность воздействия негативных факторов в регионах техносферы показаны на рис.0.3.

Взаимодействие человека и техносферы. Человек и окружающая его среда (природная, производственная, городская, бытовая и др.) в процессе жизнедеятельности постоянно взаимодействуют друг с другом. При этом «жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потоков вещества, энергии и информации» (Закон сохранения жизни, Ю.Н. Куражковский [0.8]).

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека и/или природную среду. В естественных условиях такие воздействия наблюдаются при изменении климата и стихийных явлениях.

В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.) и действиями человека. Изменяя величину любого потока от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек – среда обитания»:

– комфортное (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и как следствие продуктивности деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

– допустимое, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека. Соблюдение условий допустимого взаимодействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания;

– опасное, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и/или приводят к деградации природной среды;

– чрезвычайно опасное, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

Из четырех характерных состояний взаимодействия человека со средой обитания лишь первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) – недопустимы для процессов жизнедеятельности человека, сохранения и развития природной среды.

Взаимодействие человека со средой обитания может быть позитивным или негативным, характер взаимодействия определяют потоки веществ, энергий и информаций.

Опасности, вредные и травмирующие факторы. Результат взаимодействия человека со средой обитания может изменяться в весьма широких пределах: от позитивного до катастрофического, сопровождающегося гибелью людей и разрушением компонент среды обитания. Определяют негативный результат взаимодействия опасности – негативные воздействия, внезапно возникающие, периодически или постоянно действующие в системе «человек – среда обитания».

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям.

При идентификации опасностей необходимо исходить из принципа «все воздействует на все». Иными словами, источником опасности может быть все живое и неживое, а подвергаться опасности также может все живое и неживое. Опасности не обладают избирательным свойством, при своем возникновении они негативно воздействуют на всю окружающую их материальную среду. Влиянию опасностей подвергается человек, природная среда, материальные ценности. Источниками (носителями) опасностей являются естественные процессы и явления, техногенная среда и действия людей. Опасности реализуются в виде энергии, вещества и информации, они существуют в пространстве и во времени.

Опасность – центральное понятие в безопасности жизнедеятельности.

Различают опасности естественного и антропогенного происхождения. Естественные опасности обусловливают стихийные явления, климатические условия, рельеф местности и т.п. Ежегодно стихийные явления подвергают опасности жизнь около 25 млн. человек. Так, например, в 1990 г. в результате землетрясений в мире погибло более 52 тыс. человек. Этот год стал наиболее трагичным в минувшем десятилетии, учитывая, что за период 1980... 1990 гг. жертвами землетрясений стали 57 тыс. человек.

Негативное воздействие на человека и среду обитания, к сожалению, не ограничивается естественными опасностями. Человек, решая задачи своего материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.), генерируя в среде обитания антропогенные опасности. Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных опасностей, вредных и травмирующих факторов, отрицательно воздействующих на человека и окружающую его среду.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Травмирующий (травмоопасный) фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Перефразируя аксиому о потенциальной опасности, сформулированную О.Н. Русаком в работе [0.9], можно констатировать:

Жизнедеятельность человека потенциально опасна.

Аксиома предопределяет, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать травмирующие и вредные факторы. При этом любое новое позитивное действие или результат неизбежно сопровождается возникновением новых негативных факторов.

Справедливость аксиомы можно проследить на всех этапах развития системы «человек–среда обитания». Так, на ранних стадиях своего развития, даже при отсутствии технических средств, человек непрерывно испытывал воздействие негативных факторов естественного происхождения: пониженных и повышенных температур воздуха, атмосферных осадков, контактов с дикими животными, стихийных явлений и т.п. В условиях современного мира к естественным прибавились многочисленные факторы техногенного происхождения: вибрации, шум, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, водоемах, почве; электромагнитные поля, ионизирующие излучения и др.

Антропогенные опасности во многом определяются наличием отходов, неизбежно возникающих при любом виде деятельности человека в соответствии с законом о неустранимости отходов (или) побочных воздействий производств [0.8|: «В любом хозяйственном цикле образуются отходы и побочные эффекты, они не устранимы и могут быть переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве». Отходы сопровождают работу промышленного и сельскохозяйственного производств, средств транспорта, использование различных видов топлива при получении энергии, жизнь животных и людей и т.п. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии и т.п. Количественные и качественные показатели отходов, а также регламент обращения с ними определяют уровни и зоны возникающих при этом опасностей.

Значительным техногенным опасностям подвергается человек при попадании в зону действия технических систем: транспортные магистрали; зоны излучения радио-и телепередающих систем, промышленные зоны и т.п. Уровни опасного воздействия на человека в этом случае определяются характеристиками технических систем и длительностью пребывания человека в опасной зоне. Вероятно проявление опасности и при использовании человеком технических устройств на производстве и в быту; электрические сети и приборы, станки, ручной инструмент, газовые баллоны и сети, оружие и т.п. Возникновение таких опасностей связано как с наличием неисправностей в технических устройствах, так и с неправильными действиями человека при их использовании. Уровни возникающих при этом опасностей определяются Энергетическими показателями технических устройств.

В настоящее время перечень реально действующих негативных факторов значителен и насчитывает более 100 видов. К наиболее распространенным и обладающим достаточно высокими концентрациями или энергетическими уровнями относятся вредные производственные факторы: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха (температуры, влажности, подвижности воздуха, давления), недостаточное и неправильное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд и др.

Даже в быту нас сопровождает большая гамма негативных факторов. К ним относятся: воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭС, промышленных предприятий, автотранспорта и мусоросжигающих устройств; вода с избыточным содержанием вредных примесей; недоброкачественная пища; шум, инфразвук; вибрации; электромагнитные поля от бытовых приборов, телевизоров, дисплеев, ЛЭП, радиорелейных устройств; ионизирующие излучения (естественный фон, медицинские обследования, фон от строительных материалов, излучения приборов, предметов быта); медикаменты при избыточном и неправильном потреблении; алкоголь; табачный дым; бактерии, аллергены и др.

Мир опасностей, угрожающих личности, весьма широк и непрерывно нарастает. В производственных, городских, бытовых условиях на человека воздействует, как правило, несколько негативных факторов. Комплекс негативных факторов, действующих в конкретный момент времени, зависит от текущего состояния системы «человек – среда обитания». На рис.0.4 показана характерная суточная миграция городского жителя (сотрудника промышленного предприятия) в системе «человек – техносфера», где размер радиуса условно соответствует относительной доле негативных факторов антропогенного происхождения в различных вариантах среды обитания.

Безопасность, системы безопасности. Все опасности тогда реальны, когда они воздействуют на конкретные объекты (объекты защиты). Объекты защиты, как и источники опасностей, многообразны. Каждый компонент окружающей среды может быть объектом защиты от опасностей. В порядке приоритета к объектам защиты относятся: человек, общество, государство, природная среда (биосфера), техносфера и т.п.

Основное желаемое состояние объектов защиты безопасное. Оно реализуется при полном отсутствии воздействия опасностей. Состояние безопасности достигается также при условии, когда действующие на объект защиты опасности снижены до предельно допустимых уровней воздействия.

Безопасность – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Следует отметить, что термин «безопасность» часто используют для оценки качества источника опасности, говоря о неспособности источника генерировать опасности. Настало время, когда для описания такого свойства источников опасности необходимо найти иной термин. Такими терминами могут быть: «неопасность», «совместимость», «экологичность» и т.п.

Экологичностъ источника опасности – состояние источника, при котором соблюдается его допустимое воздействие на техносферу и/или биосферу.

Говоря о реализации состояния безопасности, необходимо рассматривать объект защиты и совокупность опасностей, действующих на него.

Сегодня реально существуют следующие системы безопасности:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид опасности, поле опасностей | Объект защиты | Система безопасности |
| Опасности среды деятельности человека | Человек | Безопасность (охрана) труда |
| Опасности среды деятельности и отдыха, города и жилища–опасности тсхносферы | Человек | Безопасность жизнедеятельности человека |
| Опасности техносферы | Природная среда | Охрана природной среды |
| Чрезвычайные опасности биосферы и техносферы, в том числе пожары, ионизирущие воздействия | ЧеловекПриродная средаМатериальные ресурсы | Защита в чрезвычайных ситуациях, пожарная и радиационная защита |
| Внешние и внутренние общегосударственные опасности | Общество, нация | Система безопасности страны, национальная безопасность |
| Опасности неконтролируемой и неуправляемой общечеловеческой деятельности (рост населения, оружие массового поражения, потепление климата и т.п.)  | ЧеловечествоБиосфераТехносфера | Глобальная безопасность |
| Опасности космоса | Человечество, планета Земля | Космическая безопасность |

Из вышесказанного следует, что системы безопасности по объектам защиты, реально существующие в настоящее время, распадаются на следующие основные виды:

– систему личной и коллективной безопасности человека в процессе его жизнедеятельности;

– систему охраны природной среды (биосферы);

– систему государственной безопасности;

– систему глобальной безопасности.

Историческим приоритетом обладают системы обеспечения безопасности человека, который на всех этапах своего развития постоянно стремился к обеспечению комфорта, личной безопасности и сохранению своего здоровья. Это стремление было мотивацией многих действий и поступков человека.

Создание надежного жилища не что иное, как стремление обеспечить себя и свою семью защитой от естественных негативных факторов: молнии, осадков, диких животных, пониженной и повышенной температуры, солнечной радиации и т.п. Но появление жилища грозило человеку возникновением новых негативных воздействий, например, обрушением жилища, при внесении в него огня – отравлением при задымлении, ожогами и пожарами.

Наличие в современных квартирах многочисленных бытовых приборов и устройств существенно облегчает быт, делает его комфортным и эстетичным, но одновременно вводит целый комплекс травмирующих и вредных факторов: электрический ток, электромагнитное поле, повышенный уровень радиации, шум, вибрации, опасность механического травмирования, токсичные вещества и т.п.

Прогресс в сфере производства в период научно-технической революции сопровождался и сопровождается в настоящее время ростом числа и энергетического уровня травмирующих, и вредных факторов производственной среды. Так, использование прогрессивных способов плазменной обработки материалов потребовало средств защиты работающих от токсичных аэрозолей, воздействия электромагнитного поля, повышенного шума, электрических сетей высокого напряжения.

Создание двигателей внутреннего сгорания решило многие транспортные проблемы, но одновременно привело к повышенному травматизму на дорогах, породило трудно решаемые задачи по защите человека и природной среды от токсичных выбросов автомобилей (отработавших газов, масел, продуктов износа шин и др.).

Таким образом, стремление человека к достижению высокой производительности своей деятельности, комфорта и личной безопасности в интенсивно развивающейся техносфере сопровождается увеличением числа задач, решаемых в системе «безопасность жизнедеятельности человека».

Значимость проблем в системах безопасности непрерывно увеличивается, поскольку растет не только число, но и энергетический уровень негативных воздействий. Если уровень влияния естественных негативных факторов практически стабилен на протяжении многих столетий, то большинство антропогенных факторов непрерывно повышает свои энергетические показатели (рост напряжений, давлений и др.) при совершенствовании и разработке новых видов техники и технологии (появление ядерной энергетики, концентрация энергоресурсов и т.п.).

В последние столетия неизмеримо выросли уровни энергии, которыми владеет человек. Если в конце XVIII в. он обладал лишь паровой машиной мощностью до 75 кВт, в конце XX в. в его распоряжении находятся энергетические установки мощностью 1000 МВт и более. Значительные энергетические мощности сосредоточены в хранилищах взрывчатых веществ, топлив и других химически активных веществ.

По мнению акад.Н. Н. Моисеева, «человечество вступило в новую эру своего существования, когда потенциальная мощь создаваемых им средств воздействия на среду обитания становится соизмеримой с могучими силами природы планеты. Это внушает не только гордость, но и опасение, ибо чревато последствиями. ., которые могут привести к уничтожению цивилизации и даже всего живого на Земле».

Многие системы безопасности взаимосвязаны между собой как по негативным воздействиям, так и средствам достижения безопасности. Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в техносфере почти всегда неразрывно связано с решением задач по охране природной среды (снижение выбросов и сбросов и др.). Это хорошо иллюстрируют результаты работ по сокращению токсичных выбросов в атмосферу промышленных зон и, как следствие, по уменьшению негативного влияния этих зон на природную среду.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в техносфере – путь к решению многих проблем защиты природной среды от негативного влияния техносферы.

Рост антропогенного негативного влияния на среду обитания не всегда ограничивается нарастанием только опасностей прямого действия, например, ростом концентраций токсичных примесей в атмосфере. При определенных условиях возможно появление вторичных негативных воздействий, возникающих на региональном или глобальном уровнях и оказывающих негативное влияние на регионы биосферы и значительные группы людей. К ним относятся процессы образования кислотных дождей, смога, «парниковый эффект», разрушение озонового слоя Земли, накопление токсичных и канцерогенных веществ в организме животных и рыб, в пищевых продуктах и т.п.

Решение задач, связанных с обеспечением безопасности жизнедеятельности человека, – фундамент для решения проблем безопасности на более высоких уровнях: техносферном, региональном, биосферном, глобальном.

Теоретические основы и практические функции БЖД. Как отмечено выше, опасности техносферы во многом антропогенны. В основе их возникновения лежит человеческая деятельность, направленная на формирование и трансформацию потоков вещества, энергии и информации в процессе жизнедеятельности. Изучая и изменяя эти потоки, можно ограничить их величину допустимыми значениями. Если сделать это не удается, то жизнедеятельность становится опасной.

Мир опасностей в техносфере непрерывно нарастает, а методы и средства защиты от них создаются и совершенствуются со значительным опозданием. Остроту проблем безопасности практически всегда оценивали по результату воздействия негативных факторов – числу жертв, потерям качества компонент биосферы, материальному ущербу. Сформулированные на такой основе защитные мероприятия оказывались и оказываются несвоевременными, недостаточными и, как следствие, недостаточно эффективными. Ярким примером вышеизложенного является начавшийся в 70-е годы с тридцатилетним опозданием экологический бум, который по сей день во многих странах, в том числе и в России, не набрал необходимой силы.

Оценка последствий от воздействия негативных факторов по конечному результату – грубейший просчет человечества, приведший к огромным жертвам и кризису биосферы.

Где же выход? Он очевиден. Решение проблем безопасности жизнедеятельности необходимо вести на научной основе.

Наука – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

В ближайшем будущем человечество должно научиться прогнозировать негативные воздействия и обеспечивать безопасность принимаемых решений на стадии их разработки, а для защиты от действующих негативных факторов создавать и активно использовать защитные средства и мероприятия, всемерно ограничивая зоны действия и уровни негативных факторов.

Реализация целей и задач в системе «безопасность жизнедеятельности человека» приоритетна и должна развиваться на научной основе.

Наука о безопасности жизнедеятельности исследует мир опасностей, действующих в среде обитания человека, разрабатывает системы и методы защиты человека от опасностей. В современном понимании безопасность жизнедеятельности изучает опасности производственной, бытовой и городской среды как в условиях повседневной жизни, так и при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного и природного происхождения. Реализация целей и задач безопасности жизнедеятельности включает следующие основные этапы научной деятельности:

– идентификация и описание зон воздействия опасностей техносферы и отдельных ее элементов (предприятия, машины, приборы и т.п.);

– разработка и реализация наиболее эффективных систем и методов защиты от опасностей;

– формирование систем контроля опасностей и управления состоянием безопасности техносферы;

– разработка и реализация мер по ликвидации последствий проявления опасностей;

– организация обучения населения основам безопасности и подготовки специалистов по безопасности жизнедеятельности.

Главная задача науки о безопасности жизнедеятельности – превентивный анализ источников и причин возникновения опасностей, прогнозирование и оценка их воздействия в пространстве и во времени.

Современная теоретическая база БЖД должна содержать, как минимум:

– методы анализа опасностей, генерируемых элементами техносферы;

– основы комплексного описания негативных факторов в пространстве и во времени с учетом возможности их сочетанного воздействия на человека в техносфере;

– основы формирования исходных показателей экологичности к вновь создаваемым или рекомендуемым элементам техносферы с учетом ее состояния;

– основы управления показателями безопасности техносферы на базе мониторинга опасностей и применения наиболее эффективных мер и средств защиты;

– основы формирования требований по безопасности деятельности к операторам технических систем и населению техносферы.

При определении основных практических функций БЖД необходимо учитывать историческую последовательность возникновения негативных воздействий, формирования зон их действия и защитных мероприятий. Достаточно долго негативные факторы техносферы оказывали основное воздействие на человека лишь в сфере производства, нынудив его разработать меры техники безопасности. Необходимость более полной защиты человека в производственных зонах привела к охране труда. Сегодня негативное влияние техносферы расширилось до пределов, когда объектами защиты стали также человек в городском пространстве и жилище, биосфера, примыкающая к промышленным зонам.

Нетрудно видеть, что почти во всех случаях проявления опасностей источниками воздействия являются элементы техносферы с их выбросами, сбросами, твердыми отходами, энергетическими полями и излучениями. Идентичность источников воздействия во всех зонах техносферы неизбежно требует формирования общих подходов и решений в таких областях защитной деятельности как безопасность труда, безопасность жизнедеятельности и охрана природной среды. Все это достигается реализацией основных функций БЖД. К ним относятся:

– описание жизненного пространства его зонированием по значениям негативных факторов на основе экспертизы источников негативных воздействий, их взаимного расположения и режима действия, а также с учетом климатических, географических и других особенностей региона или зоны деятельности;

– формирование требований безопасности и экологичности к источникам негативных факторов

– назначение предельно допустимых выбросов (ПДВ), сбросов (ПДС), энергетических воздействий (ПДЭВ), допустимого риска и др.;

– организация мониторинга состояния среды обитания и инспекционного контроля источников негативных воздействий;

– разработка и использование средств экобиозащиты;

– реализация мер по ликвидации последствий аварий и других ЧС;

– обучение населения основам БЖД и подготовка специалистов всех уровней и форм деятельности к реализации требований безопасности и экологичности.

Не все функции БЖД сейчас одинаково развиты и внедрены в практику. Существуют определенные наработки в области создания и применения средств экобиозащиты, в вопросах формирования требований безопасности и экологичности к наиболее значимым источникам негативных воздействий, в организации контроля состояния среды обитания в производственных и городских условиях. Вместе с тем, только в последнее время появились и формируются основы экспертизы источников негативных воздействий, основы превентивного анализа негативных воздействий и их мониторинг в техносфере.

Основными направлениями практической деятельности в области БЖД являются профилактика причин и предупреждение условий возникновения опасных ситуаций.

Анализ реальных ситуаций, событий и факторов уже сегодня позволяет сформулировать ряд аксиом науки о безопасности жизнедеятельности в техносфере [0.4]. К ним относятся:

Аксиома 1. Техногенные опасности существуют, если повседневные потоки вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения.

Пороговые или предельно допустимые значения опасностей устанавливаются из условия сохранения функциональной и структурной целостности человека и природной среды. Соблюдение предельно допустимых значений потоков создает безопасные условия жизнедеятельности человека в жизненном пространстве и исключает негативное влияние техносферы на природную среду.

Аксиома 2. Источниками техногенных опасностей являются элементы техносферы.

Опасности возникают при наличии дефектов и иных неисправностей в технических системах, при неправильном использовании технических систем, а также из-за наличия отходов, сопровождающих эксплуатацию технических систем. Технические неисправности и нарушения режимов использования технических систем приводят, как правило, к возникновению травмоопасных ситуаций, а выделение отходов (выбросы в атмосферу, стоки в гидросферу, поступление твердых веществ на земную поверхность, энергетические излучения и поля) сопровождается формированием вредных воздействий на человека, природную среду и элементы техносферы.

Аксиома 3. Техногенные опасности действуют в пространстве и во времени.

Травмоопасные воздействия действуют, как правило, кратковременно и спонтанно в ограниченном пространстве. Они возникают при авариях и катастрофах, при взрывах и внезапных разрушениях зданий и сооружений. Зоны влияния таких негативных воздействий, как правило, ограничены, хотя возможно распространение их влияния и на значительные территории, например, при аварии на ЧЭАЭС.

Для вредных воздействий характерно длительное или периодическое негативное влияние на человека, природную среду и элементы техносферы. Пространственные зоны вредных воздействий изменяются в широких пределах от рабочих и бытовых зон до размеров всего земного пространства. К последним относятся воздействия выбросов парниковых и озоно-разрушающих газов, поступление радиоактивных веществ в атмосферу и т.п.

Аксиома 4. Техногенные опасности оказывают негативное воздействие на человека, природную среду и элементы техносферы одновременно.

Человек и окружающая его техносфера, находясь в непрерывном материальном, энергетическом и информационном обмене, образуют постоянно действующую пространственную систему «человек – техносфера» Одновременно существует и система «техносфера – природная среда» (рис.0.5). Техногенные опасности не действуют избирательно, они негативно воздействуют на все составляющие вышеупомянутых систем одновременно, если последние оказываются в зоне влияния опасностей.

Аксиома 5. Техногенные опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды.

Воздействие травмоопасных факторов приводит к травмам или гибели людей, часто сопровождается очаговыми разрушениями природной среды и техносферы. Для воздействия таких факторов характерны значительные материальные потери.

Воздействие вредных факторов, как правило, длительное, оно оказывает негативное влияние на состояние здоровья людей, приводит к профессиональным или региональным заболеваниям. Воздействуя на природную среду, вредные факторы приводят к деградации представителей флоры и фауны, изменяют состав компонент биосферы.

При высоких концентрациях вредных веществ или при высоких потоках энергии вредные факторы по характеру своего воздействия могут приближаться к травмоопасным воздействиям. Так, например, высокие концентрации токсичных веществ в воздухе, воде, пище могут вызывать отравления.

Аксиома 6. Защита от техногенных опасностей достигается совершенствованием источников опасности, увеличением расстояния между источником опасности и объектом защиты, применением защитных мер.

Уменьшить потоки веществ, энергий или информации в зоне деятельности человека можно, уменьшая эти потоки на выходе из источника опасности (или увеличением расстояния от источника до человека). Если это практически неосуществимо, то нужно применять защитные меры: защитную технику, организационные мероприятия и т.п.

Аксиома 7. Компетентность людей в мире опасностей и способах защиты от них – необходимое условие достижения безопасности жизнедеятельности.

Широкая и все нарастающая гамма техногенных опасностей, отсутствие естественных механизмов защиты от них, все это требует приобретения человеком навыков обнаружения опасностей и применения средств защиты. Это достижимо только в результате обучения и приобретения опыта на всех этапах образования и практической деятельности человека. Начальный этап обучения вопросам безопасности жизнедеятельности должен совпадать с периодом дошкольного образования, а конечный – с периодом повышения квалификации и переподготовки кадров во всех сферах экономики.

Из вышесказанного следует, что мир техногенных опасностей вполне познаваем и что у человека есть достаточно средств и способов защиты от техногенных опасностей. Существование техногенных опасностей и их высокая значимость в современном обществе обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме техногенной безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Во многом это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления.

Принципиально воздействие вредных техногенных факторов может быть устранено человеком полностью; воздействие техногенных травмоопасных факторов – ограничено допустимым риском за счет совершенствования источников опасностей и применения защитных средств; воздействие естественных опасностей может быть ограничено мерами предупреждения и защиты.

Критерии комфортности и безопасности техносферы. Комфортное состояние жизненного пространства по показателям микроклимата и освещения достигается соблюдением нормативных требований. В качестве критериев комфортности устанавливают значения температуры воздуха в помещениях, его влажности и подвижности (например, ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»). Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий (например, СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение»). При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения.

Критериями безопасности техносферы являются ограничения, вводимые на концентрации веществ, и потоки энергий в жизненном пространстве.

Концентрации регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

где Сi – концентрация i-го вещества в жизненном пространстве; ПДКi – предельно допустимая концентрация i-го вещества в жизненном пространстве; n – число веществ.

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями:

где Ii – интенсивность i-го потока энергии; ПДУi – предельно допустимая интенсивность потока энергии.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются нормативными актами Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации. Так, например, применительно к условиям загрязнения производственной и окружающей среды электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона действуют Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах регламентированы класс опасности и допустимые концентрации загрязняющих веществ.

Концентрация каждого вредного вещества в приземном слое не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации, т.е. С≤ ПДКmax, при экспозиции не более 20 мин. Если время воздействия вредного вещества превышает 20 мин, то С≤ ПДКсс.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их концентрации должны удовлетворять условию (0.1) в виде:

ПДК и ПДУ лежат в основе определения предельно допустимых выбросов (сбросов) или предельно допустимых потоков энергии для источников загрязнения среды обитания.

Опираясь на значения ПДК и ПДУ и зная фоновые значения концентраций веществ (Сф) и потоков энергии (Iф) в конкретном жизненном пространстве, можно определить предельно допустимые выбросы (сбросы) примесей (энергии) для конкретных источников загрязнения среды обитания.

Так, например, при определении предельно допустимого выброса (ПДВ) вещества в атмосферный воздух источник загрязнения должен выполнить условие:

где С – концентрация вещества в жизненном пространстве, которая может быть создана источником загрязнения.

По значению концентрации С можно найти ПДВ для промышленного объекта. Требования к расчету содержатся в ГОСТ 17.2.3.02–78 и в ОНД–86.

Таким образом, наличие достаточно жесткой связи между концентрациями примесей в жизненном пространстве и потоком примесей, выделяемых источником загрязнения, позволяет реально управлять ситуацией, связанной с загрязнением жизненного пространства, за счет изменения количества выбрасываемых веществ (энергии).

Предельно допустимые выбросы (сбросы) и предельно допустимые излучения энергии источниками загрязнения среды обитания являются критериями экологичности источника воздействия на среду обитания. Соблюдение этих критериев гарантирует реализацию условий [0.1] – [0.2| и безопасность жизненного пространства.

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений (например, при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

Риск – вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле

где R – риск; Nчс – число чрезвычайных событий в год; No – общее число событий в год; Rдоп – допустимый риск.

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более 10-3, приемлемый – менее 10-6. При значениях риска от 10-3 до 10-6 принято различать переходную область значений риска.

Характерные значения риска естественной и принудительной смерти людей от воздействия условий жизни и деятельности приведены ниже:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Величина риска10-210-3 | РискСердечно-сосудистые заболевания Злокачественные опухоли | ЗоныЗона неприемлемого риска(R>10-3)  |
| 10-410-510-6 | Автомобильные аварии Несчастные случаи на производстве Аварии на железнодорожном, водном и воздушном транспорте; пожары и взрывы Проживание вблизи ТЭС (при нормальном режиме работы)  | Переходная зона значений риска (10-6R<10-3)  |
| 10-7 10-8 | Все стихийные бедствияПроживание вблизи АЭС (при нормальном режиме работы)  | Зона приемлемого риска (R<10-6)  |

Следует заметить, что, несмотря на то, что потоки масс и энергий при авариях технических систем формируются, как правило, спонтанно, на их величину и вероятность возникновения можно оказывать влияние ограничением запасов масс веществ и энергий в одном объекте, контролем за состоянием объекта, введением защитных зон, использованием предохранительных средств и др.

Показатели негативности техносферы. В тех случаях, когда состояние среды обитания не удовлетворяет критериям безопасности (0.1) – [0.3] и комфортности, неизбежно возникают негативные последствия. Для интегральной оценки влияния опасностей на человека и среду обитания используют ряд показателей негативности. К ним относят:

– численность пострадавших Ттр от воздействия травмирующих факторов.

Для оценки травматизма в производственных условиях, кроме абсолютных показателей, используют относительные показатели частоты и тяжести травматизма.

Показатель частоты травматизма Кч определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

где С – среднесписочное число работающих.

Показатель тяжести травматизма Кт характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

где Д – суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Для оценки уровня нетрудоспособности вводят показатель нетрудоспособности Кн = Д 1000 /С; нетрудно видеть, что Кн = Кч Кт;

– численность пострадавших Тз, получивших профессиональные или региональные заболевания;

– показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ) при воздействии вредного фактора или их совокупности. К показателям СПЖ относятся абсолютные значения СПЖ в сутках и относительные показатели СПЖ, определяемые по формуле СПЖ=(П-СПЖ/365) /П, где П –средняя продолжительность жизни, лет;

– региональная младенческая смертность определяется числом смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных;

– материальный ущерб. Например, экономические потери от стихийных бедствии в мире составляют:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год ………………………………………………….  | 1989 | 1993 | 1995 |
| Потери, млрд. долларов…………………………….  | 7 | 27 | 35 |

Актуальность научных исследований и практической деятельности в области БЖД. Современный человек не всегда пребывает в комфортных или допустимых условиях Опасные и даже чрезвычайно опасные условия жизнедеятельности пока вероятны в условиях техносферы. Отклонение от допустимых условий деятельности всегда сопровождаются воздействием негативных факторов на человека и принуждает его к толерантности, что отрицательно влияет на производительность труда, ухудшает самочувствие, приводит к травмам и заболеваниям, а иногда и к гибели людей

Толерантность – способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

О влиянии параметров микроклимата на самочувствие человека в состоянии покоя и при выполнении работ средней тяжести свидетельствуют данные табл.0.3.

Таблица 0.3. Зависимость состояния человека от изменения параметров микроклимата

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Состояние | Температура рабочей зоны, С | Влажность,% | Частота пульса, 1/мин |
| Покой Работа средней тяжести | 27322732 | 80908090 | 60110120150 |

С ростом температуры воздуха рабочей зоны сверхоптимального значения (16…18 ° С) снижается относительная работоспособность:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура воздуха рабочей зоны, ° С | 16…18 | 25…27 | 30…32 |
| Относительная работоспособность (выполнение тяжелых работ при относительной влажности 100%)  |
|
| 1,0 0,5 0,2 |

Неудовлетворительное освещение является одной из причин повышенного утомления, особенно при напряженных зрительных работах. Продолжительная работа при недостаточном освещении приводит к снижению производительности труда, увеличению брака, повышению вероятности нарушения зрения. Е.А. Никитиной показано, что нормализация освещения снижает утомление в 1,5…2 раза, брак в работе на 3…5%, повышает производительность на 1,5…2%.

Воздействие вредных факторов на человека сопровождается ухудшением здоровья, возникновением профессиональных заболеваний, а иногда и сокращением продолжительности жизни.

Экспертная оценка условий труда в экономике России показала, что не соответствуют нормативно допустимым требованиям условия труда по ряду вредных факторов, основными из которых являются:

|  |  |
| --- | --- |
| Вредные факторы | Доля работающих в неблагоприятных условиях,% |
| Загазованность, запыленность | 3 |
| Неблагоприятные температурные режимы | 2,3 |
| Повышенный шум | 1,8 |
| Недостаточное освещение | 1.8 |
| Повышенная вибрация | 0.5 |

Долю заболевших вибрационной болезнью (%) в зависимости от профессии и стажа работы характеризуют данные Ю.М. Васильева:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стаж работы, лет | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Слесарь | 0 | 0 | 4 | 21 | 54 |
| Формовщик | 0.5 | 2.3 | 14 | 40 | 72 |
| Обрубщик | 0 | 11 | 49 | 86 | 89 |

В условиях повышенного шума нарушение слуха зависит от стажа работы и эквивалентного уровня звука:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эквивалентный уровень звука, дБ А | 80 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 | 110 | 110 |
| Стаж работы, лет | 25 | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 |
| Доля заболевших тугоухостью,% | 0 | 4 | 14 | 17 | 12 | 37 | 43 | 26 | 71 | 78 |

Вследствие воздействия вредных производственных факторов в России в 1992 г получили инвалидность 11 тыс. человек.

Показатели сокращения продолжительности жизни (СПЖ) работающих или проживающих во вредных условиях пока еще редко используются для оценки негативного влияния этих условий. Некоторые их значения уже известны:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условие обитания | СПЖ, сут | Относительное СПЖ |
| Курение по 20 сигарет в день в течение 45 лет | 2250 | 0,9 |
| Работа в угольной шахте | 1100 | 0,951 |
| Проживание в неблагоприятных условиях | 500 | 0.978 |
| Загрязнение воздуха в крупных городах | 350 | 0,985 |

Оценочные данные свидетельствуют о том, что ежегодно в мире на производстве от травмирующих факторов погибают около 200 тыс. человек и получают травмы 120 млн. человек. В нашей стране травматизм с летальным исходом на производстве, автодорогах, в быту непрерывно нарастает. Так, в СССР от принудительной смерти в 1986 г. погибли 247,8, в 1989 г. – 287 тыс. человек. В России в 1992 г. на производстве погибли 8234 человек и получили инвалидность 14 тыс. человек.

Наибольшее число несчастных случаев отмечено на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса, угольной, лесной, бумажной промышленности. Тревогу вызывает рост травматизма с летальным исходом в отраслях, определяющих технический прогресс: машиностроении, радиоэлектронике, станкостроительной, оборонной промышленности. В машиностроении России в 1988 г. травмировано 58,3 тыс. человек, погибло 400 человек.

Негативное влияние региональных загрязнений на здоровье людей, продолжительность их жизни и младенческую смертность проявляется в крупных городах и промышленных центрах. По данным института географии РАН, в неблагоприятных условиях живет пятая часть населения России, в том числе 40% городских жителей. В условиях десятикратного превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных веществ в атмосферном воздухе проживает население более 70 городов с общей численностью более 50 млн. человек.

Практически все города с населением более 1 млн. человек, а также Санкт-Петербург и Москва должны быть отнесены к I или II категории экологического неблагополучия, которые оцениваются как «наиболее высокое» и «очень высокое». В группе городов с численностью населения от 250 до 500 тыс. человек – таких городов лишь 25%. Причем, как правило, это крупные промышленные центры с наиболее опасными отраслями производства – металлургией, химией и нефтехимией.

Чрезвычайно высокая насыщенность крупных городов транспортом вносит очень весомый вклад в их загрязнение. Доля выбросов автотранспорта в загрязнении воздушного бассейна, как правило, составляет 40–50% и более, в Москве приближается к 80%. В связи с бурным развитием автомобилизации в последние годы проблема загрязнения воздушного бассейна обостряется. Большая интенсивность движения транспортных потоков в улично-дорожной сети городов, достигающая 1000–3000 авт. /ч и более при несовершенстве и чрезвычайной загруженности улично-дорожной сети, особенно в центральных районах, определяет их повышенное загрязнение основными компонентами автомобильных выбросов – оксидами азота, бензопиреном, оксидом углерода.

С негативным воздействием транспорта связано и шумовое загрязнение городов. Около 40–50% населения крупных городов живут в условиях акустического дискомфорта. На наиболее загруженных городских магистралях, вдоль железных дорог и в зонах влияния аэропортов допустимые уровни шума превышаются на 30–40 дБ, что представляет опасность для здоровья населения.

Процесс урбанизации «наградил» крупные города факторами неблагополучия. Прежде всего, это нарушения микроклиматического режима, изменения режима подземных вод и определяемые этим процессы подтопления городских территорий, загрязнение подземных и поверхностных вод.

В результате значительных антропогенных нагрузок в большинстве городов происходит дальнейшая деградация растительности, что ухудшает состояние городской среды.

Загрязнение среды обитания вредными веществами неуклонно снижает качество потребляемых продуктов питания, воды, воздуха, способствует попаданию в организм человека вредных веществ, что сопровождается ростом числа отравлений и заболеваний, сокращением продолжительности жизни, ростом детской патологии и младенческой смертности.

Таблица 0.4. Отдельные случаи чрезмерно высоких загрязнений компонент биосферы и их последствия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место и год | Вредный фактор | Патология, обусловленная загрязнением | Число пострадавших |
| Лондон, Великобритания, 1952 | Сильное загрязнение воздуха SО2 и взвешенными частицами серы | Увеличение числа случаев заболеваний сердца и легких | 3 тыс. случаев смерти |
| Минамата, Япония, 1956 | Загрязнение моря и рыбных продуктов ртутью | Неврологическое заболевание, «Болезнь Минамата» | 200 случаев тяжелых заболеваний  |
| Бхопал, Индия, 1985 | Сильное загрязнение воздуха метилизоцианатом | Острые заболевания легких | 2 тыс. случаев смерти, 200 тыс. случаев отравлений |

Число отравлений от недоброкачественных пищевых продуктов в СССР в 1988 г. достигло 1,8 млн. случаев, число отравлений с летальным исходом в быту и на производстве – 50 тыс. Причины отравлений различны, но наиболее характерными являются: недоброкачественные пищевые продукты, алкоголь, токсичные вещества и др.

Отравление – результат воздействия химического вещества на человека, приведший к заболеванию или летальному исходу.

Хорошо известны ситуации (табл.0.4), когда загрязнение атмосферного воздуха или водоемов привело к заболеваниям или смерти значительного числа людей. В кризисных регионах в последние десятилетия появились приоритетные заболевания, о чем свидетельствуют данные табл.0.5.

Таблица 0.5. Влияние состава атмосферного воздуха на здоровье людей

|  |  |
| --- | --- |
| Группа болезней | Показатели среднемесячной заболеваемости взрослого населения на 1 тыс. человек |
| средний показатель | г. Липецк | г. Березняки |
| Злокачественные новообразования | 0,25 | 0,48 | 0,32 |
| Болезни эндокринной системы | 0,26 | 1,09 | 0.30 |
| Болезни органов пищеварения | 1,9 | 12,11 | 6,64 |
| Болезни органов дыхания | 14,7 | 32,29 | 24,96 |
| Болезни системы кровообращения | 3.06 | 18,85 | 11,70 |
| Болезни кожи | 0,76 | 2.4 | 1,3 |
| Болезни органов чувств | 1.18 | 4,1 | 3,2 |

Примечание. Превышение ПДК вредных веществ в воздухе г. Липецка достигало 2...6 раз; г. Березники – 2...4 раза.

Резюмируя рассмотренные выше данные, можно утверждать, что в крупных городах, промышленных центрах и вокруг них формируются очаги патологии человеческих популяций. По данным специалистов, здоровье населения ухудшается на 60...70% из-за низкого качества окружающей среды и продуктов питания; при этом ежегодно от экологических заболеваний на планете умирает 1,6 млн. человек.

Качество среды обитания – степень соответствия параметров среды потребностям людей и других живых организмов. Их требования к качеству среды обитания достаточно консервативны, поэтому техносфера по качеству не должна значительно отличаться от природной среды.

По данным ООН (1989 г), средняя продолжительность жизни на Земле составляет 62 г. (63 –у женщин и 60 –у мужчин). По регионам и отдельным странам средняя продолжительность жизни людей различается весьма существенно:

Япония (1987):

мужчины... ... ... ... ... ...75,2

женщины... ... ... ... ... ...80,9

США (1990 г)... ... ... ... ... . .75

Африка (1990 г)... ... ... ... ... .54

СССР, мужчины (1991 г)... ... ... . .65(63,9)

Северные районы СССР, мужчины (1991) г...40...44\*

\*Данные М. Фишбаха и А. Френдли (США).

В России в 1995 г. продолжительность жизни женщин составила 71,7, мужчин – 58,3 года.

Младенческая смертность (данные ООН, 1989 г) в мире составляет в среднем 71 случай на 1000 новорожденных. В развитых странах она существенно ниже и равна, например, в США –10, в скандинавских странах–12...14. В СССР младенческая смертность в 1988 г., по данным А.И. Кондрусева, составляла 24,7, а по данным М. Фешбаха и А. Френдли–40. В Москве в 1994 г. младенческая смертность составила 17,9.

Сокращение продолжительности жизни населения и рост младенческой смертности в последние годы привели к тому, что в 42 регионах России в 1991 г. рождаемость оказалась ниже смертности. По данным Госкомстата РФ в 1992 г. впервые за послевоенные годы произошло абсолютное сокращение численности жителей России: население уменьшилось более чем на 70 тыс. и составило 148,6 млн. человек.

По данным (1997 г) Госкомитета РФ по статистике чаще всего россияне умирают от болезней системы кровообращения (55%) и от травм и отравлений (13,2%).

Материальный ущерб от региональных загрязнений среды обитания во многих странах также непрерывно нарастает. Так, в США ущерб от загрязнения атмосферы в 1950 г. составил 12,5, в 1968 – 16, а в 1977 –25 млрд. долларов. При этом менялись не только абсолютные показатели ущерба, но и его составляющие. Если в 1950 г. из 12,5 млрд. долларов лишь 1,5 млрд. долларов (12%) приходились на ухудшение здоровья населения, то в 1977 –уже 37%. В СССР в 1990–1991 гг. ежегодный ущерб от региональных загрязнений составлял около 50 млрд. рублей (в ценах 1991 г)

Определенный вклад в показатели принудительной инвалидности и гибели людей вносят чрезвычайные ситуации. В 1997 г. в России зафиксировано более 150 тыс. чрезвычайных ситуаций, в которых погибли 1651 человек. Постоянно возрастает не только общее число чрезвычайных ситуаций, но и число крупных аварий и катастроф, приводящих к значительным материальным потерям и жертвам. Сегодня характерна тенденция: вероятность каждого отдельного происшествия уменьшается, а масштабы последствий заметно возрастают. Авиационная статистика утверждает: в ходе развития самолетостроения одновременно с уменьшением общего риска перевозок растет масштаб негативных последствий отдельных аварий. За последние 20 лет нашего столетия произошло 56% наиболее крупных происшествий в промышленности и на транспорте, а в 80-е годы – около 33%.

Несмотря на совершенствование технических средств, аварийность и ее последствия нарастают. Наиболее характерными авариями являются: взрывы котлов, газопроводов, горючих пылей, рудничного газа, паров растворителей; обрушения зданий, мостов, строительных площадок. Особую тревогу вызывает возрастающий травматизм при эксплуатации транспортных средств (потери в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) в 1988 г. составили 51,3, в 1990 –уже 63 тыс. человек, причем ранено еще 350 тыс. человек). В Англии из каждых 100 человек, попавших в ДТП, погибал 1; в США –1,5, в ФРГ –2, в СССР –13 человек.

В некоторых видах аварий и катастроф СССР принадлежит печальный приоритет. Так, катастрофа на Чернобыльской АЭС (1986 г), по неокончательным данным, привела к материальному ущербу в 17 млрд. рублей, при этом погибло 30 и подверглось лучевым заболеваниям примерно 200 человек. Из-за опасности последующих облучений, вызванных воздействием радиоактивного йода и цезия, эвакуировано из опасной зоны около 100 тыс. человек. Взрыв водорода на бериллиевом производстве объединения «Ульбинский металлургический завод» в Усть-Каменогорске в 1990 г. привел к крупному выбросу бериллия. Превышение ПДК достигало 60...890 раз.

Для многих стран мира стало типичным аварийное загрязнение среды обитания токсичными химическими веществами. Так, в США за период 1980... 1984 гг. произошло 295 крупных аварийных выбросов в природную среду, повлекших за собой эвакуацию населения. В это число входят 153 случая аварий при транспортировании химических соединений, 121 авария на промышленных объектах, семь выбросов с мест захоронения и свалок токсичных отходов. Аналогичная ситуация и в СССР: только в 1990 г. произошли выбросы бериллия в Усть-Каменогорске, пиробензола – в Вологодской области, фенола – в Уфе.

Ряд чрезвычайных экологических ситуаций создают военные ведомства (Семипалатинский полигон на о. Новая Земля, в районе Челябинска и др.). Как правило, в зонах испытательных полигонов возникает и длительно действует комплекс повышенных негативных факторов: повышенный радиационный и химический фон, загрязнения токсичными веществами поверхностных и грунтовых вод, почвы и т.п.

На пожарах в СССР в 1988 г. погибло 8,5 тыс. человек, получили травмы более 10 тыс. человек. Основная часть людей гибнет на пожарах (особенно крупных) вследствие отсутствия или загромождения путей эвакуации, из-за удушья, поскольку при строительстве все еще применяют быстрогорящие материалы, выделяющие при горении токсичные соединения. Каждый третий пожар возникает из-за неисправности бытовых приборов. При сгорании телевизора в помещение выделяются оксид углерода, стирол, формальгид, фенол. В 1988 г. по этой причине погибли 217 человек.

Чтобы правильно оценивать масштабность и реальную опасность воздействия негативных факторов в различных системах «человек – среда обитания», обратимся к данным табл.0.6.

Таблица 0.6. Число погибших от воздействия негативных факторов в 1990 г., человек

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Число негативных факторов | В мире | В Российской Федерации |
| Промышленное производство Региональное загрязнение воды, воздуха, продуктов питания Стихийные явления Чрезвычайные ситуации | 200 000 1 600 000140 000– | 8 234 44800 (расчетные данные) –1 224 (1993 г)  |

Качественное изменение значимости негативных факторов в XX в. показано на рис.0.6. Производственные негативные факторы (кривая 2) заявили о себе еще в XIX в., в нашем столетии достигнута их стабилизация. В ряде стран производственный травматизм с летальным исходом в последние годы снижается, что является результатом эффективности принимаемых мер защиты.

Оценивая влияние негативных воздействий техносферы на человека и природную среду, не следует забывать, что ряд негативных факторов не ограничивает свое влияние только первичным воздействием. Некоторые факторы способны вызывать вторичные негативные явления в окружающей среде. К ним, в первую очередь, относят:

– разрушение озонового слоя;

– образование фотохимического смога;

– выпадение кислотных дождей;

– возникновение парникового эффекта.

Начиная с середины XX столетия резко возросло воздействие на людей региональных негативных факторов крупных городов и промышленных центров. Ряд негативных воздействий имеют уже глобальное влияние. Нарастает влияние и негативных факторов техногенного происхождения, действующих в чрезвычайных ситуациях.

Основы проектирования техносферы по условиям безопасности жизнедеятельности. Это достигается обеспечением комфорта в зонах жизнедеятельности; правильным расположением источников опасностей и зон пребывания человека; сокращением размеров опасных зон; применением экобиозащитной техники и средств индивидуальной защиты.

Комфортность техносферы. Наилучшие показатели работоспособности и отдыха достигаются при комфортном состоянии среды обитания и при рациональных режимах труда и отдыха.

Комфорт – оптимальное сочетание параметров микроклимата, удобств, благоустроенности и уюта в зонах деятельности и отдыха человека.

Комфортные и допустимые параметры воздушной среды в рабочих зонах регламентируются государственными стандартами и обеспечиваются в основном применением систем кондиционирования, вентиляции и отопления. Нормативные (оптимальные, допустимые) значения параметров микроклимата в рабочих зонах производственных помещениях зависят от категории выполняемых работ, периода года и некоторых других показателей (ГОСТ 12.1.005–88).

Важную роль в достижении эффективной деятельности играет искусственное освещение. Рационально выполненное освещение оказывает психофизиологическое воздействие на человека, способствует повышению эффективности деятельности, снижает напряженность органов зрения, повышает безопасность деятельности.

Эффективность деятельности человека в значительной степени зависит от организации рабочего места, в том числе от:

– правильного расположения и компоновки рабочего места;

– обеспечения удобной позы и свободы движений;

– использования оборудования, отвечающего требованиям эргономики.

Важное значение при достижении максимально эффективной деятельности играют режимы труда и отдыха. Сохранение высокой работоспособности достигается правильным чередованием режимов труда и отдыха.

Опасные зоны и зоны пребывания человека. Вредные и травмирующие воздействия, генерируемые техническими системами, образуют в жизненном пространстве техносферы опасные зоны, где не реализуются условия (0.1) –(0.3). Для этих зон характерны соотношения: С>ПДК, I > ПДУи R > Rдоп.

Одновременно с опасными зонами в жизненном пространстве существуют зоны деятельности (пребывания) человека. В быту – зона жилища, городская среда. В условиях производства – рабочая зона, рабочее место.

Рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположено рабочее место.

Рабочее место – зона постоянной или временной (более 50% или более 2 ч непрерывно) деятельности работающего.

Варьируя взаимным расположением опасных зон и зон пребывания человека в пространстве, можно существенно влиять на решение задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности. Различают четыре принципиальных варианта взаимного расположения зон опасности и зоны пребывания человека (рис.0.7).

Защита расстоянием. Полную безопасность гарантирует только I вариант взаимного расположения зон пребывания и действия негативных факторов – защита расстоянием, реализуемый при дистанционном управлении, наблюдении и т.п. Во II варианте негативное воздействие существует лишь в совмещенной части областей: если человек в этой части находится кратковременно (осмотр, мелкий ремонт и т.п.), то и негативное воздействие возможно только в этот период времени, в III варианте – негативное воздействие может быть реализовано в любой момент, а в IV варианте – только при нарушении функциональной целостности средств защиты зоны пребывания человека (как правило, средств индивидуальной защиты – (СИЗ), кабин наблюдения и т.п.).

Радикальным способом обеспечения безопасности является защита расстоянием –разведение в пространстве опасных зон и зон пребывания человека. Разводить опасные зоны и зоны пребывания человека можно не только в пространстве, но и во времени, реализуя чередование периодов действия опасностей и периодов наблюдения за состоянием технических систем.

К сожалению, защита расстоянием не всегда возможна на практике. Часто приходится решать вопросы безопасности при иных ( // –IV) вариантах взаимного расположения опасных зон и зон пребывания (см. рис.0.7).

Для обеспечения безопасности человека в этих случаях используют:

– совершенствование источников опасности с целью максимального снижения значимости генерируемых ими опасностей. Это не только снижает уровни опасностей, но и, как правило, сокращает размеры опасной зоны;

– введение защитных средств (экобиозащитная техника) для изоляции зоны пребывания человека от негативных воздействий;

– применение средств индивидуальной защиты человека от опасностей.

Сокращение размеров опасных зон. При воздействии вредных факторов сокращение размеров зон должно достигаться прежде всего совершенствованием технических систем, приводящим к уменьшению выделяемых ими отходов. Для ограничения вредного воздействия на человека и среду обитания к технической системе предъявляются требования по величине выделяемых в среду токсичных веществ в виде предельно допустимых выбросов или сбросов (ПДВ или ПДС), а также по величине энергетических загрязнений в виде предельно допустимых излучений в среду обитания. Значения ПДВ и ПДС определяют расчетом, исходя из значений ПДК в зонах пребывания человека. Величины предельных излучений находят, исходя из предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия загрязнения и расстояния между источником излучения и зоной пребывания человека.

Уменьшение отходов систем при их эксплуатации – радикальный путь к снижению воздействия вредных факторов.

Наибольшие трудности в ограничении размеров зон воздействия травмирующих факторов возникают при эксплуатации технических систем повышенной энергоемкости (хранилищ углеводородов, химических производств, АЭС и т.п.). При авариях на таких объектах травмоопасные зоны охватывают, как правило, не только производственные зоны, но и зоны пребывания населения. Основными направлениями в ограничении травмоопасности таких объектов являются:

– совершенствование систем безопасности объектов;

– дистанцирование промышленных и селитебных зон;

– активное использование защитных систем и устройств;

– непрерывный контроль источников опасности;

– достижение высокого профессионализма операторов технических систем.

Совершенство технической системы по травмоопасности оценивают величиной допустимого риска, который констатирует факт постоянного присутствия потенциального травмоопасного воздействия и определяет его нормативный уровень.

При создании технических систем оценка риска достигается анализом ее структурного строения, учета вероятности отказа отдельных ее элементов и возможных несанкционированных действий оператора при обслуживании технической системы или управления ею. Глубина анализа причин отказов технических систем и возможных ошибочных действий операторов способствует повышению безопасности (снижению риска) путем внедрения в техническую систему защитных средств и повышения требований к подготовке операторов.

Риском можно управлять. Европейское Сообщество в 1983 г. после крупной аварии в Севезо (Италия) приняло специальную «Директиву по Севезо», согласно которой все новые объекты должны иметь точное обоснование их безопасности. После 1983 г. число аварий в европейской промышленности стало резко снижаться:

Год ……………………. . 1982 1983 1986 1988

Число аварий …………. .350 400 160 50

Снижение травмоопасности технических систем достигается их совершенствованием с целью реализации допустимого риска.

Экобиозащитная техника. Если совершенствованием технических систем не удается обеспечить предельно допустимые воздействия на человека в зоне его пребывания, то необходимо применять экобиозащитную технику (пылеуловители, водоочистные устройства, экраны и др.). Для уменьшения зон действия травмирующих факторов технических систем применяют экобиозащитную технику в виде различных ограждений, защитных боксов и т.п. Принципиальная схема использования экобиозащитной техники показана на рис.0.8. В тех случаях, когда возможности экобиозащитной техники (1, 2, 3) коллективного использования ограничены и не обеспечивают значений ПДК и ПДУ в зонах пребывания людей, для защиты применяют средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальный защиты. На ряде предприятий существуют такие виды работ или условия труда, при которых работающий может получить травму или иное воздействие, опасное для здоровья. Еще более опасные условия для людей могут возникнуть при авариях и при ликвидации их последствий. В этих случаях для защиты человека необходимо применять средства индивидуальной защиты. Их использование должно обеспечивать максимальную безопасность, а неудобства, связанные с их применением, должны быть сведены к минимуму. Номенклатура СИЗ включает обширный перечень средств, применяемых в производственных условиях (СИЗ повседневного использования), а также средств, используемых в чрезвычайных ситуациях (СИЗ кратковременного использования). В последних случаях применяют преимущественно изолирующие средства индивидуальной защиты (ИСИЗ).

Роль инженера в обеспечении безопасности жизнедеятельности. Практическое обеспечение безопасности жизнедеятельности при проведении технологических процессов и эксплуатации технических систем во многом определяется решениями и действиями инженеров и техников. Руководитель производственного процесса обязан:

– обеспечивать оптимальные (допустимые) условия деятельности на рабочих местах подчиненных ему сотрудников;

– идентифицировать травмирующие и вредные факторы, сопутствующие реализации производственного процесса;

–обеспечивать применение и правильную эксплуатацию средств защиты работающих и окружающей среды;

– постоянно (периодически) осуществлять контроль условий деятельности, уровня воздействия травмирующих и вредных факторов на работающих;

– организовывать инструктаж или обучение работающих безопасным приемам деятельности;

– лично соблюдать правила безопасности и контролировать их соблюдение подчиненными;

– при возникновении аварий организовывать спасение людей, локализацию огня, воздействия электрического тока, химических и других опасных воздействий.

Разработчик технических средств и технологических процессов на этапе проектирования и подготовки производства обязан:

– идентифицировать травмирующие и вредные факторы, возникновение которых потенциально возможно при эксплуатации разрабатываемых технических систем и реализации производственных процессов в штатных и аварийных режимах работы;

– применять в технических системах и производственных процессах экобиозащитную технику с целью снижения вредных воздействий до допустимых значений;

– определить риск возникновения травмоопасного воздействия в системе и снизить его значение до допустимого уровня применением защитных устройств и других мероприятий;

– обеспечить конструктивными решениями непрерывный (периодический) контроль за состоянием защитных средств и параметров или процесса, влияющих на уровень их безопасности и экологичности;

– сформулировать требования к уровню профессиональной подготовки оператора технических систем или технологических процессов;

– при выборе технического решения обеспечить малоотходность производства и максимальную эффективность использования энергоресурсов.

Задачи специалиста в области безопасности жизнедеятельности сводятся к следующему;

– контроль и поддержание допустимых условий (параметры микроклимата, освещение и др.) жизнедеятельности человека в техносфере;

– идентификация опасностей, генерируемых различными источниками в техносферу;

– определение допустимых негативных воздействий производств и технических систем на техносферу;

– разработка и применение экобиозащитной техники для создания допустимых условий жизнедеятельности человека и его защиты от опасностей;

– обучение работающих и населения основам безопасности жизнедеятельности в техносфере.

Образование в области безопасности жизнедеятельности. Основы образования в области безопасности в нашей стране были положены в 30-х годах XX столетия, а подготовка специалистов в области БЖД начата недавно, лишь в 90-х годы.

Образование – процесс и результат усвоения систематизированных знаний, умений и навыков. Основной путь получения образования – обучение в учебных заведениях.

Сегодня образовательная структура выглядит следующим образом.

Первый – общеобразовательный уровень, которым должен владеть каждый, обязан обеспечить подготовку на уровне знания и понимания проблем БЖД, он должен вооружить человека навыками и приемами личной и коллективной безопасности. Реализуется этот уровень подготовки введением в средней школе дисциплины «Основы БЖД».

Второй уровень образования по БЖД–подготовка инженерно-технических работников (ИТР) всех специальностей, поскольку создаваемая и эксплуатируемая техника и технология являются основными источниками травмирующих и вредных факторов, действующих в среде обитания. Разрабатывая новую технику, инженер обязан обеспечить не только ее функциональное совершенство, технологичность и приемлемые экономические показатели, но и достичь требуемых уровней ее экологичности и безопасности в техносфере. С этой целью инженер при проектировании или перед эксплуатацией техники должен выявить все негативные факторы, установить их значимость, разработать и применить в конструкции машин средства снижения негативных факторов до допустимых значений, а также средства предупреждения аварий и катастроф.

Поскольку повышение экологичности современных технических систем часто достигается применениями экобиозащитной техники, ИТР обязан знать, уметь применять и создавать новые средства защиты, особенно в области своей профессиональной деятельности. Вместе с тем ИТР обязан понимать, что в области охраны природы наибольшим защитным эффектом обладают малоотходные технологии и производственные циклы, включающие получение и переработку сырья, выпуск продукции, утилизацию и захоронение отходов, а в области безопасности – системы с высокой надежностью, безлюдные технологии и системы с дистанционным управлением.

Решение задач БЖД при проектировании и эксплуатации технических систем невозможно без знания инженером уровней допустимых воздействий негативных факторов на человека и природную среду, а также знания негативных последствий, возникающих при нарушении этих нормативных требований.

Рассмотренным выше блоком знаний в области БЖД должны владеть специалисты всех отраслей экономики, но прежде всего специалисты в области энергетики, транспорта, металлургии, химии и ряда других отраслей промышленного производства. Обучения этого уровня в вузах целесообразно вести на основе дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» с изучением отдельных вопросов безопасности труда в базовых курсах специальности или специализации.

Третий уровень образования необходим для подготовки инженеров по безопасности жизнедеятельности – специалистов, профессионально работающих в области защиты человека и природной среды. К ним относятся прежде всего специалисты по контролю безопасности техносферы и экологичности технических объектов, мониторингу окружающей среды в регионах, эксперты по оценке безопасности техносферы и экологичности технических объектов, проектов и планов; инженеры-разработчики экобиозащитных систем и защитных средств. Основной задачей деятельности таких специалистов должна быть комплексная оценка технических систем и производств с позиций БЖД, разработка новых средств и систем экобиозащиты, управление в области БЖД на промышленном и региональном уровнях.

Для реализации этого уровня образования в нашей стране с 1994 г. введены новые специальности: 330100 «Безопасность жизнедеятельности», 330200 «Инженерная защита окружающей среды» (по отраслям), 330500 «Безопасность технологических процессов и производств» (по отраслям), 330600 «Защита в чрезвычайных ситуациях», а также направление 553500 «Защита окружающей среды». Вузы активно откликнулись на это решение. Уже открыта подготовка кадров более чем в 60 вузах, в том числе в Москве (МГТУ, МГАТУ, МИСиС, АГЗ, ГАНГ и др.), Санкт-Петербурге (С. -ПГТУ и др.), на Урале (УГТУ и др.) и в других регионах России. Государственные требования к минимуму учебных дисциплин по направлению 553500 и специальностям группы 330000 определены соответствующими государственными стандартами.

Четвертый уровень образования – внедрение как общего курса БЖД, так и специализированных курсов по безопасности и экологичности в системах МИПК и ФПК.

Перспективы развития безопасности жизнедеятельности. Негативное воздействие опасностей на человека в наибольшей степени проявляется в крупных городах и промышленных центрах. Картографическое описание патологии человека в регионах – одна из важнейших задач медицины в ближайшем будущем. Данные о характере заболевания населения будут одним из основных показателей для принятия решений в области безопасности жизнедеятельности.

Здоровье человека и информационная стратегия. Для достоверной оценки показателей негативности техносферы необходимо ясно представлять истинное состояние здоровья работающих на промышленном предприятии и различных групп населения города и региона. Оценка состояния здоровья, базирующая на данных обращаемости населения в медицинские учреждения, недостоверна и существенно отличается в лучшую сторону от реальной, получаемой при активной выявляемости заболеваний. Для иллюстрации сказанного достаточно сопоставить следующие цифры: у нас в стране ежегодно диагностируется около 7 тыс. случаев профессиональных заболеваний, а в США – более 450 тыс.

Данные свидетельствуют о низком уровне профилактических осмотров, проводимых сегодня на промышленных предприятиях. Что касается регулярных профилактических осмотров городского населения, то они практически отсутствуют.

Важнейшую роль в деле сохранения здоровья населения в ближайшем будущем будет играть информация об опасностях среды обитания. Такая информация должна содержать значения и прогноз величины критериев безопасности и показателей негативности среды обитания как в производственных помещениях, так и в регионах техносферы. Аналог подобной информации – прогнозы метеослужб. Наличие информации о среде обитания позволит населению рационально выбирать места деятельности и проживания, рационально пользоваться методами и средствами защиты от опасностей.

Задача сложная, но определенные успехи в этом направлении имеются: публикации (правда, нерегулярные) в газетах о состоянии окружающей среды; действующие в ряде городов (Вена и др.) специальные табло с указанием концентраций некоторых примесей в атмосферном воздухе и т.п.

Воздействие опасностей в условиях производства, города, жилища обычно происходит длительно (в течение суток, рабочего дня и т.п.), поэтому необходим постоянный контроль за параметрами выбросов, стоков и т.п., а также мониторинг состояния среды обитания по контролируемым вредным факторам.

Мониторинг – слежение за состоянием среды обитания и предупреждение о создающихся негативных ситуациях.

Информационная стратегия государства по укреплению здоровья и профилактике болезней населения должна включать:

– регулярную информацию об опасностях среды обитания;

– регулярную информацию о токсикологических выбросах производства в окружающую среду;

– регулярную информацию работающих о негативных факторах производства и о их влиянии на здоровье;

– информацию о состоянии здоровья населения региона и профессиональных заболеваниях;

– информацию о методах и средствах защиты от опасностей;

– информацию об ответственности руководителей предприятий и служб безопасности за безопасное состояние среды обитания.

Внедрение указанных походов является чрезвычайно актуальным и своевременным. В настоящее время очевидно, что человеческое здоровье занимает одно из ведущих мест в системе социальных ценностей и должно приоритетно рассматриваться в ряду других ресурсов государства, таких как леса, почва, воды, полезные ископаемые и т.п.

Научные, технические и организационные задачи. К перспективным научно-техническим задачам в области БЖД относятся:

– описание жизненного пространства в критериях безопасности путем составления карт опасностей (карты концентраций токсичных веществ (рис.0.9), карты полей энергетического воздействия, карты полей риска);

– разработка требований экологичности к техническим системам с учетом состояния техносферы в зоне использования технических систем;

– совершенствование и разработка новых методов и способов обращения с отходами всех видов (выбросы, сбросы, энергетические поля и излучения), поступающими в техносферу;

– совершенствование и разработка новых средств экобиозащиты от опасностей.

К организационно-техническим задачам в области БЖД относятся:

– совершенствование экспертизы проектов по критериям безопасности и экологичности;

– совершенствование контроля показателей экологичности технических систем и безопасности среды обитания;

– оптимизация системы управления безопасностью жизнедеятельности на региональном и государственном уровнях.

Как наука БЖД находится в стадии своего формирования. Несомненно, что она должна опираться на научные достижения и практические разработки в области охраны труда, окружающей среды и защиты в чрезвычайных ситуациях, на достижения в профилактической медицине, биологии, основываться на законах и подзаконных актах.

Общее направление деятельности в области БЖД должно соответствовать программе действий «Повестка дня на 21 век» (Материалы Всемирного форума в Рио-де-Жанейро, 1992 г), положившей основы дальнейшего развития Мира. В программе указано, что единственный способ обеспечить безопасное будущее–это комплексно решить проблемы развития экономики и сохранения окружающей среды. Основу решений должно составить устойчивое развитие всех процессов, всемирная экономия ресурсов, безопасные и экологичные технологии, просвещение и подготовка кадров в области безопасного взаимодействия с окружающей средой. Особое внимание в программе предлагается уделить подготовке будущих руководителей всех сфер деятельности.

# Раздел I. ЧЕЛОВЕК И ТЕХНОСФЕРА

# 1. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА И КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

# 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФОРМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Характер и организация трудовой деятельности оказывают существенное влияние на изменение функционального состояния организма человека. Многообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд.

Физический труд характеризуется в первую очередь повышенной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и его функциональные системы (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в тоже время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производительностью, необходимостью высокого напряжения физических сил и потребностью в длительном – до 50% рабочего времени – отдыхе.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активизации процессов мышления, эмоциональной сферы. Для данного вида труда характерна гипокинезия, т.е. значительное снижение двигательной активности человека, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения. Гипокинезия является одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии у лиц умственного труда. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

В современной трудовой деятельности чисто физический труд не играет существенной роли. В соответствии с существующей физиологической классификацией трудовой деятельности различают формы труда, требующие значительной мышечной активности, механизированные формы труда, формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством, групповые формы труда (конвейеры), формы труда, связанные с дистанционным управлением, и формы труда интеллектуального (умственного) труда.

Формы труда, требующие значительной мышечной активности, имеют место при отсутствии механизации. Эти работы характеризуются в первую очередь повышенными энергетическими затратами. Особенностью механизированных форм труда являются изменения характера мышечных нагрузок и усложнения программы действий. В условиях механизированного производства наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы конечностей, которые должны, обеспечить большую скорость и точность движений, необходимых для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, однообразие и малый объем воспринимаемой в процессе труда информации приводит к монотонности труда. При этом снижается возбудимость анализаторов, рассеивается внимание, снижается скорость реакций и быстро наступает утомление.

При полуавтоматическом производстве человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Задача человека ограничивается выполнением простых операций на обслуживании станка подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь обработанную деталь. Характерные черты этого вида работ–монотонность, повышенный темп и ритм работы, утрата творческого начала.

Конвейерная форма труда определяется дроблением процесса труда на операции, заданным ритмом, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью конвейера. При этом чем меньше интервал времени, затрачиваемый работающими на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание, что приводит к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению.

При формах труда, связанных с дистанционным управлением производственными процессами и механизмами, человек включен в системы управления как необходимое оперативное звено. В случаях, когда пульты управления требуют частых активных действий человека, внимание работника получает разрядку в многочисленных движениях или речедвигательных актах. В случаях редких активных действий работник находится главным образом в состоянии готовности к действию, его реакции малочисленны.

Формы интеллектуального труда подразделяются на операторский, управленческий, творческий, труд медицинских работников, труд преподавателей, учащихся, студентов. Эти виды различаются организацией трудового процесса, равномерностью нагрузки, степенью эмоционального напряжения.

Работа оператора отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением. Например, труд авиадиспетчеpa характеризуется переработкой большого объема информации за короткое время и повышенной нервно-эмоциональной напряженностью. Труд руководителей учреждений, предприятий (управленческий труд) определяется чрезмерным объемом информации, возрастанием дефицита времени для ее переработки, повышенной личной ответственностью за принятые решения, периодическим возникновением конфликтных ситуаций.

Труд преподавателей и медицинских работников отличается постоянными контактами с людьми, повышенной ответственностью, часто дефицитом времени и информации для принятия правильного решения, что обусловливает степень нервно-эмоционального напряжения. Труд учащихся и студентов характеризуется напряжением основных психических функций, таких как память, внимание, восприятие; наличием стрессовых ситуаций (экзамены, зачеты).

Наиболее сложная форма трудовой деятельности, требующая значительного объема памяти, напряжения, внимания, – это творческий труд. Труд научных работников, конструкторов, писателей, композиторов, художников, архитекторов приводит к значительному повышению нервно-эмоционального напряжения. При таком напряжении, связанном с умственной деятельностью, можно наблюдать тахикардию, повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение легочной вентиляции и потребления кислорода, повышение температуры тела человека и другие изменения со стороны вегетативных функций.

Энергетические затраты человека зависят от интенсивности мышечной работы, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других условий (температуры, влажности, скорости движения воздуха и др.). Суточные затраты энергии для лиц умственного труда (инженеров, врачей, педагогов и др.) составляют 10,5...11,7 МДж; для работников механизированного труда и сферы обслуживания (медсестер, продавщиц, рабочих, обслуживающих автоматы) –11,3...12,5 МДж; для работников, выполняющих работу средней тяжести (станочников, шахтеров, хирургов, литейщиков, сельскохозяйственных рабочих и др.), –12,5...15,5 МДж; для работников, выполняющих тяжелую физическую работу (горнорабочих, металлургов, лесорубов, грузчиков), –16,3...18 МДж.

Затраты энергии меняются в зависимости от рабочей позы. При рабочей позе сидя затраты энергии превышают на 5–10% уровень основного обмена; при рабочей позе стоя–на 10...25%, при вынужденной неудобной позе–на 40...50%. При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии составляет 15... 20% общего обмена в организме (масса мозга составляет 2% массы тела). Повышение суммарных энергетических затрат при умственной работе определяется степенью нервно-эмоциональной напряженности. Так, при чтении вслух сидя расход энергии повышается на 48%, при выступлении с публичной лекцией –на 94%, у операторов вычислительных машин –на 60...100%.

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим важное значение для оптимизации условий труда и его рациональной организации. Уровень энергозатрат определяют методом полного газового анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделенного углекислого газа). С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии.

Тяжесть и напряженность труда характеризуются степенью функционального напряжения организма. Оно может быть энергетическим, зависящим от мощности работы,–при физическом труде, и эмоциональным –при умственном труде, когда имеет место информационная перегрузка.

Физическая тяжесть труда – это нагрузка на организм при труде, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат с учетом вида нагрузки (статическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

Статическая работа связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Так, работа, требующая нахождения работающего в статической позе 10...25% рабочего времени, характеризуется как работа средней тяжести (энергозатраты 172...293 Дж/с); 50% и более–тяжелая работа (энергозатраты свыше 293 Дж/с).

Динамическая работа –процесс сокращения мышц, приводящий к перемещению груза, а также самого тела человека или его частей в пространстве. При этом энергия расходуется как на поддержание определенного напряжения в мышцах, так и на механический эффект. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая (энергозатраты до 172 Дж/с); 5...10 кг для женщин и 15...30 кг для мужчин –средней тяжести; свыше 10 кг для женщин или 30 кг для мужчин –тяжелая.

Напряженность труда характеризуется эмоциональной нагрузкой на организм при труде, требующем преимущественно интенсивной работы мозга по получению и переработке информации. Кроме того, при оценке степени напряженности учитывают эргономические показатели: сменность труда, позу, число движений и т.п. Так, если плотность воспринимаемых сигналов не превышает 75 в час, то работа характеризуется как легкая; 75...175–средней тяжести; свыше 176– тяжелая работа.

В соответствии с гигиенической классификацией труда (Р.2.2.013– 94) условия труда подразделяются на четыре класса: 1–оптимальные; 2–допустимые; 3–вредные; 4–опасные (экстремальные).

Оптимальные условия труда обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека. Оптимальные нормативы установлены для параметров микроклимата и факторов трудового процесса. Для других факторов условно применяют такие условия труда, при которых уровни неблагоприятных факторов не превышают принятых в качестве безопасных для населения (в пределах фона).

Допустимые условия труда характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест. Изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены, они не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на здоровье работающего и его потомства. Оптимальный и допустимый классы соответствуют безопасным условиям труда.

Вредные условия труда характеризуются уровнями вредных производственных факторов, превышающими гигиенические нормативы и оказывающими неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство.

Экстремальные условия труда характеризуются такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений.

Вредные условия труда (3-й класс) подразделяют на четыре степени вредности. Первая степень (3.1) характеризуется такими отклонениями от гигиенических нормативов, которые, как правило, вызывают обратимые функциональные изменения и обусловливают риск развития заболевания. Вторая степень (3.2) определяется такими уровнями производственных факторов, которые могут вызывать стойкие функциональные нарушения, приводящие в большинстве случаев к росту заболеваемости, временной утрате трудоспособности, повышению частоты общей заболеваемости, появлению начальных признаков профессиональной патологии.

При третьей степени (3.3) воздействие уровней вредных факторов приводит, как правило, к развитию профессиональной патологии в легких формах, росту хронической общесоматической патологии, в том числе к повышению уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности. В условиях труда четвертой степени (3.4) могут возникнуть выраженные формы профессиональных заболеваний; отмечается значительный рост хронической патологии и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Степень вредности 3-го класса по гигиенической классификации устанавливают в баллах. Число баллов по каждому фактору Хфi, проставляют в карте условий труда с учетом продолжительности его действия в течение смены: Xфi = ХстiТi, где Хстi –степень вредности фактора или тяжести работ по гигиенической классификации труда; Тi =τфi/τpc – отношение времени действия факторов τф к продолжительности рабочей смены τрс, если τфi≥τрс, то Тi= 1,0.

Для определения конкретных размеров доплат условия труда оценивают по сумме значений фактических степеней вредности, тяжести и напряженности труда Хфак = Хф1 + Хф2 +…+хфn =

# 1.2. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от предмета и орудий труда, работоспособности организма, организации рабочего места, гигиенических факторов производственной среды.

Работоспособность – величина функциональных возможностей организма человека, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Во время трудовой деятельности работоспособность организма изменяется во времени. Различают три основные фазы сменяющих друг друга состояний человека в процессе трудовой деятельности:

– фаза врабатывания, или нарастающей работоспособности; в этот период уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным; в зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека этот период длится от нескольких минут до 1,5 ч, а при умственном творческом труде –до 2...2,5 ч;

– фаза высокой устойчивости работоспособности; для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций; продолжительность этой фазы может составлять 2...2,5 ч и более в зависимости от тяжести и напряженности труда;

– фаза снижения работоспособности, характеризующаяся уменьшением функциональных возможностей основных работающих органов человека и сопровождающаяся чувством усталости.

Одним из наиболее важных элементов повышения эффективности трудовой деятельности человека является совершенствование умений и навыков в результате трудового обучения.

С точки зрения психофизиологической производственное обучение представляет собой процесс приспособления и соответствующего изменения физиологических функций организма человека для наиболее эффективного выполнения конкретной работы. В результате тренировки (обучения) возрастает мышечная сила и выносливость, повышается точность и скорость рабочих движений, быстрее восстанавливаются физиологические функции после окончания работы.

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на 10...15°; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе – прямая осанка.

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

Работая стоя целесообразнее при необходимости постоянных передвижений, связанных с настройкой и наладкой оборудования. Она создает максимальные возможности для обзора и свободных движений. Однако при работе стоя повышается нагрузка на мышцы нижних конечностей, повышается напряжение мышц в связи с высоким расположением центра тяжести и увеличиваются энергозатраты на 6...10% по сравнению с позой сидя. Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, так как уменьшается высота центра тяжести над площадью опоры, повышается устойчивость тела, снижается напряжение мышц, уменьшается нагрузка на сердечно-сосудистую систему. В положении сидя обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точность движения. Однако и в этом случае могут возникать застойные явления в органах таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания.

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

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

Размерные соотношения на рабочем месте при работе стоя строятся с учетом того, что рост мужчин и женщин в среднем отличается на 11,1 см, длина вытянутой в сторону руки – на 6,2 см, длина вытянутой вперед руки –на 5,7 см, длина ноги на 6,6 см, высота глаз над уровнем пола –на 10,1 см. На рабочем месте в позе сидя различия в размерных соотношениях у мужчин и женщин выражаются в том, что в среднем длина тела мужчин на 9,8 см и высота глаз над сиденьем –на 4,4 см больше, чем у женщин.

На формирование рабочей позы в положении сидя влияет высота рабочей поверхности, определяемая расстоянием от пола до горизонтальной поверхности, на которой совершаются трудовые движения. Высоту рабочей поверхности устанавливают в зависимости от характера, тяжести и точности работ. Оптимальная рабочая поза при работе сидя обеспечивается также конструкцией стула: размерами, формой, площадью и наклоном сиденья, регулировкой по высоте. Основные требования к размерам и конструкции рабочего стула в зависимости от вида выполняемых работ приведены в ГОСТ 12.2.032–78 и ГОСТ 21998–76\*.

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

Приборные панели следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям взора оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Наиболее важные органы управления следует располагать спереди и справа от оператора. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки –70...110 см. Глубина рабочей панели не должна превышать 80 см. Высота пульта, предназначенного для работы сидя и стоя, должна быть 75...85 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на 10... 20°, наклон спинки кресла при положении сидя О...10°.

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

Применение ножного управления дает возможность уменьшить нагрузку на руки и таким образом снизить общую утомляемость оператора. Педали следует применять для включения, пуска и остановки при частоте этих операций не более 20 в минугу, когда требуется большая сила переключения и не слишком большая точность установки органа управления в новом положении. При конструировании ножного управления учитывают характер движения ног, необходимые усилие, частоту движения, общее рабочее положение тела, ход педали. Наружная поверхность педали должна быть рифленой на ширину 60...100 мм, рекомендуемое усилие –50...100 Н.

Периодическое чередование работы и отдыха способствует сохранению высокой устойчивости работоспособности. Различают две формы чередования периодов труда и отдыха на производстве: введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов. Оптимальную длительность обеденного перерыва устанавливают с учетом удаленности от рабочих мест санитарно-бытовых помещений, столовых, организации раздачи пищи. Продолжительность и число кратковременных перерывов определяют на основе наблюдений за динамикой работоспособности, учета тяжести и напряженности труда.

При выполнении работы, требующей значительных усилий и участия крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные 10...12-минутные перерывы. При выполнении особо тяжелых работ (металлурги, кузнецы и др.) следует сочетать работу в течение 15. .20 мин с отдыхом такой продолжительности. При работах, требующих большого нервного напряжения и внимания, быстрых и точных движений рук, целесообразны более частые, но короткие 5...10-минутные перерывы.

Кроме регламентированных перерывов существуют микропаузы – перерывы в работе, возникающие самопроизвольно между операциями и действиями. Микропаузы обеспечивают поддержание оптимального темпа работы и высокого уровня работоспособности. В зависимости от характера и тяжести работы микропаузы составляют 9...10% рабочего времени.

Высокая работоспособность и жизнедеятельность организма поддерживается рациональным чередованием периодов работы, отдыха и сна человека. В течение суток организм по-разному реагирует на физическую и нервно-психическую нагрузку. В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечается в утренние (с 8 до 12 ч) и дневные (с 14 до 17 ч) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в ночное время–с 3 до 4 ч, достигая своего минимума. С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

Чередование периодов труда и отдыха в течение недели должно регулироваться с учетом динамики работоспособности. Наивысшая работоспособность приходится на 2, 3 и 4-й день работы, в последующие дни недели она понижается, падая до минимума в последний день работы. В понедельник работоспособность относительно понижена в связи с врабатываемостью.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

В основе производственной гимнастики лежит феномен активного отдыха (И.М. Сеченов) –утомленные мышцы быстрее восстанавливают свою работоспособность не при полном покое, а при работе других мышечных групп. В результате производственной гимнастики увеличивается жизненная емкость легких, улучшается деятельность сердечно-сосудистой системы, повышается функциональная возможность анализаторных систем, увеличивается мышечная сила и выносливость.

В основе благоприятного действия музыки лежит вызываемый ею положительный эмоциональный настрой, необходимый для любого вида работ. Производственная музыка способствует снижению утомляемости, улучшению настроения и здоровья работающих, повышает работоспособность и производительность труда. Однако функциональную музыку не рекомендуется применять при выполнении работ, требующих значительной концентрации внимания (более 70% рабочего времени), при умственной работе (более 70% рабочего времени), при большой напряженности выполняемых работ, непостоянных рабочих местах и в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях внешней среды.

Для снятия нервно-психологического напряжения, борьбы с утомлением, восстановления работоспособности в последнее время успешно используют кабинеты релаксации или комнаты психологической нагрузки. Они представляют собой специально оборудованные помещения, в которых в отведенное для этого время в течение смены проводят сеансы для снятия усталости и нервно-психического напряжения.

Эффект психоэмоциональной разгрузки достигается путем эстетического оформления интерьера, использования удобной мебели, позволяющей находиться в удобной расслабленной позе, трансляции специально подобранных музыкальных произведений, насыщения воздуха благотворно действующими отрицательными ионами, приема тонизирующих напитков, имитации в помещении естественно-природного окружения и воспроизведения звуков леса, морского прибоя и др. Одним из элементов психологической разгрузки является аутогенная тренировка, основанная на комплексе взаимосвязанных приемов психической саморегуляции и несложных физических упражнений со словесным самовнушением. Этот метод позволяет нормализовать психическую деятельность, эмоциональную сферу и вегетативные функции. Как показывает опыт, пребывание рабочих в комнатах психологической разгрузки способствует снижению утомляемости, появлению бодрости, хорошего настроения и улучшения самочувствия.

# 1.3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Теплообмен человека с окружающей средой. Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Ее количество зависит от степени физического напряжения в определенных климатических условиях и составляет от 85 Дж/с (в состоянии покоя) до 500 Дж/с (при тяжелой работе). Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и как следствие к потери трудоспособности, быстрой утомляемости, потери сознания и тепловой смерти.

Одним из важных интегральных показателей теплового состояния организма является средняя температура тела (внутренних органов) порядка 36,5 °С. Она зависит от степени нарушения теплового баланса и уровня энергозатрат при выполнении физической работы. При выполнении работы средней тяжести и тяжелой при высокой температуре воздуха температура тела может повышаться от нескольких десятых градуса до 1...2 °С. Наивысшая температура внутренних органов, которую выдерживает человек, составляет +43 °С, минимальная +25 °С. Температурный режим кожи играет основную роль в теплоотдаче. Ее температура меняется в довольно значительных пределах и при нормальных условиях средняя температура кожи под одеждой составляет 30...34 °С. При неблагоприятных метеорологических условиях на отдельных участках тела она может понижаться до 20 °С, а иногда и ниже.

Нормальное тепловое самочувствие имеет место, когда тепловыделение Qтп человека полностью воспринимается окружающей средой Qтo, т.е. когда имеет место тепловой баланс Qтп = Qro. В этом случае температура внутренних органов остается постоянной. Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде (Qтп > Qтo), происходит рост температуры внутренних органов и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием жарко. Теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя (отдых сидя или лежа), от окружающей среды приведет к повышению температуры внутренних органов уже через 1 ч на 1,2 °С. Теплоизоляция человека, производящего работу средней тяжести, вызовет повышение температуры уже на 5 °С и вплотную приблизится к максимально допустимой. В случае, когда окружающая среда воспринимает больше теплоты, чем ее воспроизводит человек (Qтп < Qтo), то происходит охлаждение организма. Такое тепловое самочувствие характеризуется понятием холодно.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется конвекцией Qk в результате омывания тела воздухом, теплопроводностью Qт, излучением на окружающие поверхности Qл и в процессе тепломассообмена (Qтм=Qп+Qд) при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами Qп и при дыхании Qд:

Qтп = Qк + Qт + Qл + Qтм.

Конвективный теплообмен определяется законом Ньютона:

Qк = αкFэ(tпов – tос),

где αк – коэффициент теплоотдачи конвекций; при нормальных параметрах микроклимата αк= 4,06 Вт/ (м •°С); tпов–температура поверхности тела человека (для практических расчетов зимой около 27,7 °С, летом около 31,5 °С); tос –температура воздуха, омывающего тело человека; Fэ –эффективная поверхность тела человека (размер эффективной поверхности тела зависит от положения его в пространстве и составляет приблизительно 50...80% геометрической внешней поверхности тела человека); для практических расчетов Fэ= 1,8 м2. Значение коэффициента теплоотдачи конвекцией можно определить приближенно как αк=λ/δ, где λ, – коэффициент теплопроводности газа пограничного слоя, Вт/ (м ·°С); δ –толщина пограничного слоя омывающего газа, м.

Удерживаемый на внешней поверхности тела пограничный слой воздуха (до 4...8 мм при скорости движения воздуха w = 0) препятствует отдаче теплоты конвекцией. При увеличении атмосферного давления (В) и в подвижном воздухе толщина пограничного слоя уменьшается и при скорости движения воздуха 2 м/с составляет около 1 мм. Передача теплоты конвекцией тем больше, чем ниже температура окружающей среды и чем выше скорость движения воздуха. Заметное влияние оказывает и относительная влажность воздуха φ, так как коэффициент теплопроводности воздуха является функцией атмосферного давления и влагосодержания воздуха.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что величина и направление конвективного теплообмена человека с окружающей средой определяется в основном температурой окружающей среды, атмосферным давлением, подвижностью и влагосодержанием воздуха, т.е. Qк =f(toc; β; w; φ).

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье:

где λо –коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/ (м∙°С); ∆о –толщина одежды человека м.

Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты играет конвективная передача с потоком крови.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Он может быть определен с помощью обобщенного закона Стефана – Больцмана:

Для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10...60 °С приведенный коэффициент излучения Спр ≈ 4,9 Вт/ (м2 К4). Коэффициент облучаемости ψ1-2 обычно принимают равным 1,0. В этом случае значение лучистого потока зависит в основном от степени черноты ε и температуры окружающих человека предметов, т.е. Q^=f(Tоп; ε)

Количество теплоты, отдаваемое человеком в окружающую среду при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами,

Qn==Gnr,

где Gn – масса выделяемой и испаряющейся влаги, кг/с; r – скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/кг.

Данные о потовыделении в зависимости от температуры воздуха и физической нагрузки человека приведены в табл.1.1. Как видно из таблицы, количество выделяемой влаги меняется в значительных пределах. Так, при температуре воздуха 30 °С у человека, не занятого физическим трудом, влаговыделение составляет 2 г/мин, а при выполнении тяжелой работы увеличивается до 9,5 г/мин.

Количество теплоты, отдаваемой в окружающий воздух с поверхности тела при испарении пота, зависит не только от температуры воздуха и интенсивности работы, выполняемой человеком, но и от скорости окружающего воздуха и его относительной влажности, т.е. Qп=f(tос; В; w; φ; J), где J–интенсивность труда, производимого человеком, Вт.

Таблица 1.1. Количество влага, выделяемое с поверхности кожи и из легких человека, г/мин

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика выполняемой работы (по Н.К. Витте)  | Температура воздуха, °С |
| 16 | 18 | 28 | 35 | 45 |
| Покой, J = 100 Вт | 0,6 | 0,74 | 1,69 | 3,25 | 6,2 |
| Легкая, J =200 Вт | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 5,2 | 8,8 |
| Средней тяжести, J 350 Вт | 2,6 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 11,3 |
| Тяжелая, J = 490 Вт | 4,9 | 6,7 | 8,9 | 11,4 | 18,6 |
| Очень тяжелая, J = 695 Вт | 6,4 | 10,4 | 11,0 | 16,0 | 21,0 |

В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легочный аппарат человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принимать (с запасом) что выдыхаемый воздух имеет температуру 37 °С и полностью насыщен.

Количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха,

где V^В –объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м3/с; ρвд – плотность вдыхаемого влажного воздуха, кг/м3; Ср–удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, Дж/ (кг • ˚С); tвыд –температура выдыхаемого воздуха, °С; tад –температура вдыхаемого воздуха, °С.

«Легочная вентиляция» определяется как произведение объема воздуха вдыхаемого за один вдох, Vв-в, м3 на частоту дыхания в секунду п: V^в=Vв-вn. Частота дыхания человека непостоянна и зависит от состояния организма и его физической нагрузки. В состоянии покоя она составляет 12...15 вдохов-выдохов в минуту, а при тяжелой физической нагрузке достигает 20...25. Объем одного вдоха-выдоха является функцией производимой работы. В состоянии покоя с каждым вдохом в легкие поступает около 0,5 л воздуха. При выполнении тяжелой работы объем вдоха-выдоха может возрастать до 1,5...1,8 л.

Среднее значение легочной вентиляции в состоянии покоя примерно 0,4...0,5 л/с, а при физической нагрузке в зависимости от ее напряжения может достигать 4 л/с.

Таким образом, количество теплоты, выделяемой человеком с выдыхаемым воздухом, зависит от его физической нагрузки, влажности и температуры окружающего (вдыхаемого) воздуха: Q^=f(J; φ; tос). Чем больше физическая нагрузка и ниже температура окружающей среды, тем больше отдается теплоты с выдыхаемым воздухом. С увеличением температуры и влажности окружающего воздуха количество теплоты отводимой через дыхание, уменьшается.

Анализ приведенных выше уравнений позволяет сделать вывод что тепловое самочувствие человека, или тепловой баланс в системе человек –среда обитания зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки организма Qтп=f(toc; w; ψ; B; Tоп; J).

Параметры–температура окружающих предметов и интенсивность физической нагрузки организма–характеризуют конкретную производственную обстановку и отличаются большим многообразием. Остальные параметры–температура, скорость, относительная влажность и атмосферное давление окружающего воздуха –получили название параметров микроклимата.

Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. Повышение скорости воздуха ухудшает самочувствие, так как способствует усилению конвективного теплообмена и процессу теплоотдачи при испарении пота.

При повышении температуры воздуха возникают обратные явления. Исследователями установлено, что при температуре воздуха более 30 °С работоспособность человека начинает падать. Для человека определены максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116 °С. На рис.1.1. представлены ориентировочные данные о переносимости температур, превышающих 60 °С. Существенное значение имеет равномерность температуры. Вертикальный градиент ее не должен выходить за пределы 5 °С.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при tос > 30 °С, так как при этом почти все выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое проливное течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха также может оказаться неблагоприятной для человека вследствие интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнения болезнетворными микроорганизмами. Поэтому при длительном пребывании людей в закрытых помещениях рекомендуется ограничиваться относительной влажностью в пределах 30...70%.

Вопреки установившемуся мнению величина потовыделения мало зависит от недостатка воды в организме или от ее чрезмерного потребления. У человека, работающего в течение 3 ч без питья, образуется только на 8% меньше пота, чем при полном возмещении потерянной влаги. При потреблении воды вдвое больше потерянного количества наблюдается увеличение потовыделения всего на 6% по сравнению со случаем, когда вода возмещалась на 100%. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2...3% путем испарения влаги – обезвоживание организма. Обезвоживание на 6% влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения; испарение влаги на 15... 20% приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей (до 1%, в том числе 0,4...0,6 NaCI). При неблагоприятных условиях потеря жидкости может достигать 8–10 л за смену и в ней до 60 г поваренной соли (всего в организме около 140 г NaCI). Потеря соли лишает кровь способности удерживать воду и приводит к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы. При высокой температуре воздуха легко расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки.

Для восстановления водного баланса работающих в горячих цехах устанавливают пункты подпитки подсоленной (около 0,5% NaCI) газированной питьевой водой из расчета 4...5 л на человека в смену. На ряде заводов для этих целей применяют белково-витаминный напиток. В жарких климатических условиях рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или чай.

Длительное воздействие высокой температуры особенно в сочетании с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня –гипертермии –состоянию, при котором температура тела поднимается до 38...39 °С. При гипертермии и как следствие тепловом ударе наблюдаются головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение. Пульс и дыхание учащены, в крови увеличивается содержание азота и молочной кислоты. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма гипотермии. В начальный период воздействия умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объема вдоха. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличивается, изменяется углеводный обмен. Прирост обменных процессов при понижении температуры на 1 °С составляет около 10%, а при интенсивном охлаждении он может возрасти в 3 раза по сравнению с уровнем основного обмена. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются холодовые травмы.

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние и на производительность труда. Так, повышение температуры с 25 до 30 °С в прядильном цехе Ивановского камвольного комбината привело к снижению производительности труда и составило 7% (Ю.А. Шиков, 1972 г). Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (1980 г) установил, что производительность труда работников машиностроительного предприятия при температуре 29,4 °С снижается на 13%, а при температуре 33,6°С на 35% по сравнению с производительностью при 26°С.

В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекает при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые поверхности излучают в пространство потоки лучистой энергии, которые могут привести к отрицательным последствиям. При температуре до 500°С с нагретой поверхности излучаются тепловые (инфракрасные) лучи с длиной волны 740...0,76 мкм, а при более высокой температуре наряду с возрастанием инфракрасного излучения появляются видимые световые и ультрафиолетовые лучи.

Длина волны лучистого потока с максимальной энергией теплового излучения определяется по закону смещения Вина (для абсолютного черного тела) λEmax=2,9∙103/T. У большинства производственных источников максимум энергии приходится на инфракрасные лучи (λEmax > 0,78 мкм).

Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и как следствие наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем.

По характеру воздействия на организм человека инфракрасные лучи подразделяются на коротковолновые лучи с длиной волны 0,76...1,5 мкм и длинноволновые с длиной более 1,5 мкм. Тепловые излучения коротковолнового диапазона глубоко проникают в ткани и разогревают их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания, усиленное потовыделение, а при длительном облучении - тепловой удар. Длинноволновые лучи глубоко в ткани не проникают и поглощаются в основном в эпидермисе кожи. Они могут вызвать ожог кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз вследствие воздействия инфракрасных лучей является катаракта глаза.

Кроме непосредственного воздействия на человека лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается.

Общее количество теплоты, поглощенное телом, зависит от размера облучаемой поверхности, температуры источника излучения и расстояния до него. Для характеристики теплового излучения принята величина, названная интенсивностью теплового облучения. Интенсивность теплового облучения JE - это мощность лучистого потока, приходящаяся на единицу облучаемой поверхности.

Облучение организма малыми дозами лучистой теплоты полезно, но значительная интенсивность теплового излучения и высокая температура воздуха могут оказать неблагоприятное действие на человека. Тепловое облучение интенсивностью до 350 Вт/м2 не вызывает неприятного ощущения, при 1050 Вт/м2 уже через 3...5 мин на поверхности кожи появляется неприятное жжение (температура кожи повышается на 8...10°С), а при 3500 Вт/м2 через несколько секунд возможны ожоги. При облучении интенсивностью 700...1400 Вт/м2 частота пульса увеличивается на 5...7 ударов в минуту. Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется в первую очередь температурой кожи, болевое ощущение появляется при температуре кожи 40...45 ˚С (в зависимости от участка).

Интенсивность теплового облучения на отдельных рабочих местах может быть значительной. Например, в момент заливки стали в форму она составляет 12 000 Вт/м2; при выбивке отливок из опок 350... 2000 Вт/м2, а при выпуске стали из печи в ковш достигает 7000 Вт/м2.

Атмосферное давление оказывает существенное влияние на процесс дыхания и самочувствие человека. Если без воды и пищи человек может прожить несколько дней, то без кислорода - всего несколько минут. Основным органом дыхания человека, посредством которого осуществляется газообмен с окружающей средой (главным образом О2. и СO2), является трахибронхиальное дерево и большое число легочных пузырей (альвеол), стенки которых пронизаны густой сетью капиллярных сосудов. Общая поверхность альвеол взрослого человека составляет 90...150 м2. Через стенки альвеол кислород поступает в кровь для питания тканей организма.

Наличие кислорода во вдыхаемом воздухе - необходимое, но недостаточное условие для обеспечения жизнедеятельности организма. Интенсивность диффузии кислорода в кровь определяется парциальным давлением кислорода в альвеолярном воздухе (po2, мм рт. ст).

Экспериментально установлено:

где В-атмосферное давление вдыхаемого воздуха, мм рт. ст.; 47 - парциальное давление насыщенных водяных паров в альвеолярном воздухе, мм рт. ст.; Vco2 - объем кислорода, содержащийся в альвеолярном воздухе,%; р со2 - парциальное давление углекислого газа в альвеолярном воздухе; р co2 ≈ 40 мм рт. ст.

Наиболее успешно диффузия кислорода в кровь происходит при парциальном давлении кислорода в пределах 95...120 мм рт. ст. Изменение Po2 вне этих пределов приводит к затруднению дыхания и увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Так, на высоте 2...3 км (Po2 ≈ 70 мм рт. ст) насыщение крови кислородом снижается до такой степени, что вызывает усиление деятельности сердца и легких. Но даже длительное пребывание человека в этой зоне не сказывается существенно на его здоровье, и она называется зоной достаточной компенсации. С высоты 4 км (Po2 ≈60 мм рт. ст) диффузия кислорода из легких в кровь снижается до такой степени, что, несмотря на большое содержание кислорода (Vo2 ≈21%), может наступить кислородное голодание – гипоксия. Основные признаки гипоксии – головная боль, головокружение, замедленная реакция, нарушение нормальной работы органов слуха и зрения, нарушение обмена веществ.

Как показали исследования, удовлетворительное самочувствие человека при дыхании воздухом сохраняется до высоты около 4 км, чистым кислородом (VO2 = 100%) до высоты около 12 км. При длительных полетах на летательных аппаратах на высоте более 4 км применяют либо кислородные маски, либо скафандры, либо герметизацию кабин. При нарушении герметизации давление в кабине резко снижается. Часто этот процесс протекает так быстро, что имеет характер своеобразного взрыва и называется взрывной декомпрессией. Эффект воздействия взрывной декомпрессии на организм зависит от начального значения и скорости понижения давления, от сопротивления дыхательных путей человека, общего состояния организма.

В общем случае чем меньше скорость понижения давления, тем легче она переносится. В результате исследований установлено, что уменьшение давления на 385 мм рт. ст. за 0,4 с человек переносит без каких-либо последствий. Однако новое давление, которое возникает в результате декомпрессии, может привести к высотному метеоризму и высотным эмфиземам. Высотный метеоризм –это расширение газов, имеющихся в свободных полостях тела. Так, на высоте 12 км объем желудка и кишечного тракта увеличивается в 5 раз. Высотные эмфиземы, или высотные боли – это переход газа из растворенного состояния в газообразное.

В ряде случаев, например при производстве работ под водой, в водонасыщенных грунтах работающие находятся в условиях повышенного атмосферного давления. При выполнении кессонных и глубоководных работ обычно различают три периода: повышения давления – компрессия; нахождения в условиях повышенного давления и период понижения давления –декомпрессия. Каждому из них присущ специфический комплекс функциональных изменений в организме.

Избыточное давление воздуха приводит к повышению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, к уменьшению объема легких и увеличению силы дыхательной мускулатуры, необходимой для производства вдоха-выдоха. В связи с этим работа на глубине требует поддержания повышенного давления с помощью специального снаряжения или оборудования, в частности кессонов или водолазного снаряжения.

При работе в условиях избыточного давления снижаются показатели вентиляции легких за счет некоторого урежения частоты дыхания и пульса. Длительное пребывание при избыточном давлении приводит к токсическому действию некоторых газов, входящих в состав вдыхаемого воздуха. Оно проявляется в нарушении координации движений, возбуждении или угнетении, галлюцинациях, ослаблении памяти, расстройстве зрения и слуха.

Наиболее опасен период декомпрессии, во время которого и вскоре после выхода в условиях нормального атмосферного давления может развиться декомпрессионная (кессонная) болезнь. Сущность ее состоит в том, что в период компрессии и пребывания при повышенном атмосферном давлении организм через кровь насыщается азотом. Полное насыщение организма азотом наступает через 4 ч пребывания в условиях повышенного давления.

В процессе декомпрессии вследствие падения парциального давления в альвеолярном воздухе происходит десатурация азота из тканей. Выделение азота осуществляется через кровь и затем легкие. Продолжительность десатурации зависит в основном от степени насыщения тканей азотом (легочные альвеолы диффундируют 150 мл азота в минуту). Если декомпрессия производится форсированно, в крови и других жидких средах образуются пузырьки азота, которые вызывают газовую эмболию и как ее проявление–декомпрессионную болезнь. Тяжесть декомпрессионной болезни определяется массовостью закупорки сосудов и их локализацией. Развитию декомпрессионной болезни способствует переохлаждение и перегревание организма. Понижение температуры приводит к сужению сосудов, замедлению кровотока, что замедляет удаление азота из тканей и процесс десатурации. При высокой температуре наблюдается сгущение крови и замедление ее движения.

Терморегуляция организма человека. Основными параметрами, обеспечивающими процесс теплообмена человека с окружающей средой, как было показано выше, являются параметры микроклимата. В естественных условиях на поверхности Земли (уровень моря) эти параметры изменяются в существенных пределах. Так, температура окружающей среды изменяется от - 88 до +60 °С; подвижность воздуха –от 0 до 100 м/с; относительная влажность–от 10 до 100% и атмосферное давление –от 680 до 810 мм рт. ст.

Вместе с изменением параметров микроклимата меняется и тепловое самочувствие человека. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению. Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека называются терморегуляцией. Она позволяет сохранять температуру внутренних органов постоянной, близкой к 36,5 °С. Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя способами: биохимическим путем; путем изменения интенсивности кровообращения и интенсивности потовыделения.

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

Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать подачу крови (которая является в данном случае теплоносителем) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов. Перенос теплоты с потоком крови имеет большое значение вследствие низких коэффициентов теплопроводности тканей человеческого организма–0,314...1,45 Вт/(м'°С) При высоких температурах окружающей среды кровеносные сосуды кожи расширяются, и к ней от внутренних органов притекает большое количество крови и, следовательно, больше теплоты отдается окружающей среде. При низких температурах происходит обратное явление: сужение кровеносных сосудов кожи, уменьшение притока крови к кожному покрову и, следовательно, меньше теплоты отдается во внешнюю среду (рис.1.2). Как видно из рис.1.2, кровоснабжение при высокой температуре среды может быть в 20...30 раз больше, чем при низкой. В пальцах кровоснабжение может изменяться даже в 600 раз.

Терморегуляция путем изменения интенсивности потовыделения заключается в изменении процесса теплоотдачи за счет испарения. Испарительное охлаждение тела человека имеет большое значение. Так, при tос=18 °С, φ = 60%, w = О количество теплоты, отдаваемой человеком в окружающую среду при испарении влаги, составляет около 18% общей теплоотдачи. При увеличении температуры окружающей среды до +27 °С доля Qп возрастает до 30% и при 36,6 °С достигает 100%.

Терморегуляция организма осуществляется одновременно всеми способами. Так, при понижении температуры воздуха увеличению теплоотдачи за счет увеличения разности температур препятствуют такие процессы, как уменьшение влажности кожи, и следовательно, уменьшение теплоотдачи путем испарения, снижение температуры кожных покровов за счет уменьшения интенсивности транспортирования крови от внутренних органов, и вместе с этим уменьшение разности температур.

На рис.1.3. и 1.4. приведены тепловые балансы человека при различных объемах производимой работы в разных условиях окружающей среды. Тепловой баланс, приведенный на рис.1.3, составлен по экспериментальным данным для случая езды на велосипеде при температуре воздуха 22,5 °С и относительной влажности 45%; на рис.1.4. приведен тепловой баланс человека, идущего со скоростью 3,4 км/ч при различных температурах окружающего воздуха и постоянной относительной влажности 52%. Приведенные на рис.1.3. и 1.4. примеры процесса теплообмена человека с окружающей средой построены при условии соблюдения теплового баланса Qтп=Qто, поддержанию которого способствовал механизм терморегуляции организма. Экспериментально установлено, что оптимальный обмен веществ в организме и соответственно максимальная производительность труда имеют место, если составляющие процесса теплоотдачи находятся в следующих пределах: Qк+Qт≈30%; Q^≈45%; Qп≈20% и Q^≈5%. Такой баланс характеризует отсутствие напряженности системы терморегуляции.

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обусловливают оптимальный обмен веществ в организме и при которых нет неприятных ощущений и напряженности системы терморегуляции, называются комфортными или оптимальными. Зона, в которой окружающая среда полностью отводит теплоту, выделяемую организмом и нет напряжения системы терморегуляции, называется зоной комфорта. Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются дискомфортными. При незначительной напряженности системы терморегуляции и небольшой дискомфортности устанавливаются допустимые метеорологические условия.

Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений. Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Для оценки характера одежды (теплоизоляции) и акклиматизации организма в разное время года введено понятие периода года. Различают теплый и холодный период года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, холодный –ниже +10 °С

При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энергозатрат организма, делятся на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Характеристику производственных помещений по категории выполняемых в них работ устанавливают по категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении.

К легким работам (категории I) с затратой энергии до 174 Вт относятся работы, выполняемые сидя или стоя, не требующие систематического физического напряжения (работа контролеров, в процессах точного приборостроения, конторские работы и др.). Легкие работы подразделяют на категорию Iа (затраты энергии до 139 Вт) и категорию Iб (затраты энергии 140...174 Вт). К работам средней тяжести (категория II) относят работы с затратой энергии 175...232 Вт (категория IIа) и 233...290 Вт (категория IIб). В категорию IIа входят работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей, в категорию IIδ –работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.). К тяжелым работам (категория III) с затратой энергии более 290 Вт относят работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, с переноской значительных (более 10 кг) тяжестей (в кузнечных, литейных цехах с ручными процессами и др.).

По интенсивности тепловыделений производственные помещения делят на группы в зависимости от удельных избытков явной теплоты. Явной называется теплота, воздействующая на изменение температуры воздуха помещения, а избытком явной теплоты–разность между суммарными поступлениями явной теплоты и суммарными теплопотерями в помещении. Явная теплота, которая образовалась в пределах помещения, но была удалена из него без передачи теплоты воздуху помещения (например, с газами от дымоходов или с воздухом местных отсосов от оборудования), при расчете избытков теплоты не учитывается. Незначительные избытки явной теплоты –это избытки теплоты, не превышающие или равные 23 Вт на 1 м3 внутреннего объема помещения. Помещения со значительными избытками явной теплоты характеризуются избытками теплоты более 23 Вт/м3.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м2 при облучении 50% поверхности человека и более, 70 Вт/м2–при облучении 25...50% поверхности и 100 Вт/м2–при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретого металла, стекла, открытого пламени и др.) не должна превышать 140 Вт/м2, при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательно использование средств индивидуальной защиты.

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005–88 могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия. Оптимальные микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности. Допустимые микроклиматические условия – это такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать напряжение реакций терморегуляции и которые не выходят за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшающие самочувствие и понижение работоспособности. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

# 1.4. ПРОФИЛАКТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОКЛИМАТА

Методы снижения неблагоприятного влияния производственного микроклимата регламентируются «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию» и осуществляются комплексом технологических, санитарно-технических, организационных и медико-профилактических мероприятий.

Ведущая роль в профилактике вредного влияния высоких температур, инфракрасного излучения принадлежит технологическим мероприятиям: замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, способствующих оздоровлению неблагоприятных условий труда (например, замена кольцевых печей для сушки форм и стержней в литейном производстве туннельными; применение штамповки вместо поковочных работ; применение индукционного нагрева металлов токами высокой частоты и т.д.) Внедрение автоматизации и механизации дает возможность пребывания рабочих вдали от источника радиационной и конвекционной теплоты.

К группе санитарно-технических мероприятий относится применение коллективных средств защиты: локализация тепловыделений, теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование источников либо рабочих мест; воздушное душирование, радиационное охлаждение, мелкодисперсное распыление воды; общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха. Общеобменной вентиляции при этом отводится ограниченная роль –доведение условий труда до допустимых с минимальными эксплуатационными затратами.

Уменьшению поступления теплоты в цех способствуют мероприятия, обеспечивающие герметичность оборудования. Плотно подогнанные дверцы, заслонки, блокировка закрытия технологических отверстий с работой оборудования–все это значительно снижает выделение теплоты от открытых источников. Выбор теплозащитных средств в каждом случае должен осуществляться по максимальным значениям эффективности с учетом требований эргономики, технической эстетики, безопасности для данного процесса или вида работ и технико-экономического обоснования. Устанавливаемые в цехе теплозащитные средства должны быть простыми в изготовлении и монтаже, удобными для обслуживания, не затруднять осмотр, чистку, смазывание агрегатов, обладать необходимой прочностью, иметь минимальные эксплуатационные расходы. Теплозащитные средства должны обеспечивать облученность на рабочих местах не более 350 Вт/м2 и температуру поверхности оборудования не выше 308 К (35 °С) при температуре внутри источника до 373 К (100 °С) и не выше 318 К (45 °С) при температурах внутри источника выше 373 К (100 °С).

Теплоизоляция поверхностей источников излучения (печей, сосудов и трубопроводов с горячими газами и жидкостями) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и радиационное. Кроме улучшения условий труда тепловая изоляция уменьшает тепловые потери оборудования, снижает расход топлива (электроэнергии, пара) и приводит к увеличению производительности агрегатов. Следует иметь в виду, что тепловая изоляция, повышая рабочую температуру изолируемых элементов, может резко сократить срок их службы, особенно в тех случаях, когда теплоизолируемые конструкции находятся в температурных условиях, близких к верхнему допустимому пределу для данного материала. В таких случаях решение о тепловой изоляции должно быть проверено расчетом рабочей температуры изолируемых элементов. Если она окажется выше предельно допустимой, защита от тепловых излучений должна осуществляться другими способами.

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной, из штучных изделий и смешанной. Мастичная изоляция осуществляется нанесением мастики (штукатурного раствора с теплоизоляционным наполнителем) на горячую поверхность изолируемого объекта. Эту изоляцию можно применять на объектах любой конфигурации. Оберточную изоляцию изготовляют из волокнистых материалов–асбестовой ткани, минеральной ваты, войлока и др. Устройство оберточной изоляции проще мастичной, но на объектах сложной конфигурации ее труднее закреплять. Наиболее пригодна оберточная изоляция для трубопроводов. Засыпную изоляцию применяют реже, так как необходимо устанавливать кожух вокруг изолируемого объекта. Эту изоляцию используют в основном при прокладке трубопроводов в каналах и коробах, там, где требуется большая толщина изоляционного слоя, или при изготовлении теплоизоляционных панелей. Теплоизоляцию штучными или формованными изделиями, скорлупами применяют для облегчения работ. Смешанная изоляция состоит из нескольких различных слоев. В первом слое обычно устанавливают штучные изделия. Наружный слой изготовляют из мастичной или оберточной изоляции. Целесообразно устраивать алюминиевые кожухи снаружи теплоизоляции. Затраты на устройство кожухов быстро окупаются вследствие уменьшения тепловых потерь на излучение и повышения долговечности изоляции под кожухом.

При выборе материала для изоляции необходимо принимать во внимание механические свойства материалов, а также их способность выдерживать высокую температуру. Обычно для этого применяют материалы, коэффициент теплопроводности которых при температурах 50...100 °С меньше 0,2 Вт/ (м∙°С). Многие теплоизоляционные материалы берут в их естественном состоянии, например, асбест, слюда, торф, земля, но большинство получают в результате специальной обработки естественных материалов и представляют собой различные смеси.

При высоких температурах изолируемого объекта применяют многослойную изоляцию: сначала ставят материал, выдерживающий высокую температуру (высокотемпературный слой), а затем уже более эффективный материал, с точки зрения теплоизоляционных свойств. Толщину высокотемпературного слоя выбирают с учетом того, чтобы температура на его поверхности не превышала предельную температуру следующего слоя.

Исходными данными для расчета толщины теплоизоляции являются: температура сред (t' и t // °С), разделяемых теплоизоляционной перегородкой; допустимая температура на поверхности изоляции (tд, °С) и площадь теплоизолируемой поверхности (F, м2). При расчете теплоизоляции следует придерживаться следующего порядка. Сначала устанавливают допустимые тепловые потери объекта при наличии изоляции. Затем выбирают материал изоляции и, задавшись температурой поверхности изоляции, определяют среднюю температуру последней, по которой и находят значение коэффициента теплопроводности λиз. Зная температуру на внутренней и внешней поверхностях изоляции и коэффициент теплопроводности, определяют требуемую толщину изоляции. После этого производят проверочный расчет и находят среднюю температуру изоляционного слоя и температуру на разделе поверхностей.

Тепловые потери (Вт) в условиях стационарного теплового потока в многослойной плоской перегородке

для условий стационарного потока в цилиндрической перегородке длиной l (м) из п слоев

где δиз,–толщина iго слоя перегородки, м; α' и α" – коэффициенты теплоотдачи соответственно от теплоносителя к стенке и от внешней поверхности изоляции к окружающей среде, Вт/ (м2∙С); λ –коэффициент теплопроводности i-го слоя теплоизоляции, Вт/ (м·°С); di – диаметр i-го слоя теплоизоляции, м; т –число слоев теплоизоляции.

Определение коэффициентов теплоотдачи связано с рядом трудностей. Для точных расчетов значений α следует применять формулы, приведенные в справочнике по теплопередаче. При ориентировочных расчетах термическим сопротивлением теплоотдачи от горячей жидкости к стенке и самой стенки можно пренебречь. Тогда температуру изолируемой поверхности можно принять равной температуре горячей жидкости, и теплообмен будет определяться только термическим сопротивлением изоляции и теплоотдачей от внешней поверхности изоляции к окружающей среде.

Теплозащитные экраны применяют для локализации источников лучистой теплоты, уменьшения облученности на рабочих местах и снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способностью. В зависимости от того, какая способность экрана более выражена, различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. По степени прозрачности экраны делят на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

К первому классу относят металлические водоохлаждаемые и футерированные асбестовые, альфолиевые, алюминиевые экраны; ко второму –экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой; все эти экраны могут орошаться водяной пленкой. Третий класс составляют экраны из различных стекол: силикатного, кварцевого и органического, бесцветного, окрашенного и металлизированного, пленочные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы.

При воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью 0,35 кВт/м2 и более, а также 0,175...0,35 кВт/м2 при площади излучающих поверхностей в пределах рабочего места более 0,2 м2 применяют воздушное душирование (подачу воздуха в виде воздушной струи, направленной на рабочее место). Воздушное душирование устраивают также для производственных процессов с выделением вредных газов или паров и при невозможности устройства местных укрытий.

Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работающего и потока воздуха, а также от скорости обтекания воздухом охлаждаемого тела Для обеспечения на рабочем месте заданных температур и скоростей воздуха ось воздушного потока направляют на грудь человека горизонтально или под углом 45°, а для обеспечения допустимых концентраций вредных веществ ее направляют в зону дыхания горизонтально или сверху под углом 45°.

В потоке воздуха из душирующего патрубка должны быть по возможности обеспечены равномерная скорость и одинаковая температура. Расстояние от кромки душирующего патрубка до рабочего места должно быть не менее 1 м. Минимальный диаметр патрубка принимают равным 0,3 м; при фиксированных рабочих местах расчетную ширину рабочей площадки принимают равной 1 м.

При душировании по способу ниспадающего потока воздух подают на рабочее место сверху с минимально возможного расстояния струёй большого сечения и с максимальной скоростью. Душирование по способу ниспадающего потока требует меньшего расхода воздуха и меньшей степени его охлаждения по сравнению с обычными воздушными душами, что позволяет в большинстве случаев обходиться испарительным (адиабатическим) охлаждением воздуха рециркуляционной водой. При интенсивности облучения свыше 2,1 кВт/м2 воздушный душ не может обеспечить необходимого охлаждения. В этом случае надо по возможности уменьшить облучение, предусматривая теплоизоляцию, экранирование или водовоздушное душирование. Это позволяет наряду с усилением конвективного теплообмена увеличить и теплоотдачу организма путем испарения влаги с поверхности тела и одежды. Для периодического охлаждения рабочих устраивают радиационные кабины, комнаты отдыха.

Воздушные завесы предназначены для защиты от прорыва холодного воздуха в помещение через проемы здания (ворота, двери и т.п.). Воздушная завеса представляет собой воздушную струю, направленную под углом навстречу холодному потоку воздуха. Она выполняет роль воздушного шибера, уменьшая прорыв холодного воздуха через проемы. Согласно СНиП 2.04.05–91 воздушные завесы необходимо устанавливать у проемов отапливаемых помещений, открывающихся не реже, чем один раз в час либо на 40 мин единовременно при температуре наружного воздуха - 15 °С и ниже.

Применяют несколько основных схем воздушных завес. Завесы с нижней подачей (рис.1.5, а) наиболее экономичны по расходу воздуха и рекомендуются в том случае, когда недопустимо понижение температуры вблизи проемов. Для проемов небольшой ширины рекомендуется схема, показанная на рис.1.5. б. Схему с двухсторонним боковым направлением струй (рис.1.5, в) используют в тех случаях, когда возможна остановка транспорта в воротах.

Количество и температуру воздуха для завесы определяют расчетным путем, причем температура нагрева воздуха для воздушных завес водой принимается не более 70 °С, для дверей –не более 50 °С.

Воздушные оазисы предназначены для улучшения метеорологических условий труда (чаще отдыха на ограниченной площади). Для этого разработаны схемы кабин с легкими передвижными перегородками, которые затапливаются воздухом с соответствующими параметрами.

Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода должны предусматривать предупреждение выхолаживания производственных помещений, использование средств индивидуальной защиты, подбор рационального режима труда и отдыха. Спецодежда должна быть воздухо - и влагонепроницаемой (хлопчатобумажная, льняная, грубошерстное сукно), иметь удобный покрой. Для работы в экстремальных условиях (ликвидация пожаров и др.) применяют специальные костюмы, обладающие повышенной теплосветоотдачей. Для защиты головы от излучения применяют дюралевые, фибровые каски, войлочные шляпы; для защиты глаз –очки темные или с прозрачным слоем металла, маски с откидным экраном.

Важным фактором, способствующим повышению работоспособности рабочих в горячих цехах, является рациональный режим труда и отдыха. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем редкие, но продолжительные. При физических работах средней тяжести на открытом воздухе с температурой до 25 °С внутренний режим предусматривает 10-минутные перерывы после 50...60 мин работы; при температуре наружного воздуха 25...33 °С рекомендуется 15-минутный перерыв после 45 мин работы и разрыв рабочей смены на 4...5 ч на период наиболее жаркого времени.

При кратковременных работах в условиях высоких температур (тушении пожаров, ремонте металлургических печей), где температура достигает 80...100 °С, большое значение имеет тепловая тренировка. Устойчивость к высоким температурам может быть в некоторой степени повышена с использованием фармакологических средств (дибазола, аскорбиновой кислоты, смеси этих веществ и глюкозы), вдыхания кислорода, аэроионизации.

При нефиксированных рабочих местах и работе на открытом воздухе в холодных климатических условиях организуют специальные помещения для обогревания. При неблагоприятных метеорологических условиях–температура воздуха - 10 °С и ниже–обязательны перерывы на обогрев продолжительностью 10...15 мин каждый час. При температуре наружного воздуха - 30... -45 °С 15-минутные перерывы на отдых организуются каждые 60 мин от начала рабочей смены и после обеда, а затем через каждые 45 мин работы. В помещениях для обогрева необходимо предусматривать возможность питья горячего чая.

# 1.5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

Эффективным средством обеспечения надлежащей чистоты и допустимых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция. Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции. Система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания, называется естественной вентиляцией. Разность давлений обусловлена разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха (гравитационное давление, или тепловой напор ∆Рт) и ветровым напором ∆Рв, действующим на здание. Расчетный тепловой напор (Па)

ΔРт = gh(ρн - ρв),

где g–ускорение свободного падения, м/с2; h–вертикальное расстояние между центрами приточного и вытяжного отверстий, м; рни р^ –плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м.

При действии ветра на поверхностях здания с подветренной стороны образуется избыточное давление, на заветренной стороне – разряжение. Распределение давлений по поверхности зданий и их величина зависят от направления и силы ветра, а также от взаиморасположения зданий. Ветровой напор (Па)

ΔРв = kп ρн,

где kn„ – коэффициент аэродинамического сопротивления здания; значение kn не зависит от ветрового потока, определяется эмпирическим путем и для геометрически подобных зданий остается постоянным; WВ –скорость ветрового потока, м/с.

Неорганизованная естественная вентиляция –инфильтрация, или естественное проветривание – осуществляется сменой воздуха в помещениях через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций благодаря разности давления снаружи и внутри помещения. Такой воздухообмен зависит от случайных факторов–силы и направления ветра, температуры воздуха внутри и снаружи здания, вида ограждений и качества строительных работ. Инфильтрация может быть значительной для жилых зданий и достигать 0,5...0,75 объема помещения в час, а для промышленных предприятий до 1...1.5. ч-1.

Для постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания чистоты воздуха в помещении, необходима организованная вентиляция. Организованная естественная вентиляция может быть вытяжной без организованного притока воздуха (канальная) и приточно-вытяжной с организованным притоком воздуха (канальная и бесканальная аэрация). Канальная естественная вытяжная вентиляция без организованного притока воздуха (рис.1.6) широко применяется в жилых и административных зданиях. Расчетное гравитационное давление таких систем вентиляции определяют при температуре наружного воздуха +5 ˚С, считая, что все давление падает в тракте вытяжного канала, при этом сопротивление входу воздуха в здание не учитывается. При расчете сети воздуховодов прежде всего производят ориентировочный подбор их сечений исходя из допустимых скоростей движения воздуха в каналах верхнего этажа 0,5...0,8 м/с, в каналах нижнего этажа и сборных каналах верхнего этажа 1,0 м/с и в вытяжной шахте 1...1.5. м/с.

Для увеличения располагаемого давления в системах естественной вентиляции на устье вытяжных шахт устанавливают насадки –дефлекторы (рис.1.7). Усиление тяги происходит благодаря разрежению, возникающему при обтекании дефлектора ЦАГИ. Разрежение, создаваемое дефлектором, и количество удаляемого воздуха зависят от скорости ветра и могут быть определены с помощью номограмм.

Рис.1.8. Схема аэрации промышленного здания

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей. Воздухообмен в помещении регулируют различной степенью открывания фрамуг (в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра). Как способ вентиляции аэрация нашла широкое применение в промышленных зданиях, характеризующихся технологическими процессами с большими тепловыделениями (прокатных цехах, литейных, кузнечных). Поступление наружного воздуха в цех в холодный период года организуют так, чтобы холодный воздух не попадал в рабочую зону. Для этого наружный воздух подают в помещение через проемы, расположенные не ниже 4,5 м от пола (рис.1.8), в теплый период года приток наружного воздуха ориентируют через нижний ярус оконных проемов (А = 1,5...2 м).

При расчете аэрации определяют требуемую площадь проходного сечения проемов и аэрационных фонарей для подачи и удаления необходимого количества воздуха. Исходными данными являются конструктивные размеры помещений, проемов и фонарей, величины теплопродукции в помещении, параметры наружного воздуха. Согласно СНиП 2.04.05–91 расчет рекомендуется выполнять на действие гравитационного давления. Ветровой напор надлежит учитывать только при решении вопросов защиты вентиляционных проемов от задувания. При расчете аэрации составляют материальный (по воздуху) и тепловой баланс помещения:

где Gnpi и Gвытi–масса поступающего и удаляемого воздуха, обладающего теплоемкостью Ср и температурой t.

Основным достоинством аэрации является возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии. К недостаткам аэрации следует отнести то, что в теплый период года эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха и, кроме того, поступающий в помещение воздух не очищается и не охлаждается.

Вентиляция, с помощью которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этого специальных механических побудителей, называется механической вентиляцией.

Рис.1.9. Принципиальная схема вентиляции для выбора соотношения объемов приточного и удаляемого воздуха:

а – LB>Lnp. Р1<P2; б – Lв<Lпр, p1>p2

Механическая вентиляция по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ: большой радиус действия вследствие значительного давления, создаваемого вентилятором; возможность изменять или сохранять необходимый воздухообмен независимо от температуры наружного воздуха и скорости ветра; подвергать вводимый в помещение воздух предварительной очистке, осушке или увлажнению, подогреву или охлаждению; организовывать оптимальное воздухораспределение с подачей воздуха непосредственно к рабочим местам; улавливать вредные выделения непосредственно в местах их образования и предотвращать их распространение по всему объему помещения, а также возможность очищать загрязненный воздух перед выбросом его в атмосферу. К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость сооружения и эксплуатации ее и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом.

Системы механической вентиляции подразделяются на общеобменные, местные, смешанные, аварийные и системы кондиционирования.

Общеобменная вентиляция предназначена для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и вредных веществ во всем объеме рабочей зоны помещений. Она применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения, рабочие места не фиксированы, а располагаются по всему помещению. Обычно объем воздуха Lпр, подаваемого в помещение при общеобменной вентиляции, равен объему воздуха LB, удаляемого из помещения. Однако в ряде случаев возникает необходимость нарушить это равенство (рис.1.9). Так, в особо чистых цехах электровакуумного производства, для которых большое значение имеет отсутствие пыли, объем притока воздуха делается больше объема вытяжки, за счет чего создается некоторый избыток давления в производственном помещении, что исключает попадание пыли из соседних помещений. В общем случае разница между объемами приточного и вытяжного воздуха не должна превышать 10...15%.

Существенное влияние на параметры воздушной среды в рабочей зоне оказывают правильная организация и устройство приточных и вытяжных систем.

Воздухообмен, создаваемый в помещении вентиляционными устройствами, сопровождается циркуляцией воздушных масс в несколько раз больших объема подаваемого или удаляемого воздуха. Возникающая циркуляция является основной причиной распространения и перемешивания вредных выделений и создания в помещении разных по концентрации и температуре воздушных зон. Так, приточная струя, входя в помещение, вовлекает в движение окружающие массы воздуха, в результате чего масса струи в направлении движения будет возрастать, а скорость падать. При истечении из круглого отверстия (рис.1.10) на расстоянии 15 диаметров от устья скорость струи составит 20% от первоначальной скорости Vo, а объем перемещающегося воздуха увеличится в 4,6 раза.

Скорость затухания движения воздуха зависит от диаметра выпускного отверстия do: чем больше do, тем медленнее затухание. Если нужно быстрее погасить скорость приточных струй, подаваемый воздух должен быть разбит на большое число мелких струй.

Существенное влияние на траекторию струи оказывает температура приточного воздуха: если температура приточной струи выше температуры воздуха помещения, то ось загибается вверх, если ниже, то вниз при изотермическом течении она совпадает с осью приточного отверстия.

К всасывающему отверстию (вытяжная вентиляция) воздух натекает со всех сторон, вследствие чего и падение скорости происходит весьма интенсивно (рис.1.11). Так, скорость всасывания на расстоянии одного диаметра от отверстия круглой трубы равна 5% Vo.

Циркуляция воздуха в помещении и соответственно концентрация примесей и распределение параметров микроклимата зависит не только от наличия приточных и вытяжных струй, но и от их взаимного расположения. Различают четыре основные схемы организации воздухообмена при общеобменной вентиляции: сверху–вверх (рис.1.12, а); сверху –вверх (рис.1.12, б); снизу –вверх (рис.1.12, в); снизу – вниз (рис.1.12, г). Кроме этих схем применяют комбинированные. Наиболее равномерное распределение воздуха достигается в том случае, когда приток равномерен по ширине помещения, а вытяжка сосредоточена.

При организации воздухообмена в помещениях необходимо учитывать и физические свойства вредных паров и газов и в первую очередь их плотность. Если плотность газов ниже плотности воздуха, то удаление загрязненного воздуха происходит в верхней зоне, а подача свежего–непосредственно в рабочую зону. При выделении газов с плотностью большей плотности воздуха из нижней части помещения удаляется 60. .70% и из верхней части 30...40% загрязненного воздуха. В помещениях со значительными выделениями влаги вытяжка влажного воздуха осуществляется в верхней зоне, а подача свежего в количестве 60% –в рабочую зону и 40% –в верхнюю зону.

По способу подачи и удаления воздуха различают четыре схемы общеобменной вентиляции (рис.1.13): приточная, втяжная, приточно-вытяжная и системы с рециркуляцией. По приточной системе воздух подается в помещение - после подготовки его в приточной камере. В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого воздух уходит наружу через окна, двери или в другие помещения. Приточную систему применяют для вентиляции помещений, в которые нежелательно попадание загрязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне.

Установки приточной вентиляции (рис.1.13, а) обычно состоят из следующих элементов: воздухозаборного устройства 1 для забора чистого воздуха; воздуховодов 2, по которым воздух подается в помещение, фильтров 3 для очистки воздуха от пыли, калориферов 4, в которых подогревается холодный наружный воздух; побудителя движения 5, увлажнителя-осушителя 6, приточных отверстий или насадков 7, через которые воздух распределяется по помещению. Воздух из помещения удаляется через неплотности ограждающих конструкций.

Вытяжная система предназначена для удаления воздуха из помещения. При этом в нем создается пониженное давление и воздух соседних помещений или наружный воздух поступает в данное помещение. Вытяжную систему целесообразно применять в том случае, если вредные выделения данного помещения не должны распространяться на соседние, например, для вредных цехов, химических и биологических лабораторий.

Установки вытяжной вентиляции (рис.1.13,6) состоят из вытяжных отверстий или насадков 8, через которые воздух удаляется из помещения; побудителя движения 5; воздуховодов 2, устройств для очистки воздуха от пыли или газов 9, устанавливаемых для защиты атмосферы, и устройства для выброса воздуха 10, которое располагается на 1...1.5. м выше конька крыши. Чистый воздух поступает в производственное помещение через неплотности в ограждающих конструкциях, что является недостатком данной системы вентиляции, так как неорганизованный приток холодного воздуха (сквозняки) может вызвать простудные заболевания.

Приточно-вытяжная вентиляция – наиболее распространенная система, при которой воздух подается в помещение приточной системой, а удаляется вытяжной; системы работают одновременно.

В отдельных случаях для сокращения эксплуатационных расходов на нагревание воздуха применяют системы вентиляции с частичной рециркуляцией (рис.1.13, в). В них к поступающему снаружи воздуху подмешивают воздух, отсасываемый из помещения П вытяжной системой. Количество свежего и вторичного воздуха регулируют клапанами 11 и 12. Свежая порция воздуха в таких системах обычно составляет 20...10% общего количества подаваемого воздуха. Систему вентиляции с рециркуляцией разрешается использовать только для тех помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ или выделяющиеся вещества относятся к 4-му классу опасности и концентрация их в воздухе, подаваемом в помещение, не превышает 30% ПДК. Применение рециркуляции не допускается и в том случае, если в воздухе помещений содержатся болезнетворные бактерии, вирусы или имеются резко выраженные неприятные запахи.

Отдельные установки общеобменной механической вентиляции могут не включать всех указанных выше элементов. Например, приточные системы не всегда оборудуются фильтрами и устройствами для изменения влажности воздуха, а иногда приточные и вытяжные установки могут не иметь сети воздуховодов.

Расчет потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции производят исходя из условий производства и наличия избыточной теплоты, влаги и вредных веществ. Для качественной оценки эффективности воздухообмена применяют понятие кратности воздухообмена kв – отношение объема воздуха, поступающего в помещение в единицу времени L (м3/ч), к объему вентилируемого помещения Vn (м3). При правильно организованной вентиляции кратность воздухообмена должна быть значительно больше единицы.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного работающего. Отсутствие вредных выделений –это такое их количество в технологическом оборудовании, при одновременном выделении которых в воздухе помещения концентрация вредных веществ не превысит предельно допустимую. В производственных помещениях с объемом воздуха на каждого работающего Vni<20 м3 расход воздуха на одного работающего Li должен быть не менее 30 м /ч. В помещении с Vпi ==20...40 м3 L пi - 20 м3/4. В помещениях с Vni>40 м3 и при наличии естественной вентиляции воздухообмен не рассчитывают. В случае отсутствия естественной вентиляции (герметичные кабины) расход воздуха на одного работающего должен составлять не менее 60 м3/ч.

Необходимый воздухообмен для всего производственного помещения в целом

L = nLi,

где n –число работающих в данном помещении.

При определении потребного воздухообмена для борьбы с теплоизбытками составляют баланс явной теплоты помещения:

ΔQизб + Gпрcрtпр + Gвcрtух = 0,

где ∆ Qизб–избытки явной теплоты всего помещения, кВт; GпрСрtпр и GBCptyx –теплосодержание приточного и удаляемого воздуха, кВт; Ср – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг∙°С); tnp и tух–температура приточного и уходящего воздуха, °С.

В летнее время вся теплота, которая поступает в помещение, является суммой теплоизбытков. В холодный период года часть тепловыделений в помещении расходуется на компенсацию теплопотерь

где б т –тепловыделения в помещении, кВт; Z б пот–потери теплоты через наружные ограждения, кВт.

Температура наружного воздуха в теплый период года принимается равной средней температуре самого жаркого месяца в 13 ч. Расчетны температуры для теплого и холодного периодов года приведены в СНиП 2.04.05–91. Температура удаляемого из помещения воздуха

где tрз –температура воздуха в рабочей зоне, °С; а – градиент температуры по высоте помещения, °С/м; для помещений с qя<23 Вт/м3 можно применять а = 0,5 °С/м. Для «горячих» цехов с qя>23 Вт/м3 – а = 0,7...1,5 °С/м; Н – расстояние от пола до центра вытяжных отверстий, м.

Исходя из баланса явной теплоты помещения, определяют необходимый воздухообмен (°С/ч) для ассимиляции теплоизбытков

где ρпр – плотность приточного воздуха, кг/м3.

При определении необходимого воздухообмена для борьбы с вредными парами и газами составляют уравнение материального баланса вредных выделений в помещении за время dτ (с):

где GBPdτ–масса вредных выделений в помещении, обусловленных работой технологического оборудования, мг; LnpCnp dτ – масса вредных выделений, поступающих в помещение вместе с приточным воздухом, мг; LBCBdτ–масса вредных выделений, удаляемых из помещения вместе с уходящим воздухом, мг; Vпdc dτ с–масса вредных паров или газов, накопившихся в помещении за время dτ; Спр и Св – концентрация вредных веществ в приточном и удаляемом воздухе, мг/м3.

При равенстве масс приточного и удаляемого воздуха и, принимая, что благодаря вентиляции вредные вещества не накапливаются в производственном помещении, т.е. dc/ dτ = 0 и Св = Спдк, получим L=GBP/(Cпдк-Спр). Концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе равна концентрации их в воздухе помещения и не должна превышать ПДК. Концентрация вредных веществ в приточном воздухе должна быть по возможности минимальной и не превышать 30% ПДК. Необходимый воздухообмен для удаления избыточной влаги определяют исходя из материального баланса по влаге

где GB^ – масса водяного пара, выделяющегося в помещение, г/с; ρпр –плотность воздуха, поступающего в помещение, кг/м3; dyx –допустимое содержание водяного пара в воздухе помещения при нормативной температуре и относительной влажности воздуха, г/кг; dпp – влагосодержание приточного воздуха, г/кг.

При одновременном выделении в рабочую зону вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием на организм человека, например теплоты и влаги, необходимый воздухообмен принимают по наибольшей массе воздуха, полученной в расчетах для каждого вида производственных выделений.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (триоксид и диоксид серы; оксид азота совместно с оксидом углерода и др., см. СН 245–71) расчет общеобменной вентиляции надлежит производить путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до его условных предельно допустимых концентраций [ci], учитывающих загрязнения воздуха другими веществами. Эти концентрации меньше нормативных Cпдк и определяются из уравнения Σni=1

С помощью местной вентиляции необходимые метеорологические параметры создаются на отдельных рабочих местах. Например, улавливание вредных веществ непосредственно у источника возникновения, вентиляция кабин наблюдения и т.д. Наиболее широкое распространение находит местная вытяжная локализующая вентиляция. Основной метод борьбы с вредными выделениями заключается в устройстве и организации отсосов от укрытий.

Конструкции местных отсосов могут быть полностью закрытыми, полуоткрытыми или открытыми (рис.1.14). Наиболее эффективны закрытые отсосы. К ним относятся кожухи, камеры, герметично или плотно укрывающие технологическое оборудование (рис.1.14, а). Если такие укрытия устроить невозможно, то применяют отсосы с частичным укрытием или открытые: вытяжные зонты, отсасывающие панели, вытяжные шкафы, бортовые отсосы и др.

Один из самых простых видов местных отсосов – вытяжной зонт (рис.1.14, ж). Он служит для улавливания вредных веществ, имеющих меньшую плотность, чем окружающий воздух. Зонты устанавливают над ваннами различного назначения, электро - и индукционными печами и над отверстиями для выпуска металла и шлака из вагранок. Зонты делают открытыми со всех сторон и частично открытыми: с одной, двух и трех сторон. Эффективность работы вытяжного зонта зависит от размеров, высоты подвеса и угла его раскрытия. Чем больше размеры и чем ниже установлен зонт над местом выделения веществ, тем он эффективнее. Наиболее равномерное всасывание обеспечивается при угле раскрытия зонта менее 60°.

Отсасывающие панели применяют дня удаления вредных выделений, увлекаемых конвективными токами, при таких ручных операциях, как электросварка, пайка, газовая сварка, резка металла и т.п. Вытяжные шкафы – наиболее эффективное устройство по сравнению с другими отсосами, так как почти полностью укрывают источник выделения вредных веществ. Незакрытыми в шкафах остаются лишь проемы для обслуживания, через которые воздух из помещения поступает в шкаф. Форму проема выбирают в зависимости от характера технологических операций.

Необходимый воздухообмен в устройствах местной вытяжной вентиляции рассчитывают, исходя из условия локализации примесей, выделяющихся из источника образования. Требуемый часовой объем отсасываемого воздуха определяют как произведение площади приемных отверстий отсоса F(м2) на скорость воздуха в них. Скорость воздуха в проеме отсоса v (м/с) зависит от класса опасности вещества и типа воздухоприемника местной вентиляции (v = 0,5...5 м/с).

Смешанная система вентиляции является сочетанием элементов местной и общеобменной вентиляции. Местная система удаляет вредные вещества из кожухов и укрытий машин. Однако часть вредных веществ через неплотности укрытий проникает в помещение. Эта часть удаляется общеобменной вентиляцией.

Аварийная вентиляция предусматривается в тех производственных помещения, в которых возможно внезапное поступление в воздухе большого количества вредных или взрывоопасных веществ. Производительность аварийной вентиляции определяют в соответствии с требованиями нормативных документов в технологической части проекта. Если такие документы отсутствуют, то производительность аварийной вентиляции принимается такой, чтобы она вместе с основной вентиляцией обеспечивала в помещении не менее восьми воздухообменов за 1 ч. Система аварийной вентиляции должна включаться автоматически при достижении ПДК вредных выделений или при остановке одной из систем общеобменной или местной вентиляции. Выброс воздуха аварийных систем должен осуществляться с учетом возможности максимального рассеивания вредных и взрывоопасных веществ в атмосфере.

Для создания оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях применяют наиболее совершенный вид промышленной вентиляции – кондиционирование воздуха. Кондиционированием воздуха называется его автоматическая обработка с целью поддержания в производственных помещениях заранее заданных метеорологических условий независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения. При кондиционировании автоматически регулируется температура воздуха, его относительная влажность и скорость подачи в помещение в зависимости от времени года, наружных метеорологических условий и характера технологического процесса в помещении. Такие строго определенные параметры воздуха создаются в специальных установках, называемых кондиционерами. В ряде случаев помимо обеспечения санитарных норм микроклимата воздуха в кондиционерах производят специальную обработку: ионизацию, дезодорацию, озонирование и т.п.

Кондиционеры могут быть местными (для обслуживания отдельных помещений) и центральными (для обслуживания нескольких отдельных помещений). Принципиальная схема кондиционера представлена на рис.1.15. Наружный воздух очищается от пыли в фильтре 2 и поступает в камеру I, где он смешивается с воздухом из помещения (при рециркуляции). Пройдя через ступень предварительной температурной обработки 4, воздух поступает в камеру II, где он проходит специальную обрабочку (промывание воздуха водой, обеспечивающую заданные параметры относительной влажности, и очистку воздуха), и в камеру III (температурная обработка). При температурной обработке зимой воздух подогревается частично за счет температуры воды, поступающей в форсунки 5, и частично, проходя через калориферы 4 и 7. Летом воздух охлаждается частично подачей в камеру II охлажденной (артезианской) воды, и главным образом в итоге работы специальных холодильных машин.

Кондиционирование воздуха играет существенную роль не только с точки зрения безопасности жизнедеятельности, но и во многих технологических процессах, при которых не допускаются колебания температуры и влажности воздуха (особенно в радиоэлектронике). Поэтому установки кондиционирования в последние годы находят все более широкое применение на промышленных предприятиях.

# 1.6. ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Основные светотехнические характеристики. Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38...0,76 мкм. Чувствительность зрения максимальна к электромагнитному излучению с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся:

световой поток Ф –часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм);

сила света J–пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока dф, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла dΩ, к величине этого угла; J== dф/dΩ; измеряется в канделах (кд);

освещенность Е–поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока dф, равномерно падающего на освещаемую поверхность dS (м2), к ее площади: Е=dф/dS, измеряется в люксах (лк);

яркость L поверхности под углом α к нормали –это отношение силы света dJα, излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади dS проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную к этому направлению: L = dф/(dScosα), измеряется в кд • м-2.

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, показатель освещенности, спектральный состав света.

Фон – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения р) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока Фотр к падающему на нее световому потоку Фпад; р == Фот/Фпад. В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,02...0,95; при р >0,4 фон считается светлым; при р = 0,2...0,4–средним и при р <0,2–темным.

Контраст объекта с фоном k – степень различения объекта и фона –характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знаки, пятна, трещины, риски или других элементов) и фона; k = (Lop–Lo) /Lop считается большим, если k>0,5 (объект резко выделяется на фоне), средним при k==0,2...0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при k<0,2 (объект слабо заметен на фоне).

Коэффициент пульсации освещенности kЕ–это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

KЕ=100(Emax-Emin) /(2Eср);

где Emax, Emin Ecp – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп kе = 25...65%, для обычныхламп накаливания kE≈7%, для галогенных ламп накаливания KE== 1%.

Показатель ослепленности Ро – критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой,

Po=1000(V1/V2-1),

где V1 и V2 –видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т.п.

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном, т.е. V=k/kпop, где kпор –пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличим на этом фоне.

Системы и виды производственного освещения. При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на боковое (одно - и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее –через аэрационные и зенитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов – общее и комбинированное. Систему общего освещения применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цехи), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных зрительных работ (например, слесарных, токарных, контрольных) в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально (штампы, гильотинные ножницы), наряду с общим освещением применяют местное. Совокупность местного и общего освещения называют комбинированным освещением. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное и специальное, которое может быть охранным, дежурным, эвакуационным, эритемным, бактерицидным и др.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений.

Аварийное освещение устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при авариях) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать взрыв, пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т.д. Минимальная освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении должна составлять 5% нормируемой освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк.

Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения эвакуации людей из производственного помещения при авариях и отключении рабочего освещения; организуется в местах, опасных для прохода людей: на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работают более 50 чел. Минимальная освещенность на полу основных проходов и на ступеньках при эвакуационном освещении должна быть не менее 0,5 лк, на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

Охранное освещение устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность в ночное время 0,5 лк.

Сигнальное освещение применяют для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности, либо на безопасный путь эвакуации.

Условно к производственному освещению относят бактерицидное и эритемное облучение помещений. Бактерицидное облучение («освещение») создается для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи с λ == 0,254...0,257 мкм. Эритемное облучение создается в производственных помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные лучи с λ = 0,297 мкм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма человека.

Основные требования к производственному освещению. Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда. Так, при выполнении отдельных операций на главном конвейере сборки автомобилей при повышении освещенности с 30 до 75 лк производительность труда повысилась на 8%. При дальнейшем повышении до 100 лк –на 28% (по данным проф. АЛ. Тарханова). Дальнейшее повышение освещенности не дает роста производительности.

При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность вынуждает глаз переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения и соответственно к снижению производительности труда. Для повышения равномерности естественного освещения больших цехов осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и оборудования способствует равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего.

Производственное освещение должно обеспечивать отсутствие в поле зрения работающего резких теней. Наличие резких теней искажает размеры и формы объектов различения и тем самым повышает утомляемость, снижает производительность труда. Особенно вредны движущиеся тени, которые могут привести к травмам. Тени необходимо смягчать, применяя, например, светильники со светорассеивающими молочными стеклами, при естественном освещении, используя солнцезащитные устройства (жалюзи, козырьки и др.).

Для улучшения видимости объектов в поле зрения работающего должна отсутствовать прямая и отраженная блескость. Блескость – это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов. Блескость ограничивают уменьшением яркости источника света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников, правильном направлением светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности. Там, где это возможно, блестящие поверхности следует заменять матовыми.

Колебания освещенности на рабочем месте, вызванные, например, резким изменением напряжения в сети, обусловливают переадаптацию глаза, приводя к значительному утомлению. Постоянство освещенности во времени достигается стабилизацией плавающего напряжения, жестким креплением светильников, применением специальных схем включения газоразрядных ламп.

При организации производственного освещения следует выбирать необходимый спектральный состав светового потока. Это требование особенно существенно для обеспечения правильной цветопередачи, а в отдельных случаях для усиления цветовых контрастов. Оптимальный спектральный состав обеспечивает естественное освещение. Для создания правильной цветопередачи применяют монохроматический свет, усиливающий одни цвета и ослабляющий другие.

Осветительные установки должны быть удобны и просты в эксплуатации, долговечны, отвечать требованиям эстетики, электробезопасности, а также не должны быть причиной возникновения взрыва или пожара. Обеспечение указанных требований достигается применением защитного зануления или заземления, ограничением напряжения питания переносных и местных светильников, защитой элементов осветительных сетей от механических повреждений и т.п.

Нормирование производственного освещения. Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05–95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения (например, при работе с приборами –толщиной линии градуировки шкалы, при чертежных работах –толщиной самой тонкой линии). В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью Emin) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности kE). Принято раздельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп при прочих равных условиях из-за их большей светоотдачи выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном освещении доля общего освещения должна быть не менее 10% нормируемой освещенности. Эта величина должна быть не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20...80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10... 20% в зависимости от характера выполняемой работы.

При определении нормы освещенности следует учитывать также ряд условий, вызывающих необходимость повышения уровня освещенности, выбранного по характеристике зрительной работы. Увеличение освещенности следует предусматривать, например, при повышенной опасности травматизма или при выполнении напряженной зрительной работы I... IV разрядов в течение всего рабочего дня. В некоторых случаях следует снижать норму освещенности, например, при кратковременном пребывании людей в помещении.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в зависимости от времени суток, года, метеорологических условий. Поэтому в качестве критерия оценки естественного освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности КЕО, не зависящий от вышеуказанных параметров. КЕО – это отношение освещенности в данной точке внутри помещения Eвн к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности Ен, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах, т.е. КЕО = 100Евн/Ен.

Принято раздельное нормирование КЕО для бокового и верхнего естественного освещения. При боковом освещении нормируют минимальное значение КЕО в пределах рабочей зоны, которое должно быть обеспечено в точках, наиболее удаленных от окна; в помещениях с верхним и комбинированным освещением – по усредненному КЕО в пределах рабочей зоны. Нормированное значение КЕО с учетом характеристики зрительной работы, системы освещения, района расположения зданий на территории страны

ен=КEOmc,

где КЕО–коэффициент естественной освещенности; определяется по СНиП 23-05–95; т –коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от района расположения здания на территории страны; с – коэффициент солнечности климата, определяемый в зависимости от ориентации здания относительно сторон света; коэффициенты т и с определяют по таблицам СНиП 23-05–95.

Совмещенное освещение допускается для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I и II разрядов; для производственных помещений, строящихся в северной климатической зоне страны; для помещений, в которых по условиям технологии требуется выдерживать стабильными параметры воздушной среды (участки прецизионных металлообрабатывающих станков, электропрецизионного оборудования). При этом общее искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами, а нормы освещенности повышаются на одну ступень.

Источники света и осветительные приборы. Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы– газоразрядные лампы и лампы накаливания. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явлений люминесценции, которое невидимое ультрафиолетовое излучение преобразует в видимый свет.

При выборе и сравнении источников света друг с другом пользуются следующими параметрами: номинальное напряжение питания U (В), электрическая мощность лампы Р (Вт); световой поток, излучаемый лампой Ф (лм), или максимальная сила света J(кд); световая отдача ψ == Ф/Р (лм/Вт), т.е. отношение светового потока лампы к ее электрической мощности; срок службы лампы и спектральный состав света.

Благодаря удобству в эксплуатации, простоте в изготовлении, низкой инерционности при включении, отсутствии дополнительных пусковых устройств, надежности работы при колебаниях напряжения и при различных метеорологических условиях окружающей среды лампы накаливания находят широкое применение в промышленности. Наряду с отмеченными преимуществами лампы накаливания имеют и существенные недостатки: низкая световая отдача (для ламп общего назначения ψ = 7...20 лм/Вт), сравнительно малый срок службы (до 2,5 тыс. ч), в спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличает их спектральный состав от солнечного света.

В последние годы все большее распространение получают галогеновые лампы – лампы накаливания с йодным циклом. Наличие в колбе паров йода позволяет повысить температуру накала нити, т.е. световую отдачу лампы (до 40 лм/Вт). Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накаливания, соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити и увеличивая срок службы лампы до 3 тыс. ч. Спектр излучения галогеновой лампы более близок к естественному.

Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является большая световая отдача 40...110 лм/Вт. Они имеют значительно большой срок службы, который у некоторых типов ламп достигает 8...12 тыс. ч. От газоразрядных ламп можно получить световой поток любого желаемого спектра, подбирая соответствующим образом инертные газы, пары металлов, люминоформ. По спектральному составу видимого света различают лампы дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛЛД), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ) и белого цвета (ЛБ).

Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока, что может привести к появлению стробоскопического эффекта, заключающегося в искажении зрительного восприятия. При кратности или совпадении частоты пульсации источника света и обрабатываемых изделий вместо одного предмета видны изображения нескольких, искажается направление и скорость движения, что делает невозможным выполнение производственных операций и ведет к увеличению опасности травматизма. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести также длительный период разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, облегчающих зажигание ламп; зависимость работоспособности от температуры окружающей среды Газоразрядные лампы могут создавать радиопомехи, исключение которых требует специальных устройств.

При выборе источников света для производственных помещений необходимо руководствоваться общими рекомендациями: отдавать предпочтение газоразрядным лампам как энергетически более экономичным и обладающим большим сроком службы; для уменьшения первоначальных затрат на осветительные установки и расходов на их эксплуатацию необходимо по возможности использовать лампы наибольшей мощности, но без ухудшения при этом качества освещения.

Создание в производственных помещениях качественного и эффективного освещения невозможно без рациональных светильников. Электрический светильник – это совокупность источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника от механических повреждений, воздействия окружающей среды и эстетического оформления помещения.

Для характеристики светильника с точки зрения распределения светового потока в пространстве строят график силы света в полярной системе координат (рис.1.16). Степень предохранения глаз работников от слепящего действия источника света определяют защитным углом светильника. Защитный угол –это угол между горизонталью и линией, соединяющей нить канала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя (рис.1.17). Важной характеристикой светильника является его коэффициент полезного действия – отношение фактического светового потока светильника Фф к световому потоку помещенной в него лампы Фп, т.е. ŋсв == Фф/Фп.

По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, отраженного и преимущественно отраженного света. Конструкция светильника должна надежно защищать источник света от пыли, воды и других внешних факторов, обеспечивать электро-, пожаро - и взрывобезопасность, стабильность светотехнических характеристик в данных условиях среды, удобство монтажа и обслуживания, соответствовать эстетическим требованиям. В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пылепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные На рис.1.18 приведены некоторые наиболее распространенные типы светильников (а–д –для ламп накаливания, е–ж –для газоразрядных ламп).

Расчет производственного освещения. Основной задачей светотехнических расчетов является: для естественного освещения определение необходимой площади световых проемов; для искусственного –требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

При естественном боковом освещении требуемая площадь световых проемов (м2)

Sтрок=Sпенεокkздkз/(100pτобщ)

где Sп –площадь пола помещений, м2; εок–коэффициент световой активности оконного проема; kзд–коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; kз –коэффициент запаса; определяется с учетом запыленности помещения, расположения стекол (наклонно, горизонтально, вертикально) и периодичности очистки; р –коэффициент, учитывающий влияние отраженного света; определяется с учетом геометрических размеров помещения, светопроема и значений коэффициентов отражения стен, потолка, пола; τобщ– общий коэффициент светопропускания; определяется в зависимости от коэффициента светопропускания стекол, потерь света в переплетах окон, слоя его загрязнения, наличия несущих и солнцезащитных конструкций перед окнами.

При выбранных светопроемах действительные значения коэффициента естественного освещения для различных точек помещения рассчитывают с использованием графоаналитического метода Данилюка по СНиП 23-05–95.

При проектировании искусственного освещения необходимо выбрать тип источника света, систему освещения, вид светильника; наметить целесообразную высоту установки светильников и размещения их в помещении; определить число светильников и мощность ламп, необходимых для создания нормируемой освещенности на рабочем месте, и в заключение проверить намеченный вариант освещения на соответствие его нормативным требованиям.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока. Световой поток (лм) одной лампы или группы люминисцентных ламп одного светильника

Фк=ЕнSzk3/(nηN),

где Eн –нормируемая минимальная освещенность по СНиП 23-05–95, лк; S–площадь освещаемого помещения, м2; z –коэффициент неравномерности освещения, обычно z = 1,1-1,2; k, –коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа применяемых источников света, обычно kз = 1,3 - 1,8; п –число светильников в помещении; ηN–коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока, давший название методу расчета, определяют по СНиП 23-05–95 в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен и потолка, размеров помещения, определяемых индексом помещения

i=AB/ [H(A+B)],

где А, В – длина и ширина помещения в плане, м; H – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

По полученному в результате расчета световому потоку по ГОСТ 2239–79\* и ГОСТ 6825–91 выбирают ближайшую стандартную лампу и определяют необходимую электрическую мощность. При выборе лампы допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10... 20%.

Для поверочного расчета местного освещения, а также для расчета освещенности конкретной точки наклонной поверхности при общем локализованном освещении применяют точечный метод. В основу точечного метода положено уравнение

ЕА =Jαcosα / r 2,

где ЕА – освещенность горизонтальной поверхности в расчетной точке А, лк; Jα – сила света в направлении от источника к расчетной точке А; определяется по кривой распределения светового потока выбираемого светильника и источника света; α – угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка, и направлением вектора силы света в точку А; r–расстояние от светильника до точки A, м.

Учитывая, что r = H/cosα и вводя коэффициент запаса kз получим Ел = Jα cos3α /(Hk3). Критерием правильности расчета служит неравенство Ел≥ Ен.

Цветовое оформление производственного интерьера. Рациональное цветовое оформление производственного интерьера –действенный фактор улучшения условий труда и жизнедеятельности человека. Установлено, что цвета могут воздействовать на человека по-разному: одни цвета успокаивают, а другие раздражают. Например, красный цвет – возбуждающий, горячий, вызывает у человека условный рефлекс, направленный на самозащиту. Оранжевый воспринимается людьми так же как горячий, он согревает, бодрит, стимулирует к активной деятельности. Желтый–теплый, веселый, располагает к хорошему настроению. Зеленый –цвет покоя и свежести, успокаивающе действует на нервную систему, а в сочетании с желтым благотворно влияет на настроение. Синий и голубой цвета свежи и прозрачны, кажутся легкими, воздушными. Под их воздействием уменьшается физическое напряжение, они могут регулировать ритм дыхания, успокаивать пульс. Черный цвет – мрачный и тяжелый, резко снижает настроение. Белый цвет–холодный, однообразный, способный вызывать апатию.

Разностороннее эмоциональное воздействие цвета на человека позволяет широко использовать его в гигиенических целях. Поэтому при оформлении интерьера производственного помещения цвет используют как композиционное средство, обеспечивающее гармоническое единство помещения и технологического оборудования, как фактор, создающий оптимальные условия зрительной работы и способствующий повышению работоспособности; как средство информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда.

Поддержание рациональной цветовой гаммы в производственных помещениях достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр. В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнений светильников и остекленных проемов, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети, регулярную и рациональную окраску стен, потолка, оборудования.

Сроки очистки светильников и остекления зависят от степени запыленности помещения: для помещений с незначительными выделениями пыли –2 раза в год; со значительным выделением пыли – 4...12 раз в год. Для удобства и безопасности очистки осветительных установок применяют передвижные тележки, телескопические лестницы, подвесные люльки. При высоте подвеса светильников до 5 м допускается обслуживание их с приставных лестниц и стремянок. Очищать светильники следует при отключенном питании.

# 2. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ТЕХНОСФЕРЫ

# 2.1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕГИОНОВ ТЕХНОСФЕРЫ ТОКСИЧНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Регионы техносферы и природные зоны, примыкающие к очагам техносферы, постоянно подвергаются активному загрязнению различными веществами и их соединениями.

Загрязнение атмосферы. Атмосферный воздух всегда содержит некоторое количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников. К числу примесей, выделяемых естественными источниками, относят: пыль (растительного, вулканического, космического происхождения, возникающую при эрозии почвы, частицы морской соли); туман; дым и газ от лесных и степных пожаров; газы вулканического происхождения; различные продукты растительного, животного происхождения и др.

Естественные источники загрязнений бывают либо распределенными, например, выпадение космической пыли, либо локальными, например, лесные и степные пожары, извержения вулканов. Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени.

Основное антропогенное загрязнение атмосферного воздуха создают автотранспорт, теплоэнергетика и ряд отраслей промышленности (табл.2.1).

Таблица 2.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Российской Федерации, тыс. т [2.2]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источники выбросов | 1992г.  | 1996г.  |
| Теплоэлектростанции | 6645 | 4748 |
| Металлургические предприятия | 8218 | 6133 |
| Нефтяная и газовая промышленность | 4532 | 2699 |
| Химическая промышленность | 1000 | 454 |
| Производства, выпускающие строительные материалы | 1386 | 528 |
| Предприятия, перерабатывающие древесину | 751 | 434 |
| Автотранспорт | – | 10955 |

Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются: оксид углерода СО, диоксид серы SO2, оксиды азота NOx, углеводороды СnНm и пыль. Основные источники примесей атмосферы и их ежегодные выбросы приведены в табл.2.2. и 2.3.

Таблица 2.2. Источники выбросов веществ в атмосферу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Примеси | Основные источники | Среднегодовая концентрация в воздухе, мг/м |
| естественные | антропогенные |
| Пыль | Вулканические извержения, пылевые бури, лесные пожары и др.  | Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках | В городах 0,04–0.4 |
| Диоксид серы | Вулканические извержения, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море | Сжигание топлива в промышленных и бытовых установках | В городах до 1,0 |
| Оксиды азота | Лесные пожары | Промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции | В районах с развитой промышленностью до 0,2 |
| Оксид углерода | Лесные пожары, выделения океанов | Автотранспорт, промышленные энергоустановки, предприятия черной металлургии | В городах 1...50 |
| Летучие углеводороды | Лесные пожары, природный метан | Автотранспорт, испарение нефтепродуктов | В районах с развитой промышленностью до 0,3 |
| Полицик-лические аро-матические углеводороды | - | Автотранспорт, химические и нефтеперерабатывающие заводы | В районах с развитой промышленностью до 0,01 |

Таблица 2.3. Ежегодное количество примесей, поступающих в атмосферу Земли

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Выбросы, млн. т | Доля антропогенных примесей в общих поступлениях,% |
| естественные | антропогенные |
| Пыль | 3700 | 1000 | 27 |
| Оксид углерода | 5000 | 304 | 5,7 |
| Углеводороды | 2600 | 88 | 3,3 |
| Оксиды азота | 770 | 53 | 6,5 |
| Оксиды серы | 650 | 100 | 13,3 |
| Диоксид углерода | 485000 | 18300 | 3,6 |

Кроме приведенных выше веществ и пыли в атмосферу выбрасываются и другие, более токсичные вещества. Так, вентиляционные выбросы заводов электронной промышленности содержат пары плавиковой, серной, хромовой и других минеральных кислот, органические растворители и т.п. В настоящее время насчитывается более 500 вредных веществ, загрязняющих атмосферу, их количество увеличивается.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников в РФ в 1996 г. приведены ниже [2.2]:

|  |  |
| --- | --- |
| Пыль... ... ... ………………………………. .  | Млн. т4,1 |
| Диоксид серы... . ………………………….  | 7,87 |
| Оксид углерода... . ………………………… | 4, 19 |
| Оксиды азота... . …………………………….  | 2,75 |
| Углеводороды... . ……………………………… | 1,34 |

Каждой отрасли промышленности присущ характерный состав и масса веществ, поступающих в атмосферу. Это определяется прежде всего составом веществ, применяемых в технологических процессах, и экологическим совершенством последних. В настоящее время экологические показатели теплоэнергетики, металлургии, нефтехимического производства и ряда других производств изучены достаточно подробно. Необходимые сведения можно найти в работах [2.4, 2.5]. Меньше исследованы показатели машиностроения и приборостроения, их отличительными особенностями являются: широкая сеть производств, приближенность к жилым зонам, значительная гамма выбрасываемых веществ, среди которых могут содержаться вещества 1 и 2-го класса опасности, такие как пары ртути, соединения свинца и т.п.

Выбросы токсичных веществ приводят, как правило, к превышению текущих концентраций веществ над предельно допустимыми. Контроль состояния атмосферы в городах страны показал, что уровень загрязнения в 1996 г. остался весьма высоким. Максимальные концентрации загрязняющих веществ превышали 10 ПДКср в 70 городах. В табл.2.4. приведены данные по некоторым городам страны с большим уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 2.4. Города с большим уровнем загрязнения атмосферы в 1990 г. (извлечение из табл.2.3. [2.3])

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № по [2.3]  | Город | Вещества, определяющие уровень загрязнения | Отрасль промышленности, создающая загрязнение |
| 7 | Братск | Бенз(а) пирен, формальдегид, сероуглерод, фтористый водород | Цветная металлургия, целлю-лозно-бумажная, энергетика |
| 23 | Иркутск | Бенз(а) пирен, формальдегид, диоксид азота | Энергетика, тяжелое машиностроение |
| 38 | Магнитогорск | Бенз(а) пирен, сероуглерод, стирол, диоксид азота | Черная металлургия |
| 42 | Москва | Формальдегид, бензол, диоксид азота | Автотранспорт, нефтехимическая |
| 49 | Омск | Аммиак, формальдегид | Нефтехимическая, химическая |

Большая часть примесей атмосферного воздуха в городах проникает в жилые помещения. В летнее время (при открытых окнах) состав воздуха в жилом помещении соответствует составу воздуха вне помещения на 90%, зимой –на 50%.

Высокие концентрации и миграция примесей в атмосферном воздухе стимулируют их взаимодействие с образованием более токсичных соединений (смога, кислот) или приводят к таким явлениям, как «парниковый эффект» и разрушение озонового слоя.

Общая схема реакций образования фотохимического смога сложна и в упрощенном виде может быть представлена реакциями

Смог весьма токсичен, так как его составляющие обычно находятся в пределах: O3 –60...75%, ПАН, Н2О2, альдегиды и др. –25...40%.

Для образования смога в атмосфере в солнечную погоду необходимо наличие оксидов азота, углеводородов (их выбрасывают в атмосферу автотранспорт, промышленные предприятия). Характерное распределение фотохимического смога по времени суток показано на рис.2.1, а его воздействие на человека и растительность в табл.2.5.

Таблица 2.5. Воздействие фотохимических оксидантов на человека и растительность

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Концентрация оксидантов | Экспозиция, ч | Эффект воздействия |
| мкг/м3 | млн-1 |
| 100 | 0,05 | 4 | Повреждение растительности |
| 200 | 0,1 | – | Раздражение глаз |
| 250 | 0,13 | 24 | Обострение респираторных заболеваний |
| 600 | 0,3 | 1 | Ухудшение спортивных показателей |

Примечание. В России принято выражать концентрации газообразных примесей в мг/м3, а за рубежом – в частях на миллион (млн-1, ррт) Для перевода концетраций с, выраженных в мг/м3, в млн-1, необходимо использовать соотношение с (мг/м3) = с (млн - 1) M/24,5, где М – молярная масса примесей, г/моль; 24,5 –объем (л) 1 моль идеального газа при температуре 25 °С и давлении 105 Па. Для О3 при t = 25 0С 1 млн-1 = 1,962 мг/м3.

Фотохимические смоги, впервые обнаруженные в 40-х годах в г. Лос-Анджелес, теперь периодически наблюдаются во многих городах мира.

Кислотные дожди известны более 100 лет, однако проблема этих дождей возникла около 20 лет назад.

Источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот. Наиболее важные из них: SO2, NOх, H2S. Кислотные дожди возникают вследствие неравномерного распределения этих газов в атмосфере. Например, концентрация SO2 (мкг/м3) обычно таковы: в городе 50...1000, на территории около города в радиусе около 50 км 10...50, в радиусе около 150 км 0,1...2, над океаном 0,1.

Основными реакциями в атмосфере являются: I вариант: SO2 + ОН →НSOз; НSОз + ОН → H2SO4 (молекулы в атмосфере быстро конденсируются в капли); II вариант: SO2+ hv → SO2\* (SO2\*– активированная молекула диоксида серы); SO2 + O2 → SO4; SO4 + О2 → SOз + Оз; SOз + Н2O - →H2SO4. Реакции обеих вариантов в атмосфере идут одновременно. Для сероводорода характерна реакция H2S + O2 → SO2 + Н2O и далее I или II вариант реакции.

Источниками поступления соединений серы в атмосферу являются: естественные (вулканическая деятельность, действия микроорганизмов и др.) 31...41%, антропогенные (ТЭС, промышленность и др.) 59...69%; всего поступает 91...112 млн. т в год.

Концентрации соединений азота (мкг/м3) составляют: в городе 10...100, на территории около города в радиусе 50 км 0,25...2,5, над океаном 0,25.

Из соединений азота основную долю кислотных дождей дают N0 и N02. В атмосфере возникают реакции: 2NO + О2 → 2NO2, NO2 + ОН → HNO3. Источниками соединений азота являются: естественные (почвенная эмиссия, грозовые разряды, горение биомассы и др.) 63%, антропогенные (ТЭС, автотранспорт, промышленность) 37%; всего поступает 51...61 млн. т в год.

Серная и азотная кислоты поступают в атмосферу также в виде тумана и паров от промышленных предприятий и автотранспорта. В городах их концентрация достигает 2 мкг/м3.

Соединения серы и азота, попавшие в атмосферу, вступают в химическую реакцию не сразу, сохраняя свои свойства соответственно, в течение 2 и 8...10 суток. За это время они могут вместе с атмосферным воздухом пройти расстояния 1000... 2000 км и лишь после этого выпадают с осадками на земную поверхность.

Различают два вида седиментации: влажная и сухая. Влажная – это выпадение кислот, растворенных в капельной влаге, она возникает при влажности воздуха 100,5%; сухая –реализуется в тех случаях, когда кислоты присутствуют в атмосфере в виде капель диаметром около 0,1 мкм. Скорость седиментации в этом случае весьма мала и капли могут проходить большие расстояния (следы серной кислоты обнаружены даже на Северном полюсе).

Различают прямое и косвенное воздействие кислотных осадков на человека. Прямое воздействие обычно не представляет опасности, так как концентрация кислот в атмосферном воздухе не превышает 0,1 мг/м3, т.е. находится на уровне ПДК (ПДКсс = 0,1 и ПДКмр =0,3 мг/м3 для H2S04). Такие концентрации нежелательны для детей и астматиков.

Прямое воздействие опасно для металлоконструкций (коррозия со скоростью до 10 мкм/год), зданий, памятников и т.д. особенно из песчаника и известняка в связи с разрушением карбоната кальция.

Наибольшую опасность кислотные осадки представляют при попадании в водоемы и почву, что приводит к уменьшению рН воды (рН = 7 –нейтральная среда). От значения рН воды зависит растворимость алюминия и тяжелых металлов в ней и, следовательно, их накопление в корнеплодах, а затем и в организме человека. При изменении рН воды меняется структура почвы и снижается ее плодородие. Снижение рН питьевой воды способствует поступлению в организм человека указанных выше металлов и их соединений.

В нашей стране повышенная кислотность осадков (рН == 4...5,5) отмечается в отдельных промышленных регионах. Наиболее неблагополучны города Тюмень, Тамбов, Архангельск, Северодвинск, Вологда, Петрозаводск, Омск и др. Плотность выпадения осадков серы, превышающая 4 т/(км∙год), зарегистрирована в 22 городах страны, а более 8...12 т/(км2∙год)) в городах: Алексин, Новомосковск, Норильск, Магнитогорск.

Состояние и состав атмосферы определяют во многом величину солнечной радиации в тепловом балансе Земли. На ее долю приходится основная часть поступающей в биосферу теплоты:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Теплота от солнечной радиации... ... .  | Дж/год25 ·1023 | % 99.8 |
| Теплота от естественных источников (из недр Земли, от животных и др.)... ... ... ...  | 37,46·1020 | 0,18 |
| Теплота от антропогенных источников (энергоустановок, пожаров и др.)... ... ... . .  | 4,2 ·1020 | 0,02 |

Экранирующая роль атмосферы в процессах передачи теплоты от Солнца к Земле и от Земли в космос влияет на среднюю температуру биосферы, которая длительное время находилась на уровне около + 15°С. Расчеты показывают, что при отсутствии атмосферы средняя температура биосферы составляла бы приблизительно –15° С.

Основная доля солнечной радиации передается к поверхности Земли в оптическом диапазоне излучений, а отраженная от земной поверхности – инфракрасном (ИК). Поэтому доля отраженной лучистой энергии, поглощаемой атмосферой, зависит от количества многоатомных минигазов (СО2, Н2О, СН4, Оз и др.) и пыли в ее составе. Чем выше концентрация минигазов и пыли в атмосфере, тем меньше доля отраженной солнечной радиации уходит в космическое пространство, тем больше теплоты задерживается в биосфере за счет парникового эффекта. ИК-излучение поглощается метаном, фреонами, озоном, оксидом диазота и т.п. в диапазоне длины волн 1...9 мкм, а парами воды и углекислым газом при длине волн 12 мкм и более. В последние годы наметилась тенденция к значительному росту концентраций СО2, СН4, N2O и других газов в атмосфере.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год... …………………. .  | 1850 | 1900 | 1970 | 1979 | 1990 | 2000 | 2030 | 2050 |
| Концентрация СО2, млн-1 | 260 | 290 | 321 | 335 | 360 | 380 | 450...600 | 700...750 |

Аналогично изменяются концентрации метана, оксида диазота, озона и других газов. Рост концентраций СО2 в атмосфере происходит вследствие уменьшения биомассы Земли и увеличения техногенных поступлений.

Источниками техногенных парниковых газов являются: теплоэнергетика, промышленность и автотранспорт, они выделяют СО2; химические производства, утечки из трубопроводов, гниение мусора и отходов животноводства определяют поступления СН4; холодильное оборудование, бытовая химия –фреонов; автотранспорт, ТЭС, промышленность –оксидов азота и т.п.

В результате в биосферу дополнительно поступает теплота порядка 70∙1020 Дж/год, при этом на долю отдельных газов приходится: СО2 – 50%, фреонов – 15, Оз –5, СН4 –20, N2О (оксид диазота) – 10%. Доля парникового эффекта в нагреве биосферы в 16,6 раза больше доли других источников антропогенного поступления теплоты.

Рост концентраций минигазов в атмосфере и как следствие повышение доли теплоты ИК-излучения, задерживаемой атмосферой, неизбежно сопровождается ростом температуры поверхности Земли. В период с 1880 по 1940 г. средняя температура в северном полушарии возросла на 0,4 °С, а в период до 2030 г. она может повыситься еще на 1,5–4,5 °С. Это весьма опасно для островных стран и территорий, расположенных ниже уровня моря. Есть прогнозы, что к 2050 г. уровень моря может повыситься на 25–40 см, а к 2100 – на 2 м, что приведет к затоплению 5 млн. км2 суши, т.е.3% суши и 30% всех урожайных земель планеты.

Парниковый эффект в атмосфере–довольно распространенное явление и на региональном уровне. Антропогенные источники теплоты (ТЭС, транспорт, промышленность), сконцентрированные в крупных городах и промышленных центрах, интенсивное поступление парниковых газов и пыли, устойчивое состояние атмосферы создают около городов пространства радиусом 50 км и более с повышенными на 1–5 °С температурами и высокими концентрациями загрязнений. Эти зоны (купола) над городами хорошо просматриваются из космического пространства. Они разрушаются лишь при интенсивных движениях больших масс атмосферного воздуха.

Техногенные загрязнения атмосферы не ограничиваются приземной зоной. Определенная часть примесей поступает в озоновый слой и разрушает его. Разрушение озонового слоя опасно для биосферы, так как оно сопровождается значительным повышением доли ультрафиолетового излучения с длиной волны менее 290 нм, достигающего земной поверхности. Эти излучения губительны для растительности, особенно для зерновых культур, представляют собой источник канцерогенной опасности для человека, стимулируют рост глазных заболеваний.

Основными веществами, разрушающими озоновый слой, являются соединения хлора, азота. По оценочным данным, одна молекула хлора может разрушить до 105 молекул озона, одна молекула оксидов азота –до 10 молекул.

Источниками поступления соединений хлора и азота в озоновый слой могут быть: вулканические газы; технологии с применением фреонов; атомные взрывы; самолеты («Конкорд», военные), в выхлопных газах которых содержатся до 0,1% общей массы газов соединения NО и NО2; ракеты, содержащие в выхлопных газах соединения азота и хлора. Состав выхлопных газов космических систем (т) на высоте О...50 км приведен ниже:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Соединения хлора | Оксиды азота | Пары воды, водород | Оксиды углерода | Оксиды алюминия |
| «Энергия» и «Буран», СССР…………………. .  | 0 | 0 | 740 | 750 | 0 |
| «Шаттл». США ………. .  | 187 | 7 | 378 | 512 | 177 |

Значительное влияние на озоновый слой оказывают фреоны, продолжительность жизни которых достигает 100 лет. Источниками поступления фреонов являются: холодильники при нарушении герметичности контура переноса теплоты; технологии с использованием фреонов; бытовые баллончики для распыления различных веществ и т.п.

По оценочным данным, техногенное разрушение озонового слоя к 1973 г. достигло 0,4...1%; к 2000 г. ожидается 3%, к 2050 г. – 10%. Ядерная война может истощить озоновый слой на 20–70%. Заметные негативные изменения в биосфере ожидаются при истощении озонового слоя на 8...10% общего запаса озона в атмосфере, составляющего около 3 млрд. т. Заметим, что один запуск космической системы «Шаттл» сопровождается разрушением около 0,3% озона, что составляет около 107 т озона.

В результате антропогенного воздействия на атмосферу возможны следующие негативные последствия:

– превышение ПДК многих токсичных веществ (СО, NO2, SO2, СnНm, бенз(а) пирена, свинца, бензола и др.) в городах и населенных пунктах;

– образование смога при интенсивных выбросах NOx, СnНm;

– выпадение кислотных дождей при интенсивных выбросах SOx, NOx;

– появление парникового эффекта при повышенном содержании СО2, NOx, Оз, СН4, Н2О и пыли в атмосфере, что способствует повышению средней температуры Земли;

– разрушение озонового слоя при поступлении NOx и соединений хлора в него, что создает опасность УФ-облучения.

Загрязнение гидросферы. Потребление воды [2.2] в РФ в 1996 г. достигло 73,2 км3, в том числе на нужды,%:

– производственные–53,1;

– хозяйственно-питьевые–19,1;

– орошение –14,3,

– сельскохозяйственное водоснабжение –4,3;

– прочие –9.

При использовании воду, как правило, загрязняют, а затем сбрасывают в водоемы. Внутренние водоемы загрязняются сточными водами различных отраслей промышленности (металлургической, нефтеперерабатывающей, химической и др.), сельского и жилищно-коммунального хозяйства, а также поверхностными стоками. Основными источниками загрязнений являются промышленность и сельское хозяйство.

Загрязнители делятся на биологические (органические микроорганизмы), вызывающие брожение воды; химические, изменяющие химический состав воды; физические, изменяющие ее прозрачность (мутность), температуру и другие показатели.

Биологические загрязнения попадают в водоемы с бытовыми и промышленными стоками, в основном предприятий пищевой, медико-биологической, целлюлозно-бумажной промышленности. Например, целлюлозно-бумажный комбинат загрязняет воду так же, как город с населением 0,5 млн чел.

Биологические загрязнения оценивают биохимическим потреблением кислорода –БПК. БПК5 –это количество кислорода, потребляемое за 5 сут микроорганизмами –деструкторами для полной минерализации органических веществ, содержащихся в 1 л воды. Нормативное значение БПК5 = 5 мг/л. Реальные загрязнения сточных вод таковы, что требуют значений БПК на порядок больше.

Химические загрязнения поступают в водоемы с промышленными, поверхностными и бытовыми стоками. К ним относятся: нефтепродукты, тяжелые металлы и их соединения, минеральные удобрения, пестициды, моющие средства. Наиболее опасны свинец, ртуть, кадмий. Поступление тяжелых металлов (т/год) в Мировой океан следующее:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Сток с суши | Атмосферный перенос |
| Свинец Ртуть Кадмий | (1–20) ·105 (5-8) ·103 (1–20) ·103 | (2–20) ·105 (2–3) ·103 (5-40) ·102 |

Физические загрязнения поступают в водоемы с промышленными стоками, при сбросах из выработок шахт, карьеров, при смывах с территорий промышленных зон, городов, транспортных магистралей, за счет осаждения атмосферной пыли. Всего в 1996 г в водоемы страны сброшено 58,9 км3 сточных вод, из них 22,4 км3 загрязненных.

Содержание некоторых загрязняющих веществ (тыс. т) в сточных водах показано ниже:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 1992 г.  | 1996 г.  |
| Соединения меди | 0,9 | 0,2 |
| Соединения железа | 51,2 | 19,7 |
| Соединения цинка | 1,6 | 0,8 |
| Нефтепродукты | 34,9 | 9,3 |
| Взвешенные вещества | 1090 | 618,6 |
| Соединения фосфора | 60 | 32.4 |
| Фенолы | 0,22 | 0,08 |

В результате антропогенной деятельности многие водоемы мира и нашей страны крайне загрязнены. Уровень загрязненности воды по отдельным ингредиентам превышает 30 ПДК. Наиболее высокий уровень загрязненности воды наблюдается в бассейнах рек: Днестр, Печора, Обь, Енисей, Амур, Северная Двина, Волга, Урал. Антропогенное воздействие на гидросферу приводит к следующим негативным последствиям:

– снижаются запасы питьевой воды (около 40% контролируемых водоемов имеют загрязнения, превышающие 10 ПДК);

– изменяется состояние и развитие фауны и флоры водоемов;

– нарушается круговорот многих веществ в биосфере;

– снижается биомасса планеты и как следствие воспроизводство кислорода.

Опасны не только первичные загрязнения поверхностных вод, но и вторичные, образовавшиеся в результате химических реакций веществ в водной среде. Так, при одновременном попадании весной 1990 г. в р. Белая фенолов и хлоридов образовались диоксины, содержание которых в 147 тыс. раз превысило допустимые значения.

Большую опасность загрязненные сточные воды представляют в тех случаях, когда структура грунта не исключает их попадание в зону залегания грунтовых вод. В ряде случаев до 30...40% тяжелых металлов из почвы поступает в грунтовые воды.

Загрязнение земель. Нарушение верхних слоев земной коры происходит при: добыче полезных ископаемых и их обогащении; захоронении бытовых и промышленных отходов; проведении военных учений и испытаний и т.п. Почвенный покров существенно загрязняется осадками в зонах рассеивания различных выбросов в атмосфере, пахотные земли – при внесении удобрений и применении пестицидов.

Ежегодно из недр страны извлекается огромное количество горной массы, вовлекается в оборот около трети, используется в производстве около 7% объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

По данным Госкомстата, в 1990 г.10 тыс. промышленных предприятий образовали 302 млн. т отходов, из них 80% отходы черной и цветной металлургии. Большая часть отходов шла на переработку, но около 9 млн. т вывозили в места неорганизованного складирования и на городские свалки.

Существенно загрязнение земель в результате седиментации токсичных веществ из атмосферы. Наибольшую опасность представляют предприятия цветной и черной металлургии. Зоны загрязнений их выбросами имеют радиусы около 20–50 км, а превышение ПДК достигает 100 раз. К основным загрязнителям относятся никель, свинец, бенз(а) пирен, ртуть и др.

Опасны выбросы мусоросжигающих заводов, содержащие тетра-этилсвинец, ртуть, диоксины, бенз(а) пирен и т.п. Выбросы ТЭС содержат бенз(а) пирен, соединения ванадия, радионуклиды, кислоты и другие токсичные вещества. Зоны загрязнения почвы около трубы имеют радиусы 5 км и более.

В табл.2.6. приведены основные источники и наиболее распространенные группы веществ химического загрязнения почвы.

Таблица 2.6. Источники и вещества, загрязняющие почву

|  |  |
| --- | --- |
| Вещества | Источники загрязнения почвы |
| промышленность | транспорт | ТЭС | АЭС | сельское хозяйство |
| Тяжелые металлы и их соединения (Hg, Pb, Cd и др.)  | + | + | + | – | + |
| Циклические углеводороды, бенз(а) пирен | + | + | + | – | + |
| Радиоактивные вещества | + | – | + | + | – |
| Нитраты, нитриты, фосфаты, пестициды | – | – | – | – | + |

Интенсивно загрязняются пахотные земли при внесении удобрений и использовании пестицидов. В последние годы многие страны стремились к сокращению применения пестицидов. Так, в США их использование с 1976 по 1993 г. сократилось на 60%, в России со 150 тыс. т в 1980 г. до 43,7 тыс. т в 1993 г., однако в 1987 г. около 30% продуктов питания в РФ содержали концентрацию пестицидов, опасную для здоровья человека.

Внесение удобрений компенсирует изъятие растениями из почвы азота, фосфора, калия и других веществ. Однако вместе с удобрениями, содержащими эти вещества, в почву вносятся тяжелые металлы и их соединения, которые содержатся в удобрениях как примеси. К ним относятся: кадмий, медь, никель, свинец, хром и др. Выведение этих примесей из удобрений –трудоемкий и дорогой процесс. Особую опасность представляет использование в качестве удобрений осадков промышленных сточных вод, как правило, насыщенных отходами гальванического и других производств.

Антропогенное воздействие на земную кору сопровождается:

– отторжением пахотных земель или уменьшением их плодородия; по данным ООН, ежегодно выводится из строя около 6 млн. га плодородных земель;

– чрезмерным насыщением токсичными веществами растений, что неизбежно приводит к загрязнению продуктов питания растительного и животного происхождения; в настоящее время до 70% токсичного воздействия на человека приходится на пищевые продукты;

– нарушением биоценозов вследствие гибели насекомых, птиц, животных, некоторых видов растений;

загрязнением грунтовых вод, особенно в зоне свалок и сброса сточных вод.

# 2.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

Промышленные предприятия, объекты энергетики, связи и транспорт являются основными источниками энергетического загрязнения промышленных регионов, городской среды, жилищ и природных зон. К энергетическим загрязнениям относят вибрационное и акустическое воздействия, электромагнитные поля и излучения, воздействия радионуклидов и ионизирующих излучений.

Вибрации в городской среде и жилых зданиях, источником которых является технологическое оборудование ударного действия, рельсовый транспорт, строительные машины и тяжелый автотранспорт, распространяются по грунту. Протяженность зоны воздействия вибраций определяется величиной их затухания в грунте, которая, как правило, составляет 1 дБ/м (в водонасыщенных грунтах оно несколько больше). Чаще всего на расстоянии 50–60 м от магистралей рельсового транспорта вибрации затухают. Зоны действия вибраций около кузнечно-прессовых цехов, оснащенных молотами с облегченными фундаментами, значительно больше и могут иметь радиус до 150–200 м. Значительные вибрации и шум в жилых зданиях могут создавать расположенные в них технические устройства (насосы, лифты, трансформаторы и т.п.).

Шум в городской среде и жилых зданиях создается транспортными средствами, промышленным оборудованием, санитарно-техническими установками и устройствами и др. На городских магистралях и в прилегающих к ним зонах уровни звука могут достигать 70–80 дБ А, а в отдельных случаях 90 дБ А и более. В районе аэропортов уровни звука еще выше.

Источники инфразвука могут быть как естественного происхождения (обдувание ветром строительных сооружений и водной поверхности), так и антропогенного (подвижные механизмы с большими поверхностями – виброплощадки, виброгрохоты; ракетные двигатели, ДВС большой мощности, газовые турбины, транспортные средства). В отдельных случаях уровни звукового давления инфразвука могут достигать нормативных значений, равных 90 дБ, и даже превышать их, на значительных расстояниях от источника.

Основными источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастот являются радиотехнические объекты (РТО), телевизионные и радиолокационные станции (РЛС), термические цехи и участки (в зонах, примыкающих к предприятиям). Воздействие ЭМП промышленной частоты чаще всего связано с высоковольтными линиями (ВЛ) электропередач, источниками постоянных магнитных полей, применяемыми на промышленных предприятиях. Зоны с повышенными уровнями ЭМП, источниками которых могут быть РТО и РЛС, имеют размеры до 100...150 м. При этом даже внутри здании, расположенных в этих зонах, плотность потока энергии, как правило, превышает допустимые значения.

ЭМП промышленной частоты в основном поглощаются почвой, поэтому на небольшом расстоянии (50...100 м) от линий электропередач электрическая напряженность поля падает с десятков тысяч вольт на метр до нормативных уровней. Значительную опасность представляют магнитные поля, возникающие в зонах около ЛЭП токов промышленной частоты, и в зонах, прилегающих к электрифицированным железным дорогам. Магнитные поля высокой интенсивности обнаруживаются и в зданиях, расположенных в непосредственной близости от этих зон.

В быту источниками ЭМП и излучений являются телевизоры, дисплеи, печи СВЧ и другие устройства. Электростатические поля в условиях пониженной влажности (менее 70%) создают паласы, накидки, занавески и т.д.

Микроволновые печи в промышленном исполнении не представляют опасности, однако неисправность их защитных экранов может существенно повысить утечки электромагнитного излучения. Экраны телевизоров и дисплеев как источники электромагнитного излучения в быту не представляют большой опасности даже при длительном воздействии на человека, если расстояния от экрана превышают 30 см. Однако служащие отделов ЭВМ жалуются на недомогания при регулярной длительной работе в непосредственной близости от дисплеев.

Воздействие ионизирующего излучения на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения. Внешнее облучение вызывают источники рентгеновского и γ-излучения, потоки протонов и нейтронов. Внутреннее облучение вызывают α и β-частицы, которые попадают в организм человека через органы дыхания и пищеварительный тракт.

Основные источники ионизирующего облучения человека в окружающей среде и средние эквивалентные дозы облучения приведены ниже (в скобках указаны дозы для населения РФ на равнинной местности):

мкЗв/год

Естественный фон

космическое облучение 320(300)

облучение от природных источников внешнее 350 (320)

внутреннее 2000 (1050)

Антропогенные источники

медицинское обслуживание 400…700 (1500)

ТЭС в радиусе 20 км 3…5

АЭС в радиусе 10 км 1,35

радиоактивные осадки (главным образом последствия

испытаний ядерного оружия в атмосфере) 75 200

телевизоры, дисплеи 4–5\* при/=2м

керамика, стекло 10

авиационный транспорт на высоте 12 км 5 мкЗв/ч

\*Доза облучения увеличивается с уменьшением расстояния l до экрана. При l=10см. доза возрастает до 250…500 мкЗв/год.

Для человека, проживающего в промышленно развитых регионах РФ, годовая суммарная эквивалентная доза облучения из-за высокой частоты рентгенодиагностических обследований достигает 3000. .3500 мкЗ в/год (средняя на Земле доза облучения равна 2400 мкЗв/год). Для сравнения предельно допустимая доза для профессионалов (категория А) составляет 50·103 мкЗв/год.

Доза облучения, создаваемая антропогенными источниками (за исключением облучений при медицинских обследованиях), невелика по сравнению с естественным фоном ионизирующего облучения, что достигается применением средств коллективной защиты. В тех случаях, когда на объектах экономики нормативные требования и правила радиационной безопасности не соблюдаются, уровни ионизирующего воздействия резко возрастают.

Рассеивание в атмосфере радионуклидов, содержащихся в выбросах, приводит к формированию зон загрязнения около источника выбросов. Обычно зоны антропогенного облучения жителей, проживающих вокруг предприятий по переработке ядерного топлива на расстоянии до 200 км, колеблются от 0,1 до 65% естественного фона излучения.

Миграция радионуклидов в водоемах и грунте значительно сложнее, чем в атмосфере Это обусловлено не только параметрами процесса рассеивания, но и склонностью радионуклидов к концентрации в водных организмах, к накоплению в почве. Приведем распределение (%) отдельных радиоизотопов между составляющими пресноводного водоема:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Изотоп | Вода | Грунт | Биомасса |
| 32р | 10 | 28 | 62 |
| 60Со | 21 | 58 | 21 |
| 90Sr | 48 | 27 | 25 |
| 131I | 58 | 13 | 29 |
| 137Cs | 6 | 90 | 4 |

Эти данные свидетельствуют о том, что вода, составляющая 85% массы Земли, содержит лишь 27% радиоизотопов, а биомасса, составляющая 0,1%, накапливает до 28% радиоизотопов.

Миграция радиоактивных веществ в почве определяется в основном ее гидрологическим режимом, химическим составом почвы и радионуклидов. Меньшей сорбционной емкостью обладают песчаная почва, большей–глинистая, суглинки и черноземы. Высокой прочностью удержания в почве обладают 90Sr и 137Cs. Ориентировочные значения радиоактивного загрязнения сухой массы культурных растений следующие (Бк/кг):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 90Sr | 137Cs |
| Пшеница | 2,849 | 10,730 |
| Морковь | 0,555 | 1,887 |
| Капуста | 0,469 | 2,109 |
| Картофель | 0,185 | 1,406 |
| Свекла | 0,666 | 1.702 |
| Яблоки | 0,333 | 1,998 |

Эти загрязнения, обусловленные глобальными поступлениями радиоактивных веществ в почву, не превышают допустимые уровни. Опасность возникает лишь в случаях произрастания культур в зонах с повышенными радиоактивными загрязнениями.

Опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС показывает, что ведение сельскохозяйственного производства недопустимо на территориях при плотности загрязнения выше 80 Ки/км2, а на территориях, загрязненных до 40...50 Ки/км2, необходимо ограничивать производство семенных и технических культур, а также кормов для молодняка и откормочного мясного скота. При плотности загрязнения 15...20 Ки/км по 137Cs сельскохозяйственное производство вполне допустимо.

Уровень радиоактивности в жилом помещении зависит от строительных материалов: в кирпичном, железобетонном, шлакоблочном доме он всегда в несколько раз выше, чем в деревянном. Газовая плита привносит в дом не только токсичные газы NOx, CO и другие, включая канцерогены, но и радиоактивные газы. Поэтому уровень радиоактивности на кухне может существенно превосходить фоновый при работающей газовой плите.

В закрытом, непроветриваемом помещении человек может подвергаться воздействию радона-222 и радона-220, которые непрерывно высвобождаются из земной коры. Поступая через фундамент, пол, из воды или иным путем, радон накапливается в изолированном помещении. Средние концентрации радона обычно составляют (кБк/м3): в ванной комнате 8,5, на кухне 3, в спальне 0,2. Концентрация радона на верхних этажах зданий обычно ниже, чем на первом этаже. Избавиться от избытка радона можно проветриванием помещения.

В этом отношении поучителен опыт Швеции: с начала 50-х годов в стране проводится кампания по экономии энергии, в том числе путем уменьшения проветривания помещений. В результате средняя концентрация радона в помещениях возросла с 43 до 133 Бк/м3 при снижении воздухообмена с 0,8 до 0,3 м3/ч. По оценкам, на каждый 1 ГВт/год электроэнергии, сэкономленной за счет уменьшения проветривания помещений, шведы получили дополнительную коллективную дозу облучения в 5600 чел. ·Зв.

Из рассмотренных энергетических загрязнений в современных условиях наибольшее негативное воздействие на человека оказывают радиоактивное и акустическое загрязнения.

# 2.3. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Производственная среда –это часть техносферы, обладающая повышенной концентрацией негативных факторов. Основными носителями травмирующих и вредных факторов в производственной среде являются машины и другие технические устройства, химически и биологически активные предметы труда, источники энергии, нерегламонтированные действия работающих, нарушения режимов и организации деятельности, а также отклонения от допустимых параметров микроклимата рабочей зоны.

Травмирующие и вредные факторы подразделяют на физические, химические, биологические и психофизиологические. Физические факторы –движущиеся машины и механизмы, повышенные уровни шума и вибраций, электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность, повышенный уровень статического электричества, повышенное значение напряжения в электрической цепи и другие; химические –вещества и соединения, различные по агрегатному состоянию и обладающие токсическим, раздражающим, сенсибилизирующим, канцерогенным и мутагенным воздействием на организм человека и влияющие на его репродуктивную функцию; биологические–патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы и др.) и продукты их жизнедеятельности, а также животные и растения; психофизиологические–физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Травмирующие и вредные факторы производственной среды, характерные для большинства современных производств, приведены в табл.2.7.

Таблица 2.7. Негативные факторы производственной среды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа факторов | Факторы | Источники и зоны действия фактора |
| Физические | Запыленность воздуха рабочей зоны | Зоны переработки сыпучих материалов, участки выбивки и очистки отливок, сварки и плазменной обработки, обработки пластмасс, стеклопластиков и других хрупких материалов, участки дробления материалов и т п.  |
| Вибрации: общие | Виброплощадки, транспортные средства, строительные машины |
|
|
| локальные | Виброинструмент, рычаги управления транспортных машин |
|
| Акустические колебания:  |  |
|
| инфразвук | Зоны около виброплощадок, мощных двигателей внутреннего сгорания и других высокоэнергетических систем |
|
| шум | Зоны около технологического оборудования ударного действия, устройств для испытания газов, транспортных средств, энергетических машин |
|
|
| ультразвук | Зоны около ультразвуковых генераторов, дефектоскопов: ванны для ультразвуковой обработки |
| Физические | Статическое электричество | Зоны около электротехнического оборудования на постоянном токе, зоны окраски распылением, синтетические материалы  |
|
|
|
| Электромагнитные поля и излучения | Зоны около линий электропередач, установок ТВЧ и индукционной сушки, электроламповых генераторов, телеэкранов, дисплеев, антенн, магнитов |
|
|
|
| Инфракрасная радиация | Нагретые поверхности, расплавленные вещества, излучение пламени  |
|
| Лазерное излучение | Лазеры, отраженное лазерное излучение |
|
| Ультрафиолетовая радиация | Зоны сварки, плазменной обработки |
|
| Ионизирующие излучения | Ядерное топливо, источники излучений, применяемые в приборах, дефектоскопах и при научных исследованиях  |
|
|
| Электрический ток | Электрические сети, электроустановки, распределители, трансформаторы, оборудование с электроприводом и т д |
|
|
| Движущиеся машины, механизмы, материалы, изделия, части разрушающихся конструкций и т.п.  | Зоны движения наземного транспорта, конвейеров, подземных механизмов, подвижных частей станков, инструмента, передач Зоны около систем повышенного давления, емкостей со сжатыми газами, трубопроводов, пневмо-гидроустановок |
|
|
|
|
|
| Высота, падающие предметы | Строительные и монтажные работы, обслуживание машин и установок  |
|
| Острые кромки | Режущий и колющий инструмент, заусенцы, шероховатые поверхности, металлическая стружка, осколки хрупких материалов  |
|
|
|
| Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов | Паропроводы, газоводы, криогенные установки, холодильное оборудование, расплавы |
|
|
|
| Химические | Загазованность рабочей зоны | Утечки токсичных газов и паров из негерметичного оборудования, испарения из открытых емкостей и при проливах, выбросы веществ при разгерметизации оборудования, окраска распылением, сушка окрашенных поверхностей  |
| Запыленность рабочей зоны | Сварка и плазменная обработка материалов с содержанием Cr2O3, MnO, пересыпка и транспортирование дисперсных материалов, окраска распылением, пайка свинцовыми припоями, пайка бериллия и припоями, содержащими бериллий  |
| Химические | Попадание ядов на кожные покровы и слизистые оболочки | Гальваническое производство, заполнение емкостей, распыление жидкостей (опрыскивание, окраска поверхностей)  |
| Попадание ядов в же-лудочно-кишечный тракт | Ошибки при применении жидкостей, умышленные действия |
| Биологические | Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)  | Обработка материалов с применением эмульсолов |
| Психофизиологические | Физические перегрузки:  |  |
| статические | Продолжительная работа с дисплеями, работа в неудобной позе |
| динамические | Подъем и перенос тяжестей, ручной труд |
| Нервно-психические перегрузки:  |  |
| умственное перенапряжение | Труд научных работников, преподавателей, студентов |
| перенапряжение анализаторов | Операторы технических систем, авиадиспетчеры, работа с дисплеями |
| монотонность труда | Наблюдение за производственным процессом |
| эмоциональные перегрузки | Работа авиадиспетчеров, творческих работников |

Примечание. В тех случаях, когда в рабочей зоне не обеспечены комфортные условия труда, источником физических вредных факторов могут быть повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенное или пониженное атмосферное давление, повышенные влажность и скорость движения воздуха, неправильная организация освещения (недостаточная освещенность, повышенная яркость, пониженная контрастность, блесткость, повышенная пульсация светового потока). Вредные воздействия возникают также при недостатке кислорода в воздухе рабочей зоны.

Конкретные производственные условия характеризуются совокупностью негативных факторов, а также различаются по уровням вредных факторов и риску проявления травмирующих факторов.

К особо опасным работам на промышленных предприятиях относят:

– монтаж и демонтаж тяжелого оборудования массой более 500 кг;

– транспортирование баллонов со сжатыми газами, кислот, щелочных металлов и других опасных веществ;

– ремонтно-строительные и монтажные работы на высоте более 1,5 м с применением приспособлений (лестниц, стремянок и т.п.), а также работы на крыше;

– земляные работы в зоне расположения энергетических сетей;

– работы в колодцах, тоннелях, траншеях, дымоходах, плавильных и нагревательных печах, бункерах, шахтах и камерах;

– монтаж, демонтаж и ремонт грузоподъемных кранов и подкрановых путей; такелажные работы по перемещению тяжеловесных и крупногабаритных предметов при отсутствии подъемных кранов;

– гидравлические и пневматические испытания сосудов и изделий;

– чистка и ремонт коллов, газоходов, циклонов и другого оборудования котельных установок, а также ряд других работ.

Источниками негативных воздействий на производстве являются не только технические устройства. На уровень травматизма оказывают влияние психофизическое состояние и действия работающих. На рис.2.2. показаны статистические данные (А.В. Невский) о травматизме у строителей в зависимости от их трудового стажа. Характер изменения травматизма в начале трудовой деятельности I обусловлен отсутствием достаточных знаний и навыков безопасной работы в первые трудовые дни и последующим приобретением этих навыков. Рост уровня травматизма при стаже 2...7 лет (II) объясняется во многом небрежностью, халатностью и сознательным нарушением требований безопасности этой категорией работающих. При стаже 7...21 г. динамика травматизма (III) определяется приобретением профессиональных навыков, осмотрительностью, правильным отношением работающих к требованиям безопасности. Для зоны II характерно некоторое повышение травматизма, как правило, обусловленное ухудшением психофизического состояния работающих.

Воздействие негативных факторов производственной среды приводит к травмированию и профессиональным заболеваниям работающих.

Основными травмирующими факторами в машиностроении являются (%): оборудование (41,9), падающие предметы (27,7), падение персонала (11,7), заводской транспорт (10), нагретые поверхности (4,6), электрический ток (1,6), прочие (2).

К наиболее травмоопасным профессиям в народном хозяйстве относят (%): водитель (18,9), тракторист (9,8), слесарь (6,4), электромонтер (6,3), газомонтер (6,3), газоэлектросварщик (3,9), разнорабочий (3,5).

Профессиональные заболевания возникают, как правило, у длительно работающих в запыленных или загазованных помещениях: у лиц, подверженных воздействию шума и вибраций, а также занятых тяжелым физическим трудом. В 1987 г. распределение профессиональных заболеваний в России составило (%): заболевания органов дыхания (29,2), вибрационная болезнь (28), заболевания опорно-двигательного аппарата (14,4), заболевания органов слуха (10,8), кожные заболевания (5,9), заболевания органов зрения (2,2), прочие (9,5).

# 2.4. НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Чрезвычайные ситуации возникают при стихийных явлениях (землетрясениях, наводнениях, оползнях и т.п.) и при техногенных авариях. В наибольшей степени аварийность свойственна угольной, горнорудной, химической, нефтегазовой и металлургической отраслям промышленности, геологоразведке, объектам котлонадзора, газового и подъемно-транспортного хозяйства, а также транспорту. Сведения о ЧС техногенного характера в РФ приведены в табл.2.8.

Таблица 2.8. Сведения о чрезвычайных ситуациях техногенного характера в России [2.2]

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование ЧС | Количество ЧС, сд.  |
| 1996г.  | 1995г.  |
| Техногенные ЧС | 1034 | 1088 |
| Крушения, аварии и столкновения на ж. д. транспорте, в том числе на метрополитене | 23 | 52 |
| Авиационные происшествия | 40 | 42 |
| Крупные дорожно-транспортныс происшествия | 153 | 184 |
| Аварии на магистральных трубопроводах | 62 | 48 |
| Аварии на маломерных судах | .23 | 13 |
| Аварии на промышленных объектах | 248 | 262 |
| Обнаружение боеприпасов в населенных пунктах | 38 | 35 |
| Химические аварии | 74 | 78 |
| Обнаружение (утрата) радиоактивных источников | 16 | 11 |
| Аварии в зданиях жилого и социально-бытового назначения | 289 | 321 |
| Аварии на системах жизнеобеспечения | 68 | 42 |

Возникновение чрезвычайных ситуаций в промышленных условиях и в быту часто связано с разгерметизацией систем повышенного давления (баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газо - и водопроводов, систем теплоснабжения и т.п.).

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия; старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; ошибки обслуживающего персонала; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах и т.п.

Разрушение или разгерметизация систем повышенного давления в зависимости от физико-химических свойств рабочей среды может привести к появлению одного или комплекса поражающих факторов:

– ударная волна (последствия –травматизм, разрушение оборудования и несущих конструкций и т.д.);

– возгорание зданий, материалов и т.п. (последствия –термические ожоги, потеря прочности конструкций и т.д.);

– химическое загрязнение окружающей среды (последствия – удушье, отравление, химические ожоги и т.д.);

– загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами.

Чрезвычайные ситуации возникают также в результате нерегламентированного хранения и транспортирования взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся жидкостей, химических и радиоактивных веществ, переохлажденных и нагретых жидкостей и т.п. Следствием нарушения регламента операций являются взрывы, пожары, проливы химически активных жидкостей, выбросы газовых смесей.

При взрывах поражающий эффект возникает в результате воздействия элементов (осколков) разрушенной конструкции, повышения давления в замкнутых объемах, направленного действия газовой или жидкостной струйки, действия ударной волны, а при взрывах большой мощности (например, ядерный взрыв) вследствие светового излучения и электромагнитного импульса [2.1].

Наибольшую опасность представляют аварии, на объектах ядерной энергетики и химического производства. Так, авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС в первые дни после аварии привела к повышению уровней радиации над естественным фоном до 1000...1500 раз в зоне около станции и до 10...20 раз в радиусе 200...250 км. При авариях все продукты ядерного деления высвобождаются в виде аэрозолей (за исключением редких газов и йода) и распространяются в атмосфере в зависимости от силы и направления ветра. Размеры облака в поперечнике могут изменяться от 30 до 300 м, а размеры зон загрязнения в безветренную погоду могут иметь радиус до 180 км при мощности реактора 100 МВт.

Одной из распространенных причин пожаров и взрывов особенно на объектах нефтегазового и химического производства и при эксплуатации средств транспорта являются разряды статического электричества. Статическое электричество –совокупность явлений, связанных с образованием и сохранением свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ. Причиной возникновения статического электричества являются процессы электризации.

Естественное статическое электричество образуется на поверхности облаков в результате сложных атмосферных процессов. Заряды атмосферного (естественного) статического электричества образуют потенциал относительно Земли в несколько миллионов вольт, приводящий к поражениям молнией.

В промышленности процессы электризации возникают при дроблении, измельчении, обработке давлением и резанием, разбрызгивании (распылении), просеивании и фильтрации материалов-диэлектриков и полупроводников, т.е. во всех процессах, сопровождающихся трением (перекачка, транспортирование, слив жидкостей-диэлектриков и т.д.). Величина потенциалов зарядов искусственного статического электричества значительно меньше атмосферного.

Искровые разряды искусственного статического электричества – частые причины пожаров, а искровые разряды атмосферного статического электричества (молнии) –частые причины более крупных чрезвычайных ситуаций. Они могут стать причиной как пожаров, так и механических повреждений оборудования, нарушений на линиях связи и энергоснабжения отдельных районов.

Большую опасность разряды статического электричества и искрение в электрических цепях создают в условиях повышенного содержания горючих газов (например, метана в шахтах, природного газа в жилых помещениях) или горючих паров и пылей в помещениях.

В чрезвычайных ситуациях проявление первичных негативных факторов (землетрясение, взрыв, обрушение конструкций, столкновение транспортных средств и т.п.) может вызвать цепь вторичных негативных воздействий (эффект «домино») –пожар, загазованность или затопление помещений, разрушение систем повышенного давления, химическое, радиоактивное и бактериальное воздействие и т.п. Последствия (число травм и жертв, материальный ущерб) от действия вторичных факторов часто превышают потери от первичного воздействия. Характерным примером этому является авария на Чернобыльской АЭС. Причины, вид и последствия от некоторых аварий приведены в табл.2.9.

Основными причинами крупных техногенных аварий являются:

\_ отказы технических систем из-за дефектов изготовления и нарушений режимов эксплуатации; многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них весьма высока и оценивается величиной риска 10 и более;

\_ ошибочные действия операторов технических систем; статистические данные показывают, что более 60% аварий произошло в результате ошибок обслуживающего персонала;

\_ концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимовлияния;

\_ высокий энергетический уровень технических систем;

– внешние негативные воздействия на объекты энергетики, транспорта и др.

Таблица 2.9. Причины и последствия некоторых аварий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место, год | Причины | Вид | Последствия |
| Чикаго, 1973 | Отказ оборудования | Взрыв и пожар хранилища сжиженного газа | Уничтожено все в радиусе 1 км, около 500 чел. погибли, несколько тысяч пострадали |
| Севезо, 1976 | – | Взрыв, выброс 2...2,5 кг диоксина | Заражена территория площадью 10 км, эвакуировано около тысячи человек |
| США. 1986 | Авария при транспортировании химических веществ по железной дороге | Пожар с выбросами серы и фосфата | Эвакуация более 30 тыс. чел.  |
| Базель, 1986 |  | Пожар на складе химических препаратов | Загрязнена р. Рейн, погибло много тонн рыбы, нарушена жизнедеятельность 20 млн. чел.  |

Анализ совокупности негативных факторов, действующих в настоящее время в техносфере, показывает, что приоритетное влияние имеют антропогенные негативные воздействия, среди которых преобладают техногенные. Они сформировались в результате преобразующей деятельности человека и изменений в биосферных процессах, обусловленных этой деятельностью. Большинство факторов носит характер прямого воздействия (яды, шум, вибрации и т.п.). Однако в последние годы широкое распространение получают вторичные факторы (фотохимический смог, кислотные дожди и др.), возникающие в среде обитания в результате химических или энергетических процессов взаимодействия первичных факторов между собой или с компонентами биосферы.

Уровни и масштабы воздействия негативных факторов постоянно нарастают и в ряде регионов техносферы достигли таких значений, когда человеку и природной среде угрожает опасность необратимых деструктивных изменений. Под влиянием этих негативных воздействий изменяется окружающий нас мир и его восприятие человеком, происходят изменения в процессах деятельности и отдыха людей, в организме человека возникают патологические изменения и т.п.

Практика показывает, что решить задачу полного устранения негативных воздействий в техносфере нельзя. Для обеспечения защиты в условиях техносферы реально лишь ограничить воздействие негативных факторов их допустимыми уровнями с учетом их сочетанного (одновременного) действия. Соблюдение предельно допустимых уровней воздействия – один из основных путей обеспечения безопасности жизнедеятельности человека в условиях техносферы.

# 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОСФЕРУ

# 3.1. СИСТЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ СОСТОЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Человеку необходимы постоянные сведения о состоянии и изменении внешней среды, переработка этой информации и составление программ жизнеобеспечения. Возможность получать информацию об окружающей среде, способность ориентироваться в пространстве и оценивать свойства окружающей среды обеспечиваются анализаторами (сенсорными системами). Они представляют собой системы ввода информации в мозг для анализа этой информации.

В коре головного мозга–высшем звене центральной нервной системы (ЦНС) – информация, поступающая из внешней среды, анализируется и осуществляется выбор или разработка программы ответной реакции, т.е. формируется информация об изменении организации жизненных процессов таким образом, чтобы это изменение не привело к повреждению и гибели организма. Например, в ответ на повышение температуры внешней среды, которое может привести к повышению температуры тела и далее к необратимым изменениям в органах (коре головного мозга, органах зрения, почках), возникают реакции компенсаторного характера. Они могут быть поведенческими –внешними (уход в более прохладное место) или внутренними (снижение выработки теплопродукции, повышение теплоотдачи).

Датчиками сенсорных систем являются специфические структурные нервные образования, называемые рецепторами. Они представляют собой окончания чувствительных (афферентных) нервных волокон, способные возбуждаться при действии раздражителя. Часть из них воспринимает изменения в окружающей среде (экстероцепторы), а часть – во внутренней среде организма (интероцепторы). Выделяют группу рецепторов, расположенных в скелетных мышцах, сухожилиях и сигнализирующих о тонусе мышц (проприоцепторы).

В зависимости от природы раздражителя рецепторы подразделяют на несколько групп:

– механорецепторы, представляющие собой периферические отделы соматической, скелетно-мышечной и вестибулярной систем; к ним относятся фонорецепторы, вестибулярные, гравитационые, а также тактильные рецепторы кожи и опорно-двигательного аппарата, барорецепторы сердечно-сосудистой системы;

– терморецепторы, воспринимающие температуру как внутри организма, так и в окружающей организм среде; они объединяют рецепторы кожи и внутренних органов, а также центральные термочувствительные нейроны в коре мозга;

– хеморецепоторы, реагирующие на воздействие химических веществ; они включают рецепторы вкуса и обоняния, сосудистые и тканевые рецепторы (например, глюкорецепторы, воспринимающие изменение уровня сахара в крови);

– фоторецепторы, воспринимающие световые раздражители;

– болевые рецепторы, которые выделяются в особую группу; они могут возбуждаться механическими, химическими и температурными раздражителями.

Согласно психофизиологической классификации рецепторов по характеру ощущений различают зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные рецепторы, рецепторы боли, рецепторы положения тела в пространстве (проприоцепторы и вестибулорецепторы).

Морфологически рецепторы представляют собой клетку, снабженную подвижными волосками или ресничками (подвижными антеннами), обеспечивающими чувствительность рецепторов. Так, для возбуждения фоторецепторов достаточно 5...10 квантов света, а для обонятельных рецепторов – одной молекулы вещества.

При длительном воздействии раздражителя происходит адаптация рецептора и его чувствительность снижается: однако, когда действие постоянного раздражителя прекращается, чувствительность рецепции растет снова. Для адаптации рецепторов нет единого общего закона, и в каждой сенсорной системе может быть свое сочетание факторов, определяющих изменение возбудительного процесса в анализаторе. Различают быстро адаптирующиеся (тактильные, барорецепторы) и медленно адаптирующиеся рецепторы (хеморецепторы, фоторецепторы). Вестибулорецепторы и проприоцепторы не адаптируются.

Полученная рецепторами информация, закодированная в нервных импульсах, передается по нервным путям в центральные отделы соответствующих анализаторов и используется для контроля со стороны нервной системы, координирующей работы исполнительных органов. Иногда поступающая информация непосредственно переключается на исполнительные органы. Такой принцип переработки информации заложен в основу многих безусловных рефлексов (врожденных, наследственно передающихся). Например, сокращение мышц конечностей, раздражаемых электрическим током, теплотой или химическими веществами, вызывает реакцию удаления конечности от раздражителя. Вместе с тем каждый безусловный рефлекс также представляет собой сложную многокомпонентную реакцию в ответ на адекватное раздражение.

При длительном воздействии раздражителя на основе приобретенного опыта формируются условные рефлексы. Они непостоянны, вырабатываются на базе безусловных. Для образования условного рефлекса необходимо сочетание во времени какого-либо изменения среды, воспринятого корой больших полушарий, подкрепленного безусловным рефлексом.

Характер изменений в организме зависит от продолжительности внешних воздействий. Например, кратковременное снижение концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе вызывает лишь учащение дыхания и увеличение скорости кровотока, чем и обеспечивается снабжение тканей кислородом. При компенсации длительно действующего гипоксического фактора (кислородного голодания) участвуют совсем другие механизмы. У человека в горах повышается транспортная функция крови (увеличивается количество эритроцитов и изменяются кислородсвязывающие свойства гемоглобина), усиливается анаэробное дыхание, повышается активность ферментов.

В большинстве случаев изменения в организме в ответ на состояние внешней среды происходят при участии нескольких анализаторов и невозможно провести четкие границы между ними, особенно на уровне центральной нервной системы. Например, в регуляции позы участвуют вестибулярный аппарат, гравирецепторы и проприоцепторы мышц, тактильные рецепторы кожи, рецепторы органа зрения. Поэтому те участки нервной системы, в которых происходит синтез первичной информации, ее окончательный анализ и сравнение полученного результата с ожидаемым (так называемое опознание образов), функционируют как единое целое. В этом случае разделение анализаторных систем невозможно еще и потому, что все они имеют один и тот же исполнительный механизм – опорно-двигательный аппарат.

Человек обладает рядом специализированных периферических образований – органов чувств, обеспечивающих восприятие действующих на организм внешних раздражителей (из окружающей среды). К ним относятся органы зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания. Не следует смешивать понятия «орган чувств» и «рецептор», например, глаз –это орган зрения, а сетчатка –фоторецептор, один из компонентов органа зрения. Помимо сетчатки в состав органа зрения входят преломляющие среды глаза, различные его оболочки, мышечный аппарат. Понятие «орган чувств» в значительной мере условно, так как сам по себе он не может обеспечить ощущение. Для возникновения субъективного ощущения необходимо, чтобы возбуждение, возникшее в рецепторах, поступило в центральную нервную систему – специальные отделы коры больших полушарий, так как именно с деятельностью высших отделов головного мозга связано возникновение субъективных ощущений.

Органы зрения играют исключительную роль в жизни человека. Посредством зрения человек познает форму, величину, цвет предмета, направление и расстояние, на котором он находится. Зрительный анализатор – это глаза, зрительные нервы и зрительный центр, расположенный в затылочной доле коры головного мозга.

Глаз представляет собой сложную оптическую систему (рис.3.1). Глазное яблоко имеет форму шара с тремя оболочками: наружная, толстая оболочка называется белковой, или склерой, а ее передняя прозрачная часть–роговицей. Внутрь от белковой оболочки расположена вторая–сосудистая оболочка. Ее передняя часть, лежащая позади роговицы, называется радужкой, в центре которой имеется отверстие, именуемое зрачком. Радужка играет роль диафрагмы. Сзади радужной оболочки, против зрачка, расположен хрусталик, который можно сравнить с двояковыпуклой оптической линзой. Между роговицей и радужкой, а также между радужкой и хрусталиком расположены соответственно передняя и задняя камеры глаза. В них находится прозрачная, богатая питательными веществами, жидкость, снабжающая ими роговицу и хрусталик, которые лишены кровеносных сосудов. За хрусталиком, заполняя всю полость глаза, находится стекловидное тело.

Лучи света, попадая в глаз, проходят через роговицу, хрусталик и стекловидное тело, т.е. через три преломляющие прозрачные среды, и попадают на внутреннюю оболочку глаза – сетчатку, в ней находятся светочувствительные рецепторы–палочки (130 млн) и колбочки (7 млн).

Свет, проникающий в глаз, воздействует на фотохимическое вещество элементов сетчатки и разлагает его. Достигнув определенной концентрации, продукты распада раздражают нервные окончания, заложенные в палочках и колбочках. Возникающие при этом импульсы по волокнам зрительного нерва поступают в нервные клетки зрительного бугра и человек видит цвет, форму и величину предметов.

Функции палочек и колбочек различны: колбочки обеспечивают так называемое дневное зрение, «ночное» же зрение осуществляется с помощью палочек. Разрешающая способность палочек и колбочек различна; колбочки позволяют четко различать мелкие детали. Цветное зрение осуществляется исключительно через колбочковый аппарат, палочки цвета не воспринимают и дают ахроматические изображения.

Чтобы видеть форму предмета, надо четко различать его границы, очертания. Эта способность глаза характеризуется остротой зрения. Острота зрения измеряется минимальным углом (от 0,5 до 10°), при котором две точки на расстоянии 5 м еще воспринимаются отдельно.

Согласованное движение глаз совершается с помощью трех пар мышц, вращающих глазное яблоко, и вследствие этого зрительные оси обоих глаз всегда направлены на одну точку фиксации.

Глаз чувствителен к видимому диапазону спектра электромагнитных колебаний (380–770 нм).

Слух – способность организма воспринимать и различать звуковые колебания. Эта способность воплощается слуховым анализатором. Человеческому уху доступна область звуков, механических колебаний с частотой 16...20 000 Гц.

Орган слуха – ухо представляет собой воспринимающую часть звукового анализатора (рис.3.2). Оно имеет три отдела: наружное, среднее и внутреннее ухо. Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода, затянутого упругой барабанной перепонкой, отделяющей среднее ухо. Ушная раковина и слуховой проход служат для улучшения приема звука высоких частот. Они способны усиливать звук с частотой 2000...5000 Гц на 10...20 дБ, и это обстоятельство определяет повышенную опасность звуков указанного диапазона частот.

В полости среднего уха расположены так называемые слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремячко, связанные как бы в одну цепь. Они служат для передачи звуковых колебаний от барабанной перепонки во внутреннее ухо, где расположен специальный, воспринимающий звук, орган, называемый кортиевым. В среднем ухе амплитуда колебаний уменьшается, а мышца среднего уха обеспечивает защиту от звуков низкой частоты. Полость среднего уха сообщается с полостью носоглотки с помощью евстахиевой трубы, по которой во время глотания воздух проходит в полость среднего уха.

Внутреннее ухо отличается наиболее сложным устройством. Оно состоит из трех частей: улитки, трех полукружных каналов и мешочков преддверия. Улитка воспринимает звуковые раздражения, а мешочки преддверия и полукружные каналы –раздражения, возникающие от перемены положения тела в пространстве.

Звуковые волны проникают в слуховой проход, приводят в движение барабанную перепонку и через цепь слуховых косточек передаются в полость улитки внутреннего уха. Колебания жидкости в канале улитки передаются волокнам основной перепонки кортиева органа в резонанс тем звукам, которые поступают в ухо. Колебания волокон улитки приводят в движение расположенные в них клетки кортиева органа. Возникающий нервный импульс передается в соответствующий отдел головного мозга, в котором синтезируется соответствующее слуховое представление.

Орган слуха воспринимает далеко не все многочисленные звуки окружающей среды. Частоты, близкие к верхнему и нижнему пределам слышимости, вызывают слуховое ощущение лишь при большой интенсивности и по этой причине обычно не слышны. Очень интенсивные звуки слышимого диапазона могут вызвать боль в ухе и даже повредить слух.

Механизм защиты слухового анализатора от повреждения при воздействии интенсивных звуков предусмотрен анатомическим строением среднего уха, системой слуховых косточек и мышечных волокон, которые являются механическим передаточным звеном, ответственным за появление акустического рефлекса блокировки звука в ответ на интенсивный звуковой раздражитель. Возникновение акустического рефлекса обеспечивает защиту чувствительных структур улитки внутреннего уха от разрушения. Скрытый период возникновения акустического рефлекса равен приблизительно 10 мс.

Таким образом, орган слуха выполняет два задания: снабжает организм информацией и обеспечивает самосохранение, противостоит повреждающему действию акустического сигнала.

Обоняние – способность воспринимать запахи, осуществляется посредством обонятельного анализатора, рецептором которого являются нервные клетки, расположенные в слизистой оболочке верхнего и, отчасти, среднего носовых ходов. Человек обладает различной чувствительностью к пахучим веществам, к некоторым веществам особенно высокой. Например, этилмеркаптан ощущается при содержании его, равном 0,00019 мг в 1 л воздуха.

Снижение обоняния часто возникает при воспалительных и атрофических процессах в слизистой оболочке носа. В некоторых случаях нарушение обоняния является одним из существенных симптомов поражения ЦНС.

Запахи способны вызывать отвращение к пище, обострять чувствительность нервной системы, способствовать состоянию подавленности, повышенной раздражительности. Так, сероводород, бензин могут вызывать различные отрицательные реакции вплоть до тошноты, рвоты, обморока. Например, обнаружено, что запах бензола и герантиола обостряет слух, а индол притупляет слуховое восприятие, запахи пиридина и толуола обостряют зрительную функцию в сумерках, запах камфоры повышает чувствительность зрительной рецепции зеленого цвета и снижает – красного.

Вкус – ощущение, возникающее при воздействии раздражителей на специфические рецепторы, расположенные на различных участках языка. Вкусовое ощущение складывается из восприятия кислого, соленого, сладкого и горького; вариации вкуса являются результатом комбинации основных перечисленных ощущений. Разные участки языка имеют неодинаковую чувствительность к вкусовым веществам: кончик языка более чувствителен к сладкому, края языка – к кислому, кончик и края – к соленому и корень языка наиболее чувствителен к горькому.

Механизм восприятия вкусовых веществ связывают со специфическими химическими реакциями на границе «вещество – вкусовой рецептор». Предполагают, что каждый рецептор содержит высокочувствительные белковые вещества, распадающиеся при воздействии определенных вкусовых веществ. Возбуждение от вкусовых рецепторов передается в ЦНС по специфическим проводящим путям.

Осязание–сложное ощущение, возникающее при раздражении рецепторов кожи, слизистых оболочек и мышечно-суставного аппарата. Основная роль в формировании осязания принадлежит кожному анализатору, который осуществляет восприятие внешних механических, температурных, химических и других раздражителей. Осязание складывается из тактильных, температурных, болевых и двигательных ощущений. Основная роль в ощущении принадлежит тактильной рецепции – прикосновению и давлению.

Кожа – внешний покров тела – представляет собой орган с весьма сложным строением, выполняющий ряд важных жизненных функций. Кроме защиты организма от вредных внешних воздействий кожа выполняет рецепторную, секреторную, обменную функции, играет значительную роль в терморегуляции и т.д.

В коже (рис.3.3) различают три слоя: наружный (эпителиальный –эпидермис), соединительнотканный (собственно кожа–дерма) и подкожная жировая клетчатка. В коже имеется большое число кровеносных и лимфатических сосудов. Нервный аппарат кожи состоит из многочисленных пронизывающих дерму нервных волокон и нервных окончаний.

Одна из основных функций кожи –защитная; кожа –орган защиты. Так, растяжение, давление, ушибы обезвреживаются упругой жировой подстилкой и эластичностью кожи. Нормальный роговой слой предохраняет глубокие слои кожи от высыхания и весьма устойчив по отношению к различным химическим веществам. Пигмент меланин, поглощающий ультрафиолетовые лучи, предохраняет кожу от воздействия солнечного света. Особенно большое значение имеют стерилизующие свойства кожи и устойчивость к различным микробам; неповрежденный роговой слой непроницаем для болезнетворных микроорганизмов, а кожное сало и пот создают кислую среду, неблагоприятную для многих микробов Эта спасительная кислотность–результат деятельности потовых и сальных желез, доставляющих необходимые жирные кислоты. Окисление происходит в роговом веществе, поэтому так важен достаточный приток кислорода для профилактики кожных заболеваний. Кожа «дышит»; если покрыть человека лаком, он начнет задыхаться.

Важной функцией кожи является ее участие в терморегуляции (поддержании нормальной температуры тела); 80% всей теплоотдачи организма осуществляется кожей. При высокой температуре внешней среды кожные сосуды расширяются и теплоотдача конвекцией усиливается. При низкой температуре сосуды суживаются, кожа бледнеет, теплоотдача уменьшается.

Секреторная функция обеспечивается сальными и потовыми железами. С кожным салом могут выделяться некоторые лекарственные вещества (иод, бром), продукты промежуточного метаболизма (обмена веществ), микробных токсинов и эндогенных ядов. Функция сальных и потовых желез регулируется вегетативной нервной системой.

Обменная функция кожи заключается в участии в процессах регуляции общего обмена веществ в организме, особенно водного, минерального и углеводного. Считают, что кожу можно условно рассматривать как железу внешней и внутренней секреции, с обширной поверхностью, богато снабженной сосудами и тесно связанной со всеми внутренними органами. Кожа–это «периферический мозг», неутомимый сторож, который всегда начеку, постоянно извещает центральный мозг о каждой агрессии и опасности.

С помощью анализаторов человек получает обширную информацию об окружающем мире. Количество информации принято измерять в двоичных знаках–битах. Например, поток информации через зрительный рецептор человека составляет 108–109 бит/с, нервные пути пропускают 2\*106 бит/с, в памяти прочно задерживается только 1 бит/с. Следовательно, в коре головного мозга анализируется и оценивается не вся поступающая информация, а наиболее важная. Информация, получаемая из внешней и внутренней среды, определяет работу функциональных систем организма и поведение человека.

Для управления поведением человека и активностью его функциональных систем (т.е. выходной информацией, поступающей из коры больших полушарий) достаточно около 107 бит/с при подключении программ, содержащихся в памяти. В табл.3.1. приведены максимальные скорости передачи информации, принимаемой человеком с помощью различных органов чувств и подводимой к коре больших полушарий.

Таблица 3.1. Характеристика органов чувств по скорости передачи информации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Воспринимаемый сигнал | Характеристика | Максимальная скорость, бит/с |
| Зрительный | Длина линии | 3.25 |
| Цвет | 3.1 |
| Яркость | 3.3 |
| Слуховой | Громкость | 2.3 |
| Высота тона | 2.5 |
| Вкусовой | Соленость | 1.3 |
| Обонятельный | Интенсивность | 1.53 |
| Тактильный | Интенсивность | 2,0 |
| Продолжительность | 2,3 |
| Расположение на теле | 2,8 |

Помимо сенсорных, в организме функционируют другие системы, которые или морфологически (структурно) отчетливо оформлены (кровообращения, пищеварения), или являются функциональными (терморегуляции, иммунологической защиты). В таких системах существует автономная регуляция и их можно рассматривать как самостоятельные, саморегулирующие, замкнутые цепи, имеющие собственную обратную связь.

Между всеми системами организма существуют взаимосвязи, и организм человека в функциональном отношении представляет собой единое целое. Одна из важнейших функциональных систем организма – нервная система, она связывает между собой различные системы и части организма.

Нервная система имеет обширное взаимодействие центральных и периферических образований, включая различные анатомические структуры, комбинации гуморальных веществ (ферментов, белков, витаминов, микроэлементов и др.), объединенных взаимозависимостью и участием в приспособительных реакциях организма. Нервная система человека подразделяется на центральную нервную систему (ЦНС), включающую головной и спинной мозг, и периферическую (ПНС), которую составляют нервные волокна и узлы, лежащие вне ЦНС.

По морфологическим признакам ЦНС представляет собой совокупность нервных клеток (нейронов), специализирующихся на переработке информации, и отходящих от них отростков. В этой совокупности клеточных тел, находящихся в черепной коробке и позвоночном канале, происходит переработка информации, которая поступает по нервным волокнам и исходит от них к исполнительным органам.

Периферическая нервная система осуществляет связь ЦНС с кожей, мышцами и внутренними органами. ЦНС условно подразделяют на соматическую и вегетативную. Периферические нервные волокна, связывающие ЦНС с кожей и слизистыми оболочками, мышцами, сухожилиями и связками, относятся к соматической нервной системе (СНС). Нервные волокна, связывающие ЦНС с внутренними органами, кровеносными сосудами, железами, принадлежат к вегетативной нервной системе (ВНС). В отличие от соматической, вегетативная система обладает определенной самостоятельностью, и потому ее называют автономной.

На основе структурно-функциональных свойств, вегетативную нервную систему подразделяют на симпатическую и парасимпатическую, которые оказывают антагонистическое действие на органы. Например, симпатическая нервная система расширяет зрачок, вызывает учащение пульса и повышение кровяного давления; парасимпатическая система сужает зрачок, замедляет сердечно-сосудистую деятельность, снижает кровяное давление.

Нервная система функционирует по принципу рефлекса. Рефлексом называют любую ответную реакцию организма на раздражение из окружающей или внутренней среды, осуществляющуюся с участием ЦНС.

Путь нервного импульса от воспринимающего нервного образования (рецептора) через ЦНС до окончания в действующем органе (эффекторе) называется рефлекторной дугой. В случаях экстремального воздействия на организм нервная система формирует защитно-при-способительные реакции, определяет соотношение воздействующего и защитного эффектов.

Человек постоянно приспосабливается к изменяющимся условиям окружающей среды благодаря гомеостазу –универсальному свойству сохранять и поддерживать стабильность работы различных систем организма в ответ на воздействия, нарушающие эту стабильность.

Гомеостаз – относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма.

Любые физиологические, физические, химические или эмоциональные воздействия, будь то температура воздуха, изменение атмосферного давления или волнение, радость, печаль, могут быть поводом к выходу организма из состояния динамического равновесия. Автоматически, на основе единства гуморальных и нервных механизмов регуляции осуществляется саморегуляция физиологических функций, обеспечивающая поддержание жизнедеятельности организма на постоянном уровне. При малых уровнях воздействия раздражителя человек просто воспринимает информацию, поступающую извне. Он видит окружающий мир, слышит его звуки, вдыхает аромат различных запахов, осязает и использует в своих целях воздействие многих факторов. При высоких уровнях воздействия проявляются нежелательные биологические эффекты. Компенсация изменений факторов среды обитания оказывается возможной благодаря активации систем, ответственных за адаптацию (приспособление).

Защитные приспособительные реакции имеют три стадии: нормальная физиологическая реакция (гомеостаз); нормальные адаптационные изменения; патофизиологические адаптационные изменения с вовлечением в процесс анатомо-морфологических структур (структурные изменения на клеточно-тканевом уровне).

Гомеостаз и адаптация –два конечных результата, организующих функциональные системы.

Вмешательство внешних механизмов в состояние гомеостаза приводит к адаптивной перестройке, в результате которой одна или несколько функциональных систем организма компенсируют дискоординацию для восстановления равновесия. Вначале происходит мобилизация функциональной системы, адекватной к данному раздражителю, затем на фоне некоторого снижения резервных возможностей организма включается система специфической адаптации и обеспечивается необходимое повышение функциональной активности организма. В безвыходных ситуациях, когда раздражитель чрезмерно силен, эффективная адаптация не формируется и сохраняется нарушение гомеостаза; стимулируемый этими нарушениями стресс достигает чрезвычайной интенсивности и длительности; в такой ситуации возможно развитие заболеваний.

В процессе трудовой деятельности человек расплачивается за адаптацию к производственным факторам. Расплата за эффективный труд или оптимальный результат трудовой деятельности носит название «цена адаптации», причем нередко расплата формируется в виде перенапряжения или длительного снижения функциональной активности механизмов нервной регуляции как наиболее легко ранимых и ответственных за постоянство внутренней среды.

В организме человека функционирует ряд систем обеспечения безопасности. К ним относятся глаза, уши, нос, костно-мышечная система, кожа, система иммунной защиты. Например, глаза имеют веки –две кожно-мышечные складки, закрывающие глазное яблоко при смыкании. Веки несут функцию защиты глазного яблока, предохраняя орган зрения от чрезмерного светового потока и механического повреждения, способствуют увлажнению его поверхности и удалению со слезой инородных тел. Уши при чрезмерно громких звуках обеспечивают защитную реакцию: две самые маленькие мышцы среднего уха резко сокращаются, и три самых маленьких косточки (молоточек, наковальня и стремячко) перестают колебаться, наступает блокировка, и система косточек не пропускает во внутреннее ухо чрезмерно сильных звуковых колебаний.

Чихание относится к группе защитных реакций и представляет собой форсированный выдох через нос (при кашле – форсированный выдох через рот). Благодаря высокой скорости, воздушная струя уносит из полости носа попавшие туда инородные тела и раздражающие агенты.

Слезотечение возникает при попадании раздражающих веществ на слизистую оболочку верхних дыхательных путей: носа, носоглотки, трахеи и бронхов. Слеза выделяется не только наружу, но и попадает через слезоносный канал в полость носа, смывая тем самым раздражающее вещество (поэтому «хлюпают» носом при плаче).

Боль возникает при нарушении нормального течения физиологических процессов в организме вследствие воздействия вредных факторов. Субъективно, человек воспринимает боль как тягостное, гнетущее ощущение. Объективно боль, сопровождается некоторыми вегетативными реакциями (расширением зрачков, повышением кровяного давления, бледностью кожных покровов лица и др.). Характер болевых ощущений зависит от особенностей конкретного органа и силы разрушительного воздействия. Например, боль при повреждении кожи отличается от головной боли, при травме нервных стволов возникает жгучее болевое ощущение – каузалгия. Болевое ощущение как защитная реакция нередко указывает на локализацию процесса. В зависимости от локализации различают два типа симптоматических болевых ощущений: висцеральные и соматические. Висцеральные боли появляются при заболевании или травме внутренних органов (сердца, желудка, печени, почек и др.); для них характерно сильное болевое ощущение и широкая иррадиация, возможна «отраженная боль», которая ощущается далеко от проекции пораженного органа, иногда в другой части тела. Соматические боли возникают при патологических процессах в коже, костях, мышцах, они локализованы и наиболее отчетливо выполняют функцию естественной защиты информационным способом.

Еще один пример естественной системы защиты –движение. Активное движение нередко приглушает душевную и физическую боль. Этот механизм бдительно стоит на страже нервного благополучия, готовый в случае надобности предохранить мозг от слишком большого горя и слишком большой радости.

В организме человека функционирует система иммунной защиты. Иммунитет – это свойство организма, обеспечивающее его устойчивость к действию чужеродных белков, болезнетворных (патогенных) микробов и их ядовитых продуктов.

Различают естественный и приобретенный иммунитет. Естественный, или врожденный иммунитет – это видовой признак, передающийся по наследству (например, люди не заражаются чумой рогатого скота). Если микробы все-таки проникли в организм, их распространение задерживается благодаря развивающейся реакции воспаления. Печень, селезенка, лимфатические узлы также способны задерживать и частично обезвреживать продукты деятельности микробов.

Значительная роль в иммунитете принадлежит специфическим защитным факторам сыворотки крови – антителам, которые накапливаются в сыворотке после перенесенного заболевания, а также после искусственной иммунизации (прививок).

В процессе активной иммунизации изменяется чувствительность организма к повторному введению соответствующего антигена, т.е. изменяется иммунореактивность организма в форме повышения или понижения чувствительности отдельных органов и тканей к микробам, ядам или другим антигенам. Изменение иммунореактивности не всегда полезно для организма: при повышении чувствительности к какому-нибудь антигену могут развиться аллергические заболевания. Иммуно-логическая реактивность существенно зависит от возраста: у новорожденных она резко снижена, у пожилых развита слабее, чем у лиц среднего возраста.

# 3.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ И ИХ НОРМИРОВАНИЕ

Оценка негативных факторов. При оценке воздействия негативных факторов на человека следует учитывать степень влияния их на здоровье и жизнь человека, уровень и характер изменений функционального состояния и возможностей организма, его потенциальных резервов, адаптивных способностей и возможности развития последних.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера – Фехнера. Он выражает связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя

где dL – элементарное ощущение организма; а – коэффициент пропорциональности; dR–элементарное приращение раздражителя.

Интегрируя данное выражение и принимая а == 101ge, получают уровень ощущения раздражителя (дБ)

где Ro – пороговое значение ощущений, т.е. минимальная энергия раздражителя, характеризующая начало ощущения.

На базе закона Вебера – Фехнера построено нормирование вредных факторов. Чтобы исключить необратимые биологические эффекты, воздействие факторов ограничивается предельно допустимыми уровнями или предельно допустимыми концентрациями.

Предельно допустимый уровень или предельно допустимая концентрация – это максимальное значение фактора, которое, воздействуя на человека (изолированно или в сочетании с другими факторами), не вызывает у него и у его потомства биологических изменений даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов, а также психологических нарушений (снижения интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности). ПДК и ПДУ устанавливают для производственной и окружающей среды. При их принятии руководствуются следующими принципами:

– приоритет медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (технической достижимостью, экономическими требованиями);

– пороговость действия неблагоприятных факторов (в том числе химических соединений с мутагенным или канцерогенным эффектом действия, ионизирующего излучения);

– опережение разработки и внедрения профилактических мероприятий появления опасного и вредного фактора.

Ниже рассмотрено воздействие на организм человека и гигиеническое нормирование негативных факторов техносферы [3.1–3.3].

3.2.1. Вредные вещества

В настоящее время известно около 7 млн. химических веществ и соединений (далее вещество), из которых 60 тыс. находят применение в деятельности человека. На международном рынке ежегодно появляется 500...1000 новых химических соединений и смесей.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Химические вещества (органические, неорганические, элементорганические) в зависимости от их практического использования классифицируются на:

– промышленные яды, используемые в производстве: например, органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);

– ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве: пестициды (гексахлоран), инсектициды (карбофос) и др.;

– лекарственные средства;

– бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.д.;

– биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах (аконит, цикута), у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);

– отравляющие вещества (ов): зарин, иприт, фосген и др.

Ядовитые свойства могут проявить все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

К промышленным ядам относится большая группа химических веществ и соединений, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов встречаются в производстве.

В организм промышленные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Однако основным путем поступления являются легкие. Помимо острых и хронических профессиональных интоксикаций, промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости.

Бытовые отравления чаще всего возникают при попадании яда в желудочно-кишечный тракт (ядохимикатов, бытовых химикатов, лекарственных веществ). Возможны острые отравления и заболевания при попадании яда непосредственно в кровь, например, при укусах змеями, насекомыми, при инъекциях лекарственных веществ.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества, попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (кровью, ферментами). Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Общая токсикологическая классификация вредных веществ приведена в табл.3.2.

Таблица 3.2. Токсикологическая классификация вредных веществ

|  |  |
| --- | --- |
| Общее токсическое воздействие | Токсичные вещества |
| Нервно-паралитическое действие (брон-хоспазм, удушье, судороги и параличи) Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения в сочетании с общетоксическими резорбтивными явлениями) Общетоксическое действие (гипоксические судороги, кома, отек мозга, параличи) Удушающее действие (токсический отек легких) Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек) Психотическое действие (нарушение психической активности, сознания)  | Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, никотин, 0В и др.) Дихлорэтан, гексахлоран, уксусная эссенция, мышьяк и его соединения, ртуть (сулема) Синильная кислота и ее производные, угарный газ, алкоголь и его суррогаты, 0ВОксиды азота, 0ВПары крепких кислот и щелочей, хлорпикрин, 0ВНаркотики, атропин |

Яды, наряду с общей, обладают избирательной токсичностью, т.е. они представляют наибольшую опасность для определенного органа или системы организма. По избирательной токсичности выделяют яды:

– сердечные с преимущественным кардиотоксическим действием; к этой группе относят многие лекарственные препараты, растительные яды, соли металлов (бария, калия, кобальта, кадмия);

– нервные, вызывающие нарушение преимущественно психической активности (угарный газ, фосфорорганические соединения, алкоголь и его суррогаты, наркотики, снотворные лекарственные препараты и др.);

– печеночные, среди которых особо следует выделить хлорированные углеводороды, ядовитые грибы, фенолы и альдегиды;

– почечные – соединения тяжелых металлов этиленгликоль, щавелевая кислота;

– кровяные –анилин и его производные, нитриты, мышьяковистый водород;

– легочные – оксиды азота, озон, фосген и др.

Показатели токсиметрии и критерии токсичности вредных веществ – это количественные показатели токсичности и опасности вредных веществ. Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными (патоморфологическими) изменениями или гибелью организма. В первом случае токсичность принято выражать в виде действующих, пороговых и недействующих доз и концентраций, во втором – в виде смертельных концентраций.

Смертельные, или летальные дозы DL при введении в желудок или в организм другими путями или смертельные концентрации CL могут вызывать единичные случаи гибели (минимальные смертельные) или гибель всех организмов (абсолютно смертельные). В качестве показателей токсичности пользуются среднесмертельными дозами и концентрациями: DL50, CL50–это показатели абсолютной токсичности. Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе CLso – это концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии (мг/м3); среднесмертельная доза при введении в желудок (мг/кг), обозначается как DL50, среднесмертельная доза при нанесении на кожу DLК50.

Степень токсичности вещества определяется отношением 1/DL50 и 1/CL50; чем меньше значения токсичности DL50 и CL50 тем выше степень токсичности.

Об опасности ядов можно судить также по значениям порогов вредного действия (однократного, хронического) и порога специфического действия.

Порог вредного действия (однократного или хронического) – это минимальная (пороговая) концентрация (доза) вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения биологических показателей на организменном уровне, выходящие за пределы приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Порог однократного действия обозначается Limac порог хронического Limch порог специфического Limsp.

Опасность вещества –это вероятность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства или применении химических соединений.

Возможность острого отравления может оцениваться коэффициентом опасности внезапного острого ингаляционного отравления (КОВОИО)

КОВОИО=Cгo/(CL50λ)

где Сго –насыщенная концентрация при температуре 20 °С; λ –коэффициент распределения газа между кровью и воздухом.

При утечке газа или летучего вещества возможность острого отравления тем выше, чем выше насыщающая концентрация при температуре 20 °С. Если КОВОИО меньше 1 – опасность острого отравления мала, если КОВОИО выражается единицами, десятками и более, существует реальная опасность острого отравления при аварийной утечке промышленного яда, например, для паров этанола КОВОИО меньше 0,001, хлороформа около 7, формальгликоля около 600.

Если невозможно определить значение λ то вычисляют коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)

КВИО = C20/CL50.

О реальной опасности развития острого отравления можно судить также по значению зоны острого действия. Зона острого (однократного) токсического действия Zac–это отношение среднесмертельной концентрации (дозы) вещества CL50 к пороговой концентрации (дозе) при однократном воздействии Cmin: Zac = Cl50/Cmin. Чем меньше зона, тем больше возможность острого отравления и наоборот. Показателем реальной опасности развития хронической интоксикации является значение зоны хронического действия Zch, т.е. отношение пороговой концентрации (дозы) при однократном воздействии Сmin к пороговой концентрации (дозе) при хроническом воздействии Limch. Чем больше зона хронического действия, тем выше опасность Zch= Cmin/Limch. Показатели токсикометрии определяют класс опасности вещества, определяющим является тот показатель, который свидетельствует о наибольшей степени опасности. Например, озон, будучи веществом остронаправленного действия, относится к 1-му классу опасности, его ПДК = 0,1 мг/м3; оксид углерода относится также к веществам остронаправленного действия, однако по показателям острой и хронической токсичности для него установлена ПДК = 20 мг/м3, 4-й класс опасности. В табл.3.3. приведена классификация производственных вредных веществ по степени опасности.

Таблица 3.3. Классификация производственных вредных веществ по степени опасности (ГОСТ 12.1.007–76)

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель | Класс опасности |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м | Менее 0,1 | 0,1–1,0 | 1.1–10.0 | Более 10 |
| Средняя смертельная доза при введении в желудок DL50, мг/кг | Менее 15 | 15–150 | 151–5000 | Более 5000 |
| Средняя смертельная доза при нанесении на кожу DLж50мг/кг | Менее 100 | 100–500 | 501–2500 | Более 2500 |
| Средняя смертельная концентрация CL50 в воздухе, мг/м | Менее 500 | 500–5000 | 5001–50000 | Более 50000 |
| Зона острого действия Zac | Менее 6 | 6–18 | 18,1–54 | Более 54 |
| Зона хронического действия Zch | Более 10 | 10–5 | 4,9–2.5 | Менее 2,5 |
| КВИО | Более 300 | 300–30 | 29–3 | Менее 3,0 |

Отравления протекают в острой, подострой и хронической формах. Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда; они характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ не более, чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах – при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов. Например, чрезвычайно быстрое отравление может наступить при воздействии паров бензина, сероводорода высоких концентраций и закончиться гибелью от паралича дыхательного центра, если пострадавшего сразу же не вынести на свежий воздух. Оксиды азота вследствие общетоксического действия в тяжелых случаях могут вызвать развитие комы, судороги, резкое падение артериального давления.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме (материальной кумуляции) или вызываемых ими нарушений в организме (функциональная кумуляция). Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций. К ядам, вызывающим хронические отравления в результате только функциональной кумуляции, относятся хлорированные углеводороды, бензол, бензины и др.

При повторном воздействии одного и того же яда в субтоксической дозе может измениться течение отравления и кроме явления кумуляции развиться сенсибилизация и привыкание.

Сенсибилизация –состояние организма, при котором повторное воздействие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущее. Эффект сенсибилизации связан с образованием в крови и других внутренних средах измененных и ставших чужеродными для организма белковых молекул, индуцирующих формирование антител. Повторное, даже более слабое токсическое воздействие с последующей реакцией яда с антителами вызывает извращенный ответ организма в виде явлений сенсибилизации. Более того, в случае предварительной сенсибилизации возможно развитие аллергических реакций, выраженность которых зависит не столько от дозы воздействующего вещества, сколько от состояния организма. Аллергизация значительно осложняет течение острых и хронических интоксикаций, нередко приводя к ограничению трудоспособности. К веществам, вызывающим сенсибилизацию, относятся бериллий и его соединения, карбонилы никеля, железа, кобальта, соединения ванадия и т.д.

При повторяющемся воздействии вредных веществ на организм можно наблюдать и ослабление эффектов вследствие привыкания. Для развития привыкания к хроническому воздействию яда необходимо, чтобы его концентрация (доза) была достаточной для формирования ответной приспособительной реакции и не чрезмерной, приводящей к быстрому и серьезному повреждению организма. При оценке развития привыкания к токсическому воздействию надо учитывать возможное развитие повышенной устойчивости к одним веществам после воздействия других. Это явление называют толерантностью.

Существуют адаптогены (витамины, женьшень, элеутерококк), способные уменьшить реакцию воздействия вредных веществ и увеличить устойчивость организма ко многим факторам окружающей среды, в том числе химическим. Однако следует иметь в виду, что привыкание является лишь фазой приспособительного процесса, и уловить грань между физиологической нормой и напряжением регуляторных механизмов не всегда удается. Перенапряжение же систем регуляции приводит к срыву адаптации и развитию патологических процессов.

На производстве, как правило, в течение рабочего дня концентрации вредных веществ не бывают постоянными. Они либо нарастают к концу смены, снижаясь за обеденный перерыв, либо резко колеблются, оказывая на человека интермиттирующее (непостоянное) действие, которое во многих случаях оказывается более вредным, чем непрерывное, так как частые и резкие колебания раздражителя ведут к срыву формирования адаптации. Неблагоприятное действие интермиттирующего режима отмечено при вдыхании оксида углерода СО.

Биологическое действие вредных веществ осуществляется через рецепторный аппарат клеток и внутриклеточных структур. Во многих случаях рецепторами токсичности являются ферменты (например, ацетилхолинэстераза), аминокислоты (цистеин, гистидин и др.), витамины, некоторые активные функциональные группы (сульфгидрильные, гидроксильные, карбоксильные, амино - и фосфорсодержащие), а также различные медиаторы и гормоны, регулирующие обмен веществ. Первичное специфическое действие вредных веществ на организм обусловлено образованием комплекса «вещество – рецептор». Токсическое действие яда проявляется тогда, когда минимальное число его молекул способно связывать и выводить из строя наиболее жизненно важные клетки-мишени. Например, токсины ботулинуса способны накапливаться в окончаниях периферических двигательных нервов и при содержании восьми молекул на каждую нервную клетку вызывать их паралич. Таким образом, 1 мг ботулинуса может уничтожить 1200 т живого вещества, а 200 г этого токсина способны погубить все население Земли.

Классификация веществ по характеру воздействия на организм и общие требования безопасности регламентируются ГОСТ 12.0.003–74\*. Согласно ГОСТ вещества подразделяются на токсические, вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (Ц НС, кроветворения), вызывающие патологические изменения печени, почек; раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов; сенсибилизирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитро - и нитрозосоединений и др.); мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.); канцерогенные, вызывающие, как правило, злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест и др.); влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы и др.).

Три последних вида воздействия вредных веществ – мутагенное, канцерогенное, влияние на репродуктивную функцию, а также ускорение процесса старения сердечно-сосудистой системы относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений на организм. Это специфическое действие, которое проявляется в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия. Отмечается появление различных эффектов и в последующих поколениях. Эта классификация не учитывает агрегатного состояния вещества, тогда как для большой группы аэрозолей, не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить фиброгенный эффект действия ее на организм. К ним относятся аэрозоли дезинтеграции угля, угольнопородные аэрозоли, аэрозоли кокса (каменноугольного, пекового, нефтяного, сланцевого), саж, алмазов, углеродных волокнистых материалов, аэрозоли (пыли) животного и растительного происхождения, силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов, кремнийсодержащие пыли.

Попадая в органы дыхания, вещества этой группы вызывают атрофию или гипертрофию слизистой верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводят к развитию соединительной ткани в воздухообменной зоне и рубцеванию (фиброзу) легких. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, пневмокониозы и пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит занимают второе место по частоте среди профессиональных заболеваний в России.

В зависимости от природы пыли, пневмокониозы могут быть различных видов: например, силикоз – наиболее частая и характерная форма пневмокониоза, развивающаяся при действии свободного диоксида кремния; силикатоз может развиваться при попадании в легкие аэрозолей солей кремниевой кислоты; асбестоз – одна из агрессивных форм силикатоза, сопровождающаяся фиброзом легких и нарушениями функций нервной и сердечно-сосудистой систем.

Наличие фиброгенного эффекта не исключает общетоксического воздействия аэрозолей. К ядовитым пылям относят аэрозоли ДДТ, триоксид хрома, свинца, бериллия, мышьяка и др. При попадании их в органы дыхания помимо местных изменений в верхних дыхательных путях развивается острое или хроническое отравление.

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол (100–120 м2) непосредственно в кровь и разносятся по всему организму. Развитие общетоксического действия аэрозолей в значительной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами до 5 мкм (так называемая респирабельная фракция) проникает в глубокие дыхательные пути, в альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает картину интоксикации. Мелкодисперсную пыль трудно улавливать; она медленно оседает, витая в воздухе рабочей зоны.

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи на рабочем месте и курении без предварительного мытья рук. Ядовитые вещества могут всасываться уже из полости рта, поступая сразу в кровь. К таким веществам относятся все жирорастворимые соединения, фенолы, цианиды. Кислая среда желудка и слабощелочная среда кишечника могут способствовать усилению токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда (ртути, меди, церия, урана) в желудок может быть причиной поражения его слизистой.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Растворяясь в секрете потовых желез и кожном жире, вещества могут легко поступать в кровь. К ним относятся легко растворимые в воде и жирах углеводороды, ароматические амины, бензол, анилин и др. Повреждение кожи, безусловно, способствует проникновению вредных веществ в организм.

Распределение ядовитых веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. Первоначально происходит динамическое распределение вещества в соответствии с интенсивностью кровообращения. Затем основную роль начинает играть сорбционная способность тканей. Существуют три главных бассейна, связанных с распределением вредных веществ: внеклеточная жидкость (14 л для человека массой 70 кг), внутриклеточная жидкость (28 л) и жировая ткань. Поэтому распределение веществ зависит от таких физико-химических свойств, как водорастворимость, жирорастворимость и способность к диссоциации. Для ряда металлов (серебра, марганца, хрома, ванадия, кадмия и др.) характерно быстрое выведение из крови и накопление в печени и почках. Легко диссоциируемые соединения бария, бериллия, свинца образуют прочные соединения с кальцием и фосфором и накапливаются в костной ткани.

Очень важно отметить комбинированное действие вредных веществ на здоровье человека. На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ; обычно работающий на производстве подвергается сочетанному действию неблагоприятных факторов разной природы (физических, химических) или комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще ряду химических веществ. Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия ядов в зависимости от эффектов токсичности: аддитивного, потенцированного, антогонистического и независимого действия.

Аддитивное действие–это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется. Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия ядов используют уравнение (0.1) в виде:

где C1, С2,..., Сп –концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м3;

ПДК1 ПДК2,..., ПДКn–предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м3.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводородов (бензола и изопропилбензола).

При потенцированном действии (синергизме) компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше, больше аддитивного и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях. Однако количественной оценки это явление не получило. Потенцирование отмечается при совместном действии диоксида серы и хлора; алкоголь повышает опасность отравления анилином, ртутью и некоторыми другими промышленными ядами. Явление потенцирования возможно только в случае острого отравления.

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

При независимом действии комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т.д.).

Пути обезвреживания ядов различны. Первый и главный из них – изменение химической структуры ядов. Так, органические соединения в организме подвергаются чаще всего гидроксилированию, ацетилированию, окислению, восстановлению, расщеплению, метилированию, что в конечном итоге приводит большей частью к возникновению менее ядовитых и менее активных в организме веществ.

Не менее важный путь обезвреживания – выведение яда через органы дыхания, пищеварения, почки, потовые и сальные железы, кожу. Тяжелые металлы, как правило, выделяются через желудочно-кишечный тракт, органические соединения алифатического и ароматического рядов –в неизменном виде через легкие и частично после физико-химических превращений через почки и желудочно-кишечный тракт. Определенную роль в относительном обезвреживании ядов играет депонирование (задержка в тех или иных органах). Депонирование является временным путем уменьшения содержания яда, циркулируемого в крови. Например, тяжелые металлы (свинец, кадмий) часто откладываются в депо: костях, печени, почках, некоторые вещества – в нервной ткани. Однако яды из депо могут вновь поступать в кровь, вызывая обострение хронического отравления.

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ применяют гигиеническое нормирование их содержания в различных средах. В связи с тем, что требование полного отсутствия промышленных ядов в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005–88). Такая регламентация в настоящее время проводится в три этапа: 1) обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ); 2) обоснование ПДК; 3) корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья. Установлению ПДК может предшествовать обоснование ОБУВ в воздухе рабочей зоны, атмосфере населенных мест, в воде, почве.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия устанавливают временно, на период, предшествующий проектированию производства. Значение ОБУВ определяется путем расчета по физико-химическим свойствам или путем интерполяций и экстраполяции в гомологических рядах (близких по строению) соединений или по показателям острой токсичности. ОБУВ должны пересматриваться через два года после их утверждения.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны –это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в продолжение 8 ч или при другой длительности, но не превышающей 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия Limch, в который вводится коэффициент запаса K3:

ПДК=Limch/K3

ПДК устанавливают на уровне в 2–3 раза более низком, чем Limch. При обосновании коэффициента запаса учитывают КВИО, выраженные кумулятивные свойства, возможность кожно-резорбтивного действия, чем они значительнее, тем больше избираемый коэффициент запаса. При выявлении специфического действия – мутагенного, канцерогенного, сенсибилизирующего –принимаются наибольшие значения коэффициента запаса (10 и более).

До недавнего времени ПДК химических веществ оценивали как максимально разовые ПДКмр. Превышение их даже в течение короткого времени запрещалось. В последнее время для веществ, обладающих кумулятивными свойствами (меди, ртути, свинца и др.), для гигиенического контроля введена вторая величина –среднесменная концентрация ПДКсс. Это средняя концентрация, полученная путем непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены, или средневзвешенная концентрация в течение смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных ПДК. В качестве примера в табл.3.4. приведены ПДК некоторых веществ.

Таблица 3.4. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005–85 (извлечение)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование вещества | ПДК. мг/м3 | Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства | Класс опасности | Особенности действия на организм |
| Азота диоксид | 2 | П | 3 | О |
| Акрилонитрил+ | 0,5 | П | 2 | А |
| Алюминий и его сплавы (в пересчете на алюминий)  | 2 | а | 3 | Ф |
| Аминопласты (пресс-порошки)  | 6 | а | 3 | Ф, А |
| Ангидрид серный + (триоксид серы)  | 1 | а | 2 |  |
| Ангидрид сернистый + (диоксид серы)  | 10 | П | 3 |  |
| Бензол + | 15/5 | П | 2 | К |
| Бснз(а) пирен | 0.00015 | а | 1 | К |
| Водород фтористый (в пересчете на F)  | 0.5/0.1 | п | 1 | О |
| Медь | 1/0,5 | а | 2 |  |
| Никеля карбонил | 0.0005 | п | 1 | O,K,A |
| Ртуть металлическая | 0.01/0,005 | п | 1 |  |
| Свинец и его неорганические соединения (по РЬ)  | 0.01/0.005 | а | 1 |  |
| Углерода оксид\* | 20 | п | 4 | О |
| Этилмеркурхлорид (гранозан), по Hg | 0,005 | п+а | 1 | А |

\* При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода СО, не более 1 ч ПДК СО может быть превышена до 50 мг/м3, при длительности работы не более 30 мин –до 100 мг/м3, не более 15 мин – 200 мг/м3. Повторные работы при условии повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут производиться с перерывом не менее 2 ч

Примечания.1. Значения ПДК приведены по состоянию на 01.01.88. Если в графе «ПДК» приведено две величины, то это означает, что в числителе дана максимальная, а в знаменателе – среднесменная ПДК.2. Условные обозначения: п – пары и (или) газы; а –аэрозоль; п+а –смесь поров и аэрозоля; О –вещество с остронапровлспным механизмом действия, требующее автоматического контроля за его содержанием в воздухе; А – вещества, способные вызывать аллергические заболевания; К – канцерогены; Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.3. + – требуется специальная защита кожи и глаз

Для веществ, обладающих кожно-резорбтивным действием, обосновывается предельно допустимый уровень загрязнения кожи (мг/см2) в соответствии с СН 4618–88 (табл.3.5).

Содержание веществ в атмосферном воздухе населенных мест также регламентируется ПДК, при этом нормируется среднесуточная концентрация вещества. Кроме того, для атмосферы населенных мест устанавливают максимальную разовую величину.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе населенных мест –максимальные концентрации, отнесенные к определенному периоду осреднения (30 мин, 24 ч, 1 мес, 1 год) и не оказывающие при регламентированной вероятности их появления ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и последующих поколений, не снижающие работоспособности человека и не ухудшающие его самочувствия.

Таблица 3.5. Предельно допустимые уровни загрязнения кожи рук работающих с вредными веществами по СН 4618–88 (извлечение)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование вещества | ПДУ, мг/см2 | Наименование вещества | ПДУ. мг/см2 |
| Бензол | 0,05 | Метилтестостерон | 0,0003 |
| Жирные спирты фракции С5–С10 (амиловый, гексиловый, гептиловый, октиловый, нониловый, дециловый)  | 0,02 | Нитрил акриловой кислоты Нитробензол | 0,001 2,4 |
| Ксилидин | 0,08 | Металлическая сурьма | 0,001 (по сурьме)  |
| Ксилол | 1,75 | Толуол | 0,05 |
| Метиловый спирт (метанол)  | 0,02 | Хлорбензол | 0,8 |

Максимальная (разовая) концентрация ПДКмр – наиболее высокая из числа 30-минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения.

В основу установления максимальной разовой ПДК положен принцип предотвращения рефлекторных реакций у человека.

Среднесуточная концентрация ПДКсс – средняя из числа концентраций, выявленных в течение суток или отбираемая непрерывно в течение 24 ч.

В основу определения среднесуточной концентрации положен принцип предотвращения резорбтивного (общетоксического) действия на организм.

Если порог токсического действия для какого-то вещества оказывается менее чувствительным, то решающим в обосновании ПДК является порог рефлекторного воздействия как наиболее чувствительный. В подобных случаях ПДКмр > ПДКсс, например, для бензина и акролеина. Если же порог рефлекторного действия менее чувствителен, чем порог токсического действия, то принимают ПДКмр = ПДКсс. Существует группа веществ, у которых отсутствует порог рефлекторного действия (мышьяк, марганец и др.) или он выражен недостаточно четко [оксид ванадия (V)]. Для таких веществ ПДКмр не нормируется, а устанавливается лишь ПДКсс. Эти концентрации определены списком № 3086–84, утвержденным МЗ России (табл.3.6).

Нормирование качества воды рек, озер и водохранилищ проводят в соответствии с «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» № 4630–88 МЗ СССР двух категорий: I – водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и II –рыбохозяйственного назначения.

Таблица 3.6. Предельно допустимые концентрации некоторых вредных

веществ (мг/м3) в атмосферном воздухе населенных мест (извлечения)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | ПДКмр | ПДКсс | Класс опасности |
| Диоксид азота | 0,085 | 0,04 | 2 |
| Оксид азота | 0,6 | 0,06 | 3 |
| Бенз(а) пирен | – | 0,1 мгк/100 м3 | 1 |
| Бензол | 1,5 | 0,1 | 2 |
| Диоксид серы | 0,5 | 0,05 | 3 |
| Неорганическая пыль | 0,15 | 0,05 | 3 |
| Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на Рь)  | – | 0,0003 | 1 |
| Оксид углерода | 5 | 3 | 4 |

Правила устанавливают нормируемые значения для следующих параметров воды водоемов: содержание плавающих примесей и взвешенных веществ, запах, привкус, окраска и температура воды, значение рН, состав и концентрации минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, биологическая потребность воды в кислороде, состав и ПДКв ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий.

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения используют трех видов: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический; для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют еще два вида ЛПВ: токсикологический и рыбохозяйственный.

В табл.3.7 представлены ПДКв некоторых веществ для водоемов.

Таблица 3.7. ПДКв некоторых веществ для водоемов (извлечения)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Водоемы I категории | Водоемы II категории |
| ЛПВ | ПДКв, г/м3 (мг/л)  | ЛПВ | ПДКв, г/м3 (мг/л)  |
| Бензол | Санитарно-токсикологический | 0,5 | Токсикологический | 0,5 |
| Фенолы | Органолептический | 0,001 | Рыбохозяйственный | 0,001 |
| Бензин, керосин | То же | 0,1 | То же | 0,01 |
| Си 2+ (медь)  | Общесанитарный | 1,0 | Токсикологический | 0,01 |

Санитарное состояние водоема отвечает требованиям норм при выполнении следующего соотношения:

где Сim– концентрация вещества i-го ЛПВ в расчетном створе водоема; ПДКi–предельно допустимая концентрация i-го вещества.

Для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение трех, а для водоемов рыбохозяйственного назначения – пяти неравенств. При этом каждое вещество можно учитывать только в одном неравенстве.

Гигиенические и технические требования к источникам водоснабжения и правила их выбора в интересах здоровья населения регламентируются ГОСТ 2761–84\*. Гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем питьевого водоснабжения указаны в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.1.4.559–96 и СанПиН 2.1.4.544–966.

Нормирование химического загрязнения почв осуществляется по предельно допустимым концентрациям (ПДКп). Это концентрация химического вещества (мг) в пахотном слое почвы (кг), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы. По своей величине ПДКп значительно отличается от принятых допустимых концентраций для воды и воздуха. Это отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм непосредственно из почвы происходит в исключительных случаях в незначительных количествах, в основном через контактирующие с почвой среды (воздух, воду, растения).

Таблица 3.8. ПДКп для почвы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | ПДКп. мг/кг | Вещество | ПДКп, мг/кг |
| Марганец | 1500 по ОС | Бромфос | 0,4 по ТВ |
| Мышьяк | 2 по ОС | Перхлордивинил | 0,5 по ТВ |
| Ртуть | 2,1 по ОС | Изопропилбензол | 0,5 по МА |
| Свинец | 20 по ОС | Фосфора оксид P20s | 200 по ТВ |
| Хром | 0,05 по MB | α-Метилстирол | 0,5 по МА |
| Бенз(а) пирен | 0,02 по ОС | Формальдегид | 7 по ОС |

Регламентирование загрязнения осуществляется в соответствии с нормативными документами. Различают четыре разновидности ПДКп (табл.3.8) в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды: ТВ –транслокационный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений; МА–миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу; MB – миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водные источники; ОС – общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы и микробиоценоз.

Для оценки содержания вредных веществ в почве проводят отбор проб на участке площадью 25 м2 в 3...5 точках по диагонали с глубины 0,25 м, а при выяснении влияния загрязнений на грунтовые воды –с глубины 0,75...2 м в количестве 0,2...1 кг. В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствуют ПДКп, рассчитывают временные допустимые концентрации

ВДКп =1,23 + 0,48 ПДКпр,

где ПДКпр – предельно допустимая концентрация для продуктов питания (овощных и плодовых культур), мг/кг.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействием вредных веществ, относятся острые и хронические интоксикации, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем: токсическое поражение органов дыхания (ринофаринголарингит, эрозия, перфорация носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмосклероз и др.), токсическая анемия, токсический гепатит, токсическая нефропатия, токсическое поражение нервной системы (по-линевропатия, неврозоподобные состояния, энцефалопатия), токсическое поражение глаз (катаракта), конъюнктивит, кератоконъюнктивит, токсическое поражение костей: остеопороз, остеосклероз. В эту же группу входят болезни кожи, металлическая, фторопластовая (тефлоновая) лихорадка, аллергические заболевания, новообразования.

Следует иметь в виду возможность развития профессиональных опухолевых заболеваний, особенно органов дыхания, печени, желудка и мочевого пузыря, лейкозы при длительных контактах с продуктами перегонки каменного угля, нефти, сланцев, с соединениями никеля, хрома, мышьяка, винилхлоридом, радиоактивными веществами и т.д.

Профессиональные заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей: пневмокониозы (силикоз, силикатозы, металлокониозы, карбокониозы, пневмокониозы от смешанной пыли, пневмокониозы от пыли пластмасс), биссиноз, хронический бронхит.

Происходит постоянный рост частоты профессиональных заболеваний аллергической природы: конъюнктивиты и риниты, бронхиальная астма и астматический бронхит, токсикодермия и экзема, токсикоаллергический гепатит при воздействии химических веществ – аллергенов. Среди них существенное место занимают лекарственные препараты, например витамины и сульфаниламиды, вещества биологической природы (гормональные и ферментные препараты и т.д.).

Факторы среды обитания, распространенные в условиях населенных мест, могут приводить к росту общих заболеваний, развитие и течение которых провоцируется неблагоприятным влиянием окружающей среды. К ним относятся респираторно-аллергические заболевания органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, печени, почек, селезенки, нарушение детородной функции женщин, увеличение числа детей, родившихся с пороками, снижений половой функции мужчин, рост онкологических заболеваний (см. табл.0.5).

3.**2.2.** Вибрации и акустические колебания

Вибрации. Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией. Воздействие вибрации на человека классифицируют: по способу передачи колебаний; по направлению действия вибрации; по временной характеристике вибрации.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку, вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

По направлению действия вибрацию подразделяют на: вертикальную, распространяющуюся по оси х, перпендикулярной к опорной поверхности; горизонтальную, распространяющуюся по оси у, от спины к груди; горизонтальную, распространяющуюся по оси z, от правого плеча к левому плечу.

По временной характеристике различают: постоянную вибрацию, для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ); непостоянную вибрацию, изменяющуюся по контролируемым параметрам более чем в 2 раза.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обусловливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов, наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20...30 Гц, при горизонтальных –1,5...2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3...3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4...6 Гц.

Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Рассматривая нарушения состояния здоровья при вибрационном воздействии, следует отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает, в первую очередь, нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения –для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения –для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестеринового обменов, биохимических показателей крови.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин, трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия общей низко - и среднечастотной вибрации выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения – локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот – спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре вибраций заболевание развивается через 8...10 лет работы. Обслуживание инструмента ударного действия (клепка, обрубка), генерирующим вибрацию среднечастотного диапазона (30...125 Гц), приводит к развитию сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений через 12...15 лет. При локальном воздействии низкочастотной вибрации, особенно при значительном физическом напряжении, рабочие жалуются на ноющие, ломящие, тянущие боли в верхних конечностях, часто по ночам. Одним из постоянных симптомов локального и общего воздействия является расстройство чувствительности. Наиболее резко страдает вибрационная, болевая и температурная чувствительность.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышают риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования.

Усугубляющее влияние сопутствующих факторов учитывается при расчете показателей вероятности вибрационной болезни. В табл.3.9 приведены значения расчетных коэффициентов К повышения риска вибрационной болезни в зависимости от уровня сопутствующего шума, температуры окружающей среды и категории тяжести работ. Изменение коэффициентов К для шума и температуры находятся в линейной зависимости от значения изменяемого фактора, и поэтому промежуточные значения подсчитывают по экспериментальным формулам:

Кш = (Lш-80) 0,025+1,

Кто = (20-То) 0,08+1,

где Кш – коэффициент влияния шума; Кто – коэффициент влияния температуры.

Таблица 3.9. Коэффициент повышения риска вибрационной болезни в

зависимости от уровня сопутствующею шума, температуры

окружающей среды и категории тяжести работ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень звука, дБ А | 80 | 90 |  | 100 |  | 110 | 120 |
| Кш | 1 | 1.25 |  | 1.5 |  | 1,75 | 2 |  |
| Изменение уровня звука на 1 дБ А соответствует Кш = 0,025 |
| Температура воздуха рабочей зоны, ˚С  | +20 | +10 | 0 |  | –10 | –20 |  | -30 |
| Кто | 1  | 1,8 | 2,6 |  3,4 | 4,2 |  5 |
| Изменение температуры воздуха на 1 ˚С соответствует Кто=0,8 |
| Категория тяжести труда | I |  | II |  | III |  | IV |  |
| Ктяж | 1 |  | 1,2 |  | 1,5 |  | 2 |  |

Пример. Работа с перфоратором ПТ-29 (Lэкв 128 дБ) производится при температуре 4 ˚C и сопровождается шумом уровнем Lэкв = 116 дБ. Необходимо определить срок и вероятность риска вибрационной болезни в этих условиях Известно, что на пятом году работы без усугубляющих факторов вероятность вибрационной болезни составляет 1,4%. Коэффициенты влияния сопутствующих факторов (шума и охлаждения) соответственно равны Кш = (116–80) 0,025 + 1 = 1,9, Кто == (20–4) 0,08 + 1 = 2,28. Категория тяжести труда –III, Ктяж =1,5.

Отсюда, вероятность вибрационной болезни составляет 1,4·1,9·2,28·1,5 = 9,1% при стаже 5 лет. Сопутствующие факторы увеличили риск вибрационной болезни в 6,5 раз (9,1: 1,4).

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни (ВБ), которая включена в список профессиональных заболеваний. Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве; в условиях населенных мест (ВБ) не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012–90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

При гигиенической оценке вибраций нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости v (и их логарифмические уровни Lv) или виброускорения для локальных вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или треть октавных полосах. Допускается интегральная оценка вибрации во всем частотном диапазоне нормируемого параметра, а также по дозе вибрации D с учетом времени воздействия. Допустимые значения Lv представлены в табл.3.10.

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости vt (м/с) от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин, определяется по формуле:

где V480 –допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин, м/с.

Максимальное значение vt для локальной вибрации не должно превышать значений, определяемых для T= 30 мин, а для общей вибрации при T= 10 мин.

При регулярных перерывах воздействия локальной вибрации в течение рабочей смены допустимые значения уровня виброскорости следует увеличивать на значения, приведенные ниже.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Суммарное время перерыва при воздействии вибрации в течение 1 ч работы, мин...  | До 20 | Св.20 до 30 | Св.30 до 40 | Св.40 |
| Увеличение уровня виброскорости ΔLv, дБ | 0 | 6 | 9 | 12 |

Допустимые уровни вибрации в жилых домах, условия и правила их измерения и оценки регламентируются Санитарными нормами СН 2.2.4/2.18.566–96. Основными нормируемыми параметрами вибрации являются средние квадратичные величины уровней виброскорости и виброускорения в октавных полосах частот.

Акустические колебания. Физическое понятие об акустических колебаниях охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред. Акустические колебания в диапазоне 16 Гц...20 кГц, воспринимаемые человеком с нормальным слухом, называют звуковыми, с частотой менее 16 Гц–инфразвуковыми, выше 20 кГц– ультразвуковыми. Распространяясь в пространстве, звуковые колебания создают акустическое поле.

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми: нижняя – порог слышимости, верхняя – порог болевого ощущения. Самые низкие значения порогов лежат в диапазоне 1...5 кГц. Порог слуха молодого человека составляет 0 дБ на частоте 1000 Гц, на частоте 100 Гц порог слухового восприятия значительно выше, так как ухо менее чувствительно к звукам низких частот. Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м2. Звуковые ощущения оцениваются по порогу дискомфорта (слабая боль в ухе, ощущение касания, щекотания).

Таблица 3.10. Гигиенические нормы вибраций по ГОСТ 12.1.012–92

(извлечение).

|  |  |
| --- | --- |
| Вид вибрации | Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |
| 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Общая транспортная: вертикальнаягоризонтальнаяТранспортно-технологическаяТехнологическая | 1132 | 1123 | 1114 | 1108 | 1107 | 1107 | 1107 | -- | -- | -- | -- |
| 122 | 117 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | - | - | - | - |
| - | 117 | 108 | 102 | 101 | 101 | 101 | - | - | - | - |
| - | 108 | 99 | 93 | 92 | 92 | 92 | - | - | - | - |
| В производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию | - | 100 | 91 | 85 | 84 | 84 | 84 | - | - | - | - |
| В служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях | - | 91 | 82 | 76 | 75 | 75 | 75 | - | - | - | - |
| Локальная вибрация | - | - | - | 115 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
|  |

Шум определяют как совокупность апериодических звуков различной интенсивности и частоты. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь – 50...60 дБ А, автосирена – 100 дБ А, шум двигателя легкового автомобиля –80 дБ А, громкая музыка –70 дБ А, шум от движения трамвая –70...80 дБ А, шум в обычной квартире –30...40 дБ А.

По спектральному составу в зависимости от преобладания звуковой энергии в соответствующем диапазоне частот различают низко-, средне-и высокочастотные шумы, по временным характеристикам – постоянные и непостоянные, последние, в свою очередь, делятся на колеблющиеся, прерывистые и импульсные, по длительности действия – продолжительные и кратковременные. С гигиенических позиций придается большое значение амплитудно-временным, спектральным и вероятностным параметрам непостоянных шумов, наиболее характерных для современного производства.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т.п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций. Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции ЦНС до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния ЦНС и, что очень важно, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю. Индивидуальная чувствительность к шуму составляет 4...17%. Считают, что повышенная чувствительность к шуму определяется сенсибилизированной вегетативной реактивностью, присущей 11% населения. Женский и детский организм особенно чувствительны к шуму. Высокая индивидуальная чувствительность может быть одной из причин повышенной утомляемости и развития различных неврозов.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия и при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха – профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Специфическое шумовое воздействие, сопровождающееся повреждением слухового анализатора, проявляется медленно прогрессирующим снижением слуха. У некоторых лиц серьезное шумовое повреждение слуха может наступить в первые месяцы воздействия, у других –потеря слуха развивается постепенно, в течение всего периода работы на производстве. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ – начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

Оценка состояния слуховой функции базируется на количественном определении потерь слуха и производится по показателям аудио-метрического исследования. Основным методом исследования слуха является тональная аудиометрия. При оценке слуховой функции определяющими приняты средние показатели порогов слуха в области восприятия речевых частот (500, 1000, 2000 Гц), а также потеря слухового восприятия в области 4000 Гц.

Критерием профессионального снижения слуха принят показатель средней арифметической величины снижения слуха в речевом диапазоне, равный 11 дБ и более. Помимо патологии органа слуха при воздействии шума наблюдаются отклонения в состоянии вестибулярной функции, а также общие неспецифические изменения в организме; рабочие жалуются на головные боли, головокружение, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка и желчного пузыря, изменение кислотности желудочного сока. Шум вызывает снижение функции защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003–83\* и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Документы дают классификацию шумов по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам – на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) в девяти октавных полосах частот (табл.3.11) в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБ А), определяемый по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Непостоянные шумы делятся на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные. Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука (дБ А). Допустимые значения эквивалентных уровней непостоянных широкополосных шумов приведены в табл.3.11.

Для тонального и импульсного шума допустимый уровень звука должен быть на 5 дБ меньше значений, указанных в табл.3.11. Эквивалентный по энергии уровень звука

где τ –относительное время воздействия шума класса Li,% времени измерения; Li – уровень звука класса i, дБ А.

При оценке шума допускается использовать дозу шума, так как установлена линейная зависимость доза–эффект по временному смещению порога слуха, что свидетельствует об адэкватности оценки шума по энергии. Дозный подход позволяет также оценить кумуляцию шумового воздействия за рабочую смену.

Нормирование допустимого шума в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки осуществляется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

Оценивать и прогнозировать потери слуха, связанные с действием производственного шума, дает возможность стандарт ИСО 1999: (1975)"Акустика–определение профессиональной экспозиции шума и оценка нарушений слуха, вызванных шумом».

В производственных условиях нередко возникает опасность комбинированного влияния высокочастотного шума и низкочастотного ультразвука, например при работе реактивной техники, при плазменных технологиях.

Ультразвук как упругие волны не отличается от слышимого звука, однако, частота колебательного процесса способствует большему затуханию колебаний вследствие трансформации энергии в теплоту.

По частотному спектру ультразвук классифицируют на: низкочастотный – колебания 1,12·104...1,0·105 Гц; высокочастотный – 1,0·105…1,0·109 Гц; по способу распространения–на воздушный и контактный ультразвук.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочие места | Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах сосреднегеометрическими частотами, Гц  | Уровни звука и эквивалентные уровни звуки. дБ А |
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Помещения конструкторских бюро.  | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | • 38 | 50 |
| расчетчиков, программистов вычис |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| лительных машин, лабораторий для |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| теоретических работ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Помещения управления, рабочие | 93 | 79 | 70 | 68 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| комнаты |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Кабины наблюдений и дистанционного |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| управления:  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| без речевой связи по телефону | 103 | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| с речевой связью по телефону | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| Помещения и участки точной сборки, | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| машинописные бюро |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Помещения лабораторий для проведения | 107 | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| экспериментальных работ, для размещения |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| шумных агрегатов, вычислительных машин |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Постоянные рабочие места и рабочие | 110 | 99 | 92 | 86 | 83 | ВО | 78 | 76 | 74 | 85 |
| зоны в производственных помещениях и на |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| территории предприятий |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Низкочастотные ультразвуковые колебания хорошо распространяются в воздухе. Биологический эффект воздействия их на организм зависит от интенсивности, длительности воздействия и размеров поверхности тела, подвергаемой действию ультразвука. Длительное систематическое влияние ультразвука, распространяющегося в воздухе, вызывает функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. У работающих на ультразвуковых установках отмечают выраженную астению, сосудистую гипотонию, снижение электрической активности сердца и мозга. Изменения ЦНС в начальной фазе проявляются нарушением рефлекторных функций мозга (чувство страха в темноте, в ограниченном пространстве, резкие приступы с учащением пульса, чрезмерной потливостью, спазмы в желудке, кишечнике, желчном пузыре). Наиболее характерны вегетососудистая дистония с жалобами на резкое утомление, головные боли и чувство давления в голове, затруднения при концентрации внимания, торможение мыслительного процесса, на бессонницу.

Контактное воздействие высокочастотного ультразвука на руки приводит к нарушению капиллярного кровообращения в кистях рук, снижению болевой чувствительности, т.е. развиваются периферические неврологические нарушения. Установлено, что ультразвуковые колебания могут вызывать изменения костной структуры с разрежением плотности костной ткани.

Профессиональные заболевания зарегистрированы лишь при контактной передаче ультразвука на руки – вегетосенсорная (ангионевроз) или сенсомоторная полиневропатия рук.

Гигиенические нормативы ультразвука определены ГОСТ 12.1.001– 89. Гигиенической характеристикой воздушного ультразвука на рабочих местах являются уровни звукового давления (дБ) в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5...100 кГц (табл.3.12).

Таблица 3.12. Допустимые уровни звукового давления на рабочих

местах

|  |  |
| --- | --- |
| Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц | Уровень звукового давления, дБ |
| 12,5 | 80 |
| 16 | 80(90)  |
| 20 | 100 |
| 25 | 105 |
| 31,5–100,0 | 110 |

Примечание. По согласованию с заказчиком допускается устанавливать значение показателя, указанное в скобках.

Характеристикой контактного ультразвука является пиковое значение виброскорости или его логарифмический уровень (табл.3.13).

Допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в табл.3.13, в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука.

Таблица 3.13. Допустимые уровни виброскорости и ее пиковые

значения на рабочих местах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Среднегеометрические частоты октавных полос. кГц | Пиковые значения виброскорости, м/с | Уровни виброскорости. дБ |
| 8–63125–500 1000–31 500 | 5·10-38,9·10-3 1,6·10-2 | 100 105 110 |

Инфразвук – область акустических колебаний с частотой ниже 16...20 Гц. В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотным шумом, в ряде случаев – с низкочастотной вибрацией.

При воздействии инфразвука на организм уровнем 110...150 дБ могут возникать неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения: нарушения в ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Отмечают жалобы на головные боли, головокружение, осязаемые движения барабанных перепонок, звон в ушах и голове, снижение внимания и работоспособности; может появиться чувство страха, сонливость, затруднение речи; специфическая для действия инфразвука реакция – нарушение равновесия. При воздействии инфразвука с уровнем 105 дБ отмечены психофизиологические реакции в форме повышения тревожности и неуверенности, эмоциональной неустойчивости.

Установлен аддитивный характер действия инфразвука и низкочастотного шума. Следует отметить, что производственный шум и вибрация оказывают более агрессивное действие, чем инфразвук сопоставимых параметров.

Гигиеническая регламентация инфразвука на рабочих местах производится по СН 2274–80. В условиях городской застройки нормирование инфразвука обеспечивается санитарными нормами допустимых уровней инфразвука и низкочастотного шума на территории жилой застройки № 42-128-4948–89 (табл.3.14).

На людей и животных может воздействовать ударная волна. Прямое воздействие возникает в результате воздействия избыточного давления и скоростного напора воздуха. Ввиду небольших размеров тела человека, ударная волна мгновенно охватывает человека и подвергает его сильному сжатию в течение нескольких секунд. Мгновенное повышение давления воспринимается живым организмом как резкий удар. Скоростной напор при этом создает значительное лобовое давление, которое может привести к перемещению тела в пространстве. Косвенные поражения людей и животных могут произойти в результате ударов осколков стекла, шлака, камней, дерева и других предметов, летящих с большой скоростью.

Таблица 3.14. Предельно допустимые уровни звукового давления на

рабочих местах и на территории жилой застройки

|  |  |
| --- | --- |
| Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц | Общий уровень звукового давления, Lлин, дБ  |
| 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 |
| На рабочих местах |
| 105 | 105  | 105 | 105 | 102 | 110 |
| На территории жилой застройки |
| 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |  – |

Степень воздействия ударной волны зависит от мощности взрыва, расстояния, метеоусловий, местонахождения (в здании, на открытой местности) и положения человека (лежа, сидя, стоя) и характеризуется легкими, средними, тяжелыми и крайне тяжелыми травмами.

Избыточное давление во фронте ударной волны 10 кПа и менее для людей и животных, расположенных вне укрытий, считаются безопасными. Легкие поражения наступают при избыточном давлении 20...40 кПа. Они выражаются кратковременными нарушениями функций организма (звоном в ушах, головокружением, головной болью). Возможны вывихи, ушибы. Поражения средней тяжести возникают при избыточном давлении 40...60 кПа. При этом могут быть вывихи конечностей, контузии головного мозга, повреждение органов слуха, кровотечения из носа и ушей.

Тяжелые контузии и травмы возникают при избыточном давлении 60...100 кПа. Они характеризуются выраженной контузией всего организма, переломами костей, кровотечениями из носа, ушей; возможно повреждение внутренних органов и внутреннее кровотечение. Крайне тяжелые контузии и травмы у людей возникают при избыточном давлении более 100 кПа. Отмечаются разрывы внутренних органов, переломы костей, внутренние кровотечения, сотрясение мозга с длительной потерей сознания. Разрывы наблюдаются в органах, содержащих большое количество крови (печени, селезенке, почках), наполненных газом (легких, кишечнике), имеющих полости, наполненные жидкостью (головном мозге, мочевом и желчном пузырях). Эти травмы могут привести к смертельному исходу.

Радиус поражения обломками зданий, особенно осколками стекол, разрушающихся при избыточном давлении 2...7 кПа, может превысить радиус непосредственного поражения ударной волной.

Воздушная ударная волна также действует на растения. Полное повреждение лесного массива наблюдается при избыточном давлении более 50 кПа. Деревья при этом вырываются с корнем, ломаются и отбрасываются, образуются сплошные завалы. При избыточном давлении 30...50 кПа повреждается около 50% деревьев, создаются сплошные завалы, а при избыточном давлении 10...30 кПа –до 30% деревьев. Молодые деревья более устойчивы, чем старые.

3.2.3. Электромагнитные поля и излучения

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает 1021 Гц. В зависимости от энергии фотонов (квантов) его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

К ЭМП промышленной частоты относятся линии электропередач (ЛЭП) напряжением до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы. Они являются источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц). Длительное действие таких полей приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца. Для хронического воздействия ЭМП промышленной частоты характерны нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений. У работающих с ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения в ЦНС и сердечно-сосудистой системе, в составе крови. Поэтому необходимо ограничивать время пребывания человека в зоне действия электрического поля, создаваемого токами промышленной частоты напряжением выше 400 кВ.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» № 5802–91 и ГОСТ 12.1.002–84.

Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение всего рабочего дня. Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью 5...20 кВ/м

где Е – напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. При напряженности ЭП 20...25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин. Предельно допустимый уровень напряженности ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

При нахождени персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП время пребывания

где Тпр –приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч (Тпр ≤ 8 ч); tE1, tE2,…, tEn –время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E1, E2,…,En, TE1, TE2,…,TEn – допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

Влияние электрических полей переменного тока промышленной частоты в условиях населенных мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971–84. В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

– внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;

– на территории жилой застройки 1 кВ/м;

– в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;

– на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I–IV категории 10 кВ/м;

– в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м;

– в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения 20 кВ/м.

Воздействие электростатического поля (ЭСП) –статического электричества – на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). При этом электротравм никогда не наблюдается. Однако вследствие рефлекторной реакции на ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падении с высоты и т.д.

Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю ЦНС, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна и др. Характерны своеобразные «фобии», обусловленные страхом ожидаемого разряда, склонность к психосоматическим расстройствам с повышенной эмоциональной возбудимостью и быстрой истощаемостью, неустойчивость показателей пульса и артериального давления.

Нормирование уровней напряженности ЭСП осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.045–84 в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП Епред равен 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется. В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты (ч)

tдоп = Е2 пред / Е2факт,

где Ефакт–фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

Допустимые уровни напряженности ЭСП и плотности ионного потока для персонала подстанций и ВЛ постоянного тока ультравысокого напряжения установлены СН № 6032–91.

Магнитные поля могут быть постоянными (ПМП) от искусственных магнитных материалов и систем, импульсными (ИМП), инфранизко-частотными (с частотой до 50 Гц), переменными (ПеМП). Действие магнитных полей может быть непрерывным и прерывистым.

Степень воздействия магнитного поля (МП) на работающих зависит от максимальной напряженности его в рабочем пространстве магнитного устройства или в зоне влияния искусственного магнита. Доза, полученная человеком, зависит от расположения рабочего места по отношению к МП и режима труда. Каких-либо субъективных воздействий ПМП не вызывают. При действии ПеМП наблюдаются характерные зрительные ощущения, так называемые фосфены, которые исчезают в момент прекращения воздействия.

При постоянной работе в условиях хронического воздействия МП, превышающих предельно допустимые уровни, развиваются нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови. При преимущественно локальном воздействии могут развиваться вегетативные и трофические нарушения, как правило, в областях тела, находящегося под непосредственным воздействием МП (чаще всего рук). Они проявляются ощущением зуда, бледностью или синюшностью кожных покровов, отечностью и уплотнением кожи, в некоторых случаях развивается гиперкератоз (ороговелость).

В соответствии с СН 1742–77 напряженность МП на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м. Напряженность МП линии электропередачи напряжением до 750 кВ обычно не превышает 20...25 А/м, что не представляет опасности для человека.

Большую часть спектра неионизирующих электромагнитных излучений (ЭМИ) составляют радиоволны (3 Гц...3000 ГГц), меньшую часть –колебания оптического диапазона (инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое излучения). В зависимости от частоты падающего электромагнитного излучения ткани организмов проявляют различные электрические свойства и ведут себя как проводник или как диэлектрик.

С учетом радиофизических характеристик условно выделяют пять диапазонов частот: от единиц до нескольких тысяч Гц, от нескольких тысяч до 30 МГц, 30 МГц...10 ГГц, 10 ГГц... 200 ГГц и 200 ГГц...3000 ГГц.

Действующим началом колебаний первого диапазона являются протекающие токи соответствующей частоты через тело как хороший проводник; для второго диапазона характерно быстрое убывание с уменьшением частоты поглощения энергии, а следовательно, и поглощенной мощности; особенностью третьего диапазона является «резонансное» поглощение. У человека такой характер поглощения возникает при действии ЭМИ с частотой, близкой к 70 МГц; для четвертого и пятого диапазонов характерно максимальное поглощение энергии поверхностными тканями, преимущественно кожей.

В целом по всему спектру поглощение энергии ЭМИ зависит от частоты колебаний, электрических и магнитных свойств среды. При одинаковых значениях напряженности поля коэффициент поглощения в тканях с высоким содержанием воды примерно в 60 раз выше, чем в тканях с низким содержанием. С увеличением длины волны глубина проникновения электромагнитных волн возрастает; различие диэлектрических свойств тканей приводит к неравномерности их нагрева, возникновению макро - и микротепловых эффектов со значительным перепадом температур.

В зависимости от места и условий воздействия ЭМИ различают четыре вида облучения: профессиональное, непрофессиональное, облучение в быту и облучение, осуществляемое в лечебных целях, а по характеру облучения – общее и местное.

Степень и характер воздействия ЭМИ на организм определяются плотностью потока энергии, частотой излучения, продолжительностью воздействия, режимом облучения (непрерывный, прерывистый, импульсный), размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями организма, наличием сопутствующих факторов (повышенная температура окружающего воздуха, свыше 28 °С, наличие рентгеновского излучения). Наряду с интенсивностно-временными параметрами воздействия имеют значение режимы модуляции (амплитудный, частотный или смешанный) и условия облучения. Установлено, что относительная биологическая активность импульсных излучений выше непрерывных.

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ могут проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии явной патологии. Следствием поглощения энергии ЭМП является тепловой эффект. Избыточная теплота, выделяющаяся в организме человека, отводится путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции; начиная с определенного предела организм не справляется с отводом теплоты от отдельных органов и температура их может повышаться. Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), причем развитие катаракты является одним из немногих специфических поражений, вызываемых ЭМИ радиочастот в диапазоне 300 МГц...300 ГГц при плотности потока энергии (ППЭ) свыше 10 мВт/см2. Помимо катаракты при воздействии ЭМИ возможны ожоги роговицы.

Для длительного действия ЭМИ различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС с нерезко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов и состава крови. В связи с этим могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, урежение пульса, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМИ происходит стойкое снижение работоспособности.

В пределах радиоволнового диапазона доказана наибольшая биологическая активность микроволнового СВЧ-поля в сравнении с ВЧ и УВЧ.

Острые нарушения при воздействии ЭМИ (аварийные ситуации) сопровождаются сердечно-сосудистыми расстройствами с обмороками, резким учащением пульса и снижением артериального давления.

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона проводится по ГОСТ 12.1.006–84\* и Санитарным правилам и норам СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96. В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы, учитывающей энергетическую нагрузку.

В диапазоне частот 60 кГц...300 МГц интенсивность электромагнитного поля выражается предельно допустимой напряженностью Епд электрического и Нпд магнитного полей. Помимо напряженности нормируемым значением является предельно допустимая энергетическая нагрузка электрического ЭНЕ и магнитного ЭНн полей. Энергетическая нагрузка, создаваемая электрическим полем, равна ЭНЕ= Е2Т, магнитным –ЭНН= Н2T (где Т–время воздействия, ч).

Предельно допустимые значения Е и Н в диапазоне частот 60 кГц...300 МГц на рабочих местах персонала устанавливают исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия и могут быть определены по следующим формулам:

где ЭЕпд и ЭННпд –предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня, (В/м) 2 ч и (А/м) 2 ч (табл.3.15).

Таблица 3.15. Максимальные значения ЕПД, НПД, ЭНЕпд, ЭННпд

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Диапазоны частот. МГц |
| 0,03…3 | 3...30 | 30...300 |
| Епд, В/м | 500 | 300 | 80 |
| Нпд, А/м | 50 | – | – |
| ЭНЕпд (В/м) 2 ч | 20000 | 7000 | 800 |
| ЭННпд (А/м) 2 ч | 200 | – | – |

В диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц интенсивность ЭМИ характеризуется плотностью потока энергии (ППЭ); энергетическая нагрузка представляет собой произведение плотности потока энергии поля на время его воздействия Энппэ= ППЭ Т.

Предельно допустимые значения ППЭ электромагнитного поля

ППЭпд = kЭНппэпд/Т,

где k - коэффициент ослабления биологической эффективности, равный: 1 –для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антен; 10 – для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн; ЭНппэпд – предельно допустимая энергетическая нагрузка, равная 2 Вт·ч/м; Т–время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

Во всех случаях максимальное значение ППЭпд не должно превышать 10 Вт/м2, а при локальном облучении кистей рук 50 Вт/м2.

Установлены предельно допустимые уровни ЭМИ, создаваемого телевизионными установками в диапазоне частот 48,4...300 МГц (СанПиН 42-128-4262–87).

Инфракрасное излучение (ИК) – часть электромагнитного спектра с длиной волны λ = 780 нм...1000 мкм, энергия которого при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект. С учетом особенностей биологического действия ИК-диапазон спектра подразделяют на три области: ИК-А (780...1400 нм), ИК-В (1400...3000 нм) и ИК-С (3000 нм...1000 мкм). Наиболее активно коротковолновое ИК-излучение, так как оно обладает наибольшей энергией фотонов, способно глубоко проникать в ткани организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях. Например, интенсивность 70 Вт/м2 при длине волны λ = 1500 нм уже дает повреждающий эффект вследствие специфического воздействия лучистой теплоты (в отличие от конвекционной) на структурные элементы клеток тканей, на белковые молекулы с образованием биологически активных веществ.

Наиболее поражаемые у человека органы – кожный покров и органы зрения; при остром повреждении кожи возможны ожоги, резкое расширение артериокапилляров, усиление пигментации кожи; при хронических облучениях изменение пигментации может быть стойким, например, эритемоподобный (красный) цвет лица у рабочих – стеклодувов, сталеваров. К острым нарушениям органа зрения относятся ожог, конъюнктивы, помутнение и ожог роговицы, ожог тканей передней камеры глаза. При остром интенсивном ИК-излучении (100 Вт/см2 для λ = 780...1800 нм) и длительном облучении (0,08...0,4 Вт/см2) возможно образование катаракты. Коротковолновая часть ИК-излучения может фокусироваться на сетчатке, вызывая ее повреждение. ИК-излучение воздействует в частности на обменные процессы в миокарде, водно-электролитный баланс в организме, на состояние верхних дыхательных путей (развитие хронического ларингита, ринита, синуситов), не исключается мутагенный эффект ИК-облучения.

Нормирование ИК-излучения осуществляется по интенсивности допустимых интегральных потоков излучения с учетом спектрального состава, размера облучаемой площади, защитных свойств спецодежды для продолжительности действия более 50% смены в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 и Санитарными правилами и нормами СН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Видимое (световое) излучение – диапазон электромагнитных колебаний 780...400 нм. Излучение видимого диапазона при достаточных уровнях энергии также может представлять опасность для кожных покровов и органа зрения. Пульсации яркого света вызывают сужение полей зрения, оказывают влияние на состояние зрительных функций, нервной системы, общую работоспособность.

Широкополосное световое излучение больших энергий характеризуется световым импульсом, действие которого на организм приводит к ожогам открытых участков тела, временному ослеплению или ожогам сетчатки глаз (например, световое излучение ядерного взрыва). Минимальная ожоговая доза светового излучения колеблется 2,93...8,37 Дж/(см2∙с) за время мигательного рефлекса (0,15 с). Сетчатка может быть повреждена при длительном воздействии света умеренной интенсивности, недостаточной для развития термического ожога, например при воздействии голубой части спектра (400...550 нм), оказывающей на сетчатку специфическое фотохимическое воздействие.

Оптическое излучение видимого и инфракрасного диапазона при избыточной плотности может приводить к истощению механизмов регуляции обменных процессов, особенно к изменениям в сердечной мышце с развитием дистрофии миокарда и атеросклероза.

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) –спектр электромагнитных колебаний с длиной волны 200...400 нм. По биологическому эффекту выделяют три области УФИ: УФА–с длиной волны 400...280 нм, отличается сравнительно слабым биологическим действием; УФБ – с длиной волны 315...280 нм, обладает выраженным загарным и антирахитическим действием; УФС – с длиной волны 280... 200 нм, активно действует на тканевые белки и липиды, обладая выраженным бактерицидным действием.

Ультрафиолетовое излучение, составляющее приблизительно 5% плотности потока солнечного излучения,–жизненно необходимый фактор, оказывающий благотворное стимулирующее действие на организм. Ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным воздействиям вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого выведения вредных веществ из организма. Под воздействием УФИ оптимальной плотности наблюдали более интенсивное выведение марганца, ртути, свинца; оптимальные дозы УФИ активизируют деятельность сердца, обмен веществ, повышают активность ферментов дыхания, улучшают кроветворение. Однако загрязнение атмосферы больших городов понижает ее прозрачность для УФИ, ограничивая его благотворное влияние на население.

Ультрафиолетовое излучение искусственных источников (например, электросварочных дуг, плазмотронов) может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений. Наиболее уязвимы глаза, причем страдает преимущественно роговица и слизистая оболочка. Острые поражения глаз, так называемые электроофтальмии, представляют собой острый конъюнктивит, или кератоконъюнктивит. Заболевание проявляется ощущением постороннего тела или песка в глазах, светобоязнью, слезотечением. Нередко наблюдается эритема кожи лица и век. К хроническим заболеваниям относят хронический конъюктивит, блефарит, катаракту. Роговица глаза наиболее чувствительна к излучению волны длиной 270...280 нм; наибольшее воздействие на хрусталик оказывает излучение в диапазоне 295...320 нм. Возможность поражающего действия УФА на сетчатку невелика, однако, не исключена.

Кожные поражения протекают в форме острых дерматитов с эритемой, иногда отеком и образованием пузырей. Могут возникнуть общетоксические явления с повышением температуры, ознобом, головными болями. На коже после интенсивного УФ-облучения развивается гиперпигментация и шелушение. Длительное воздействие УФ-лучей приводит к «старению» кожи, атрофии эпидермиса, возможно развитие злокачественных новообразований. При повторном воздействии УФИ имеет место кумуляция биологических эффектов.

В комбинации с химическими веществами УФИ приводит к фотосенсибилизации –повышенной чувствительности организма к свету с развитием фототоксических и фотоаллергических реакций. Фотоаллергия проявляется в виде экзематозных реакций, образования узелково-папулезной сыпи на коже и слизистых. Фотоаллергия может приводить к стойкому повышению чувствительности организма к УФИ даже в отсутствие фотосенсибилизатора. Канцерогенный эффект УФИ для кожи зависит от дозы регулярного УФ-облучения и некоторых других сопутствующих факторов (диеты, приема лекарственных препаратов, температуры кожи малые дозы УФИ представляют относительно небольшую опасность.

Гигиеническое нормирование УФИ в производственных помещениях осуществляется по СН 4557–88, которые устанавливают допустимые плотности потока излучения в зависимости от длины волн при условии защиты органов зрения и кожи.

Допустимая интенсивность УФ-облучения работающих при незащищенных участках поверхности кожи не более 0,2 м2 (лицо, шея, кисти рук и др.) общей продолжительностью воздействия излучения 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должно превышать 10 Вт/м2 для области УФА и 0,01 Вт/м2 –для области УФВ. Излучение в области УФС при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилка, кожи, тканей с пленочным покрытием и т.п.), допустимая интенсивность облучения в области УФВ + УФС (200...315 нм) не должна превышать 1 Вт/м2.

Лазерное излучение (ЛИ) представляет собой особый вид электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1. .1000 мкм. Отличие ЛИ от других видов излучения заключается в монохроматичности, когерентности и высокой степени направленности. При оценке биологического действия следует различать прямое, отраженное и рассеянное ЛИ. Эффекты воздействия определяются механизмом взаимодействия ЛИ с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. ЛИ с длиной волны 380...1400 нм представляет наибольшую опасности для сетчатки глаза, а излучение с длиной волны 180...380 нм и свыше 1400 нм – для передних сред глаза.

Повреждение кожи может быть вызвано лазерным излучением любой длины волны в спектральном диапазоне λ= 180...100 000 нм. При воздействии ЛИ в непрерывном режиме преобладают в основном тепловые эффекты, следствием которых является коагуляция (свертывание) белка, а при больших мощностях –испарение биоткани. Степень повреждения кожи зависит от первоначально поглощенной энергии. Повреждения могут быть различными: от покраснения до поверхностного обугливания и образования глубоких дефектов кожи; значительные повреждения развиваются на пигментированных участках кожи (родимых пятнах, местах с сильным загаром). Минимальное повреждение кожи развивается при плотности энергии 0,1...1 Дж/см2.

Лазерное излучение особенно дальней инфракрасной области (свыше 1400 нм) способно проникать через ткани тела на значительную глубину, поражая внутренние органы (прямое ЛИ).

Импульсный режим воздействия ЛИ с длительностью импульса меньше 10-2 с связан с преобразованием энергии излучения в энергию механических колебаний, в частности, ударной волны. Ударная волна состоит из группы импульсов различной длительности и амплитуды. Максимальную амплитуду имеет первый импульс сжатия, который является определяющим в возникновении повреждения глубоких тканей. Например, прямое облучение поверхности брюшной стенки вызывает повреждение печени, кишечника и других органов брюшной полости; при облучении головы возможны внутричерепные и внутримозговые кровоизлияния. Обычно различают локальное и общее повреждения организма.

Лазерное излучение представляет особую опасность для тех тканей, которые максимально поглощают излучение. Сравнительно легкая уязвимость роговицы и хрусталика глаза, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии (мощности) излучения видимого и ближнего ИК-диапазона (750...14000 нм) на глазном дне до 6 • 104 раз по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом. Степень повреждения глаза может изменяться от слабых ожогов сетчатки до полной потери зрения.

Повреждения сетчатки дифференцируют на временные нарушения, например ослепление от высокой яркости световой вспышки при плотности излучения на роговице около 150 Вт/см2, и повреждения, сопровождающиеся разрушением сетчатки в форме термического ожога с необратимыми повреждениями или в виде «взрыва» зерен пигмента меланина, причем сила взрыва такова, что зерна пигмента выбрасываются в стекловидное тело.

Степень повреждения радужной оболочки ЛИ в значительной мере зависит от ее окраски. Зеленые и голубые глаза более уязвимы, чем карие. Длительное облучение глаза в диапазоне близкого инфракрасного ЛИ может привести к помутнению хрусталика; воздействие ЛИ ультрафиолетового диапазона (200...400 нм) поражает роговицу, развивается кератит. Наибольшим фотокератическим действием обладает излучение с длиной волны 280 нм. Излучение с длиной волны 320 нм почти полностью поглощается в роговице и в передней камере глаза, а с длиной волны 320...390 нм –в хрусталике.

Длительное хроническое действие диффузно отраженного лазерного излучения вызывает неспецифические, преимущественно вегетативно-сосудистые нарушения; функциональные сдвиги могут наблюдаться со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, желез внутренней секреции.

При нормировании Л И устанавливают предельно допустимые уровни ЛИ для двух условий облучения – однократного и хронического, для всex диапазонов длин волн: 180...300 нм, 380...1400 нм, 1400...100 000 нм. Нормируемыми параметрами являются энергетическая экспозиция Н и облученность Е.

Гигиеническая регламентация ЛИ производится по Санитарным нормам и правилам устройства и эксплуатации лазеров – СН 5804– 91.

Для определения ПДУ (Нпду и Епду) при воздействии ЛИ на кожу усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром 1,1∙103 м (площадь апертуры Sa = 10-6 м2). Для определения Нпду и Епду при воздействии ЛИ на глаза в диапазонах 180...380 нм и 1400...100 000 нм усреднение производится также по апертуре диаметром 1,1∙10-3 м, в диапазоне 380...1400 нм –по апертуре диаметром 7∙10-3 м.

Нормируются также энергия W и мощность Р излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры. ПДУ ЛИ существенно различаются в зависимости от длины волны, длительности одиночного импульса, частоты следования импульсов; установлены раздельные ПДУ при воздействии на глаза и кожу.

В зависимости от выходной энергии (мощности) и ПДУ при однократном воздействии генерируемого излучения по степени опасности лазеры разделяют на четыре класса. К лазерам I класса относят полностью безопасные лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи. У лазеров II класса выходное излучение представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком (пучком, заключенным в ограниченном телесном угле); диффузно отраженное их излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.

Выходное излучение лазеров III класса представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным пучком. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующее излучение которых в спектральном диапазоне составляет 380...1400 нм.

К лазерам IV класса относят такие лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

3.2.4. Ионизирующие излучения

Ионизирующее излучение вызывает в организме цепочку обратимых и необратимых изменений. Пусковым механизмом воздействия являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Диссоциация сложных молекул в результате разрыва химических связей – прямое действие радиации. Существенную роль в формировании биологических эффектов играют радиационно-химические изменения, обусловленные продуктами радиолиза воды. Свободные радикалы водорода и гидроксильной группы, обладая высокой активностью, вступают в химические реакции с молекулами белка, ферментов и других элементов биоткани, что приводит к нарушению биохимических процессов в организме. В результате нарушаются обменные процессы, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные организму. Это приводит к нарушению деятельности отдельных функций и систем организма.

Индуцированные свободными радикалами химические реакции развиваются с большим выходом, вовлекая в процесс сотни и тысячи молекул, не задействованных излучением. В этом состоит специфика действия ионизирующего излучения на биологические объекты. Эффекты развиваются в течение разных промежутков времени: от нескольких секунд до многих часов, дней, лет.

Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, анамалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Острые поражения развиваются при однократном равномерном гамма-облучении всего тела и поглощенной дозе выше 0,25 Гр. При дозе 0,25...0,5 Гр могут наблюдаться временные изменения в крови, которые быстро нормализуются. В интервале дозы 0,5...1,5 Гр возникает чувство усталости, менее чем у 10% облученных может наблюдаться рвота, умеренные изменения в крови. При дозе 1,5...2,0 Гр наблюдается легкая форма острой лучевой болезни, которая проявляется продолжительной лимфопенией, в 30...50 случаев–рвота в первые сутки после облучения. Смертельные исходы не регистрируются.

Лучевая болезнь средней тяжести возникает при дозе 2,5...4,0 Гр. Почти у всех облученных в первые сутки наблюдаются тошнота, рвота, резко снижается содержание лейкоцитов в крови, появляются подкожные кровоизлияния, в 20% случаев возможен смертельный исход, смерть наступает через 2...6 недель после облучения. При дозе 4,0...6,0 Гр развивается тяжелая форма лучевой болезни, приводящая в 50% случаев к смерти в течение первого месяца. При дозах, превышающих 6,0 Гр, развивается крайне тяжелая форма лучевой болезни, которая почти в 100% случаев заканчивается смертью вследствие кровоизлияния или инфекционных заболеваний. Приведенные данные относятся к случаям, когда отсутствует лечение. В настоящее время имеется ряд противолучевых средств, которые при комплексном лечении позволяют исключить летальный исход при дозах около 10 Гр.

Хроническая лучевая болезнь может развиться при непрерывном или повторяющемся облучении в дозах, существенно ниже тех, которые вызывают острую форму. Наиболее характерными признаками хронической лучевой болезни являются изменения в крови, ряд симптомов со стороны нервной системы, локальные поражения кожи, поражения хрусталика, пневмосклероз (при ингаляции плутония-239), снижение иммунореактивности организма.

Степень воздействия радиации зависит от того, является облучение внешним или внутренним (при попадании радиоактивного изотопа внутрь организма). Внутреннее облучение возможно при вдыхании, заглатывании радиоизотопов и проникновении их в организм через кожу. Некоторые вещества поглощаются и накапливаются в конкретных органах, что приводит к высоким локальным дозам радиации. Кальций, радий, стронций и другие накапливаются в костях, изотопы йода вызывают повреждение щитовидной железы, редкоземельные элементы – преимущественно опухоли печени. Равномерно распределяются изотопы цезия, рубидия, вызывая угнетение кроветворения, атрофию семенников, опухоли мягких тканей. При внутреннем облучении наиболее опасны альфа-излучающие изотопы полония и плутония.

Способность вызывать отдаленные последствия – лейкозы, злокачественные новообразования, раннее старение – одно из коварных свойств ионизирующего излучения.

Гигиеническая регламентация ионизирующего излучения осуществляется Нормами радиационной безопасности НРБ-96, Гигиеническими нормативами ГН 2.6.1.054-96. Основные дозовые пределы облучения и допустимые уровни устанавливаются для следующих категорий облучаемых лиц:

– персонал – лица, работающие с техногенными источниками (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);

– все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливают три класса нормативов: основные дозовые пределы, табл.3.16, допустимые уровни, соответствующие основным дозовым пределам и контрольные уровни.

Таблица 3.16. Основные дозовые пределы облучения (извлечение из

НРБ-96)

|  |  |
| --- | --- |
| Нормируемые величины | Дозовые пределы, мЗв |
| лица из персонала\* (группа А)  | лица из населения |
| Эффективная дозаЭквивалентная доза за год в: хрусталике коже\*\* кистях и стопах | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год150 500 500 | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год15 50 50 |

\* Дозы облучения, как и все остальные допустимые производные уровни персонала группы Б, не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводился только для группы А.

\*\* Относится к среднему значению в покровном слое толщиной 5 мг/см2 На ладонях толщина покровного слоя – 40 мг/см.

Доза эквивалентная НТ,r – поглощенная доза в органе или ткани DT,R, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного излучения WR.

HT,R = WRDT,R.

Единицей измерения эквивалентной дозы является Дж∙кг-1, имеющий специальное наименование зиверт (Зв).

Значения WR для фотонов, электронов и мюонов любых энергий составляет 1, для α-частиц, осколков деления, тяжелых ядер-20.

Доза эффективная – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе Hτt на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани WT

где Нrt–эквивалентная доза в ткани Т за время τ.

τТ Единица измерения эффективной дозы–Дж∙кг-1, называемая зивертом (Зв).

Значения WT для отдельных видов ткани и органов приведены ниже:

|  |  |
| --- | --- |
| Вид ткани, орган | WT |
| гонады  | 0,2 |
| костный мозг (красный), легкие, желудок | 0,12 |
| печень, грудная железа, щитовидная железа | 0,05 |
| кожа | 0,01 |

Основные дозовые пределы облучения лиц из персонала и населения не включают в себя дозы от природных и медицинских источников ионизирующего излучения, а также дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Интервал времени для определения величины ожидаемой эффективной дозы устанавливается равным 50 лет для лиц из персонала и 70 лет –для лиц из населения.

Таблица 3.17. Допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения

рабочих поверхностей кожи (в течение рабочей смены), (извлечение из

НРБ-96) спецодежды и средств индивидуальной защиты, част.

/(см2∙мин)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект загрязнения | α-Активные нуклиды | β-Активные нуклиды |
| отдельные | прочие |
| Неповрежденная кожа, полотенца, спец-белье, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты | 2 | 2 | 200 |
| Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, наружная поверхность спецобуви | 5 | 20 | 2000 |
| Наружная поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, снимаемой в саншлюзах | 50 | 200 | 10000 |
| Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования | 5 | 20 | 2000 |
| Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования | 50 | 200 | 10000 |

Помимо дозовых пределов облучения нормы устанавливают допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении всего тела от техногенных источников, которые составляют для помещений постоянного пребывания лиц из персонала 10 мкГр/ч, а для жилых помещений и территории, где постоянно находятся лица из населения, – 0,1 мкГр/ч, а также допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи (в течение рабочей смены), спецодежды и средств индивидуальной защиты. Числовые значения допустимых уровней общего радиоактивного загрязнения приведены в табл.3.17.

Нормы НРБ-96 введены в действие с апреля 1996 г. Для вновь строящихся, проектируемых и реконструируемых предприятий (объектов) значения основных дозовых пределов, приведенных в табл.3.16, уже вступили в силу.

Для действующих предприятий понятие категорий облучаемых лиц, персонала и основные дозовые пределы облучения вводятся с 1 января 2000 г.

На период до 1 января 2000 г следует руководствоваться понятиями категорий облучаемых лиц и таблицей основных дозовых пределов по НРБ 76/87.

Ниже приводятся основы нормирования ионизирующих излучений по НРБ 76/87, так как большинство действующих объектов до 1 января 2000 г. будут руководствоваться этими нормами радиационной безопасности.

Основные дозовые пределы облучения и допустимые уровни устанавливаются для трех категорий облучаемых лиц:

- категория А облучаемых лиц или персонал – лица. которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений;

- категория Б облучаемых лиц. или ограниченная часть населения –лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения; уровень облучения лиц категории Б определяется по критической группе;

- категория В облучаемых лиц или население - – население страны, края, области.

Установлены разные значения основных дозовых пределов для критических органов, которые в порядке убывания радиочувстетельности относят к I, II или III группам (критический орган или часта тела, облучение которого в данных условиях неравномерного облучения организма может причинить наибольший ущерб здоровью данного лица или его потомства): I группа – все тело, гонады и красный костный мозг; II группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, за исключением тех, которые относятся к I и III группам; III группа–кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы При сравнительно равномерном облучении организма ущерб здоровью рассматривается по уровню облучения всего тела, что соответствует I группе критических органов.

Для каждой категории облучаемых лиц устанавливают два класса нормативов: основные дозовые пределы и допустимые уровни, соответствующие основным дозовым пределам. В качестве основных дозовых пределов в зависимости от группы критических органов для категории А (персонал) устанавливают предельно допустимую дозу за календарный год - – ПДД. а для категории Б (ограниченная часть населения) – предел дозы за календарный год – ПД (табл.3.18). Основные дозовые пределы устанавливаются для индивидуальной максимальной эквивалентной дозы в критическом органе.

Таблица 3.18. Основные дозовые пределы облучения (извлечение из

НРБ-76/87)

|  |  |
| --- | --- |
| Дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения, бэр за календарный год | Группы критических органов |
| I | II | III |
| Предельно допустимая доза (ПДД) для категории А Предел дозы (ПД) для категории Б(ПД)  | 5 0,5 | 15 1,5 | 30 3 |

Примечание. Распределение дозы излучения в течение календарного года не регламентируется (за исключением женщин в возрасте до 40 лет, отнесенных к категории А) 1 бэр = 1 Зв.

3.2.5. Электрический ток

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывая в них значительные функциональные расстройства. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, в нарушении ее физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также многовенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов.

Электротравмы условно разделяют на общие и местные. К общим относят электрический удар, при котором процесс возбуждения различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией – хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл). К местным травмам относят ожоги, металлизацию кожи, механические повреждения, электроофтальмии. Металлизация кожи связана с проникновением в нее мельчайших частиц металла при его расплавлении под влиянием чаще всего электрической дуги.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе – от частоты колебаний.

Ток, проходящий через организм, зависит от напряжения прикосновения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. Величина последнего определяется в основном сопротивлением рогового слоя кожи, составляющее при сухой коже и отсутствии повреждений сотни тысяч ом. Если эти условия состояния кожи не выполняются, то ее сопротивление падает до 1 кОм. При высоком напряжении и значительном времени протекания тока через тело сопротивление кожи падает еще больше, что приводит к более тяжелым последствиям поражения током. Внутреннее сопротивление тела человека не превышает нескольких сот ом и существенной роли не играет.

На сопротивление организма воздействию электрического тока оказывает влияние физическое и психическое состояние человека. Нездоровье, утомление, голод, опьянение, эмоциональное возбуждение приводят к снижению сопротивления. Характер воздействия тока на человека в зависимости от силы и вида тока приведен в табл.3. 19.

Таблица 3. 19. Характер воздействия тока на человека (путь тока рука –

нога, напряжение 220 В)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ток, мА | Переменный ток, 50 Гц | Постоянный ток |
| 0,6...1,5 | Начало ощущения, легкое дрожание пальцев | Ощущений нет |
| 2,0...2,5 | Начало болевых ощущений | То же |
| 5,0...7,0 | Начало судорог в руках | Зуд, ощущение нагрева |
| 8,0...10,0 | Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов | Усиление ощущения нагрева |
| 20,0. .,25,0 | Сильные судороги и боли, неотпускающий ток, дыхание затруднено | Судороги рук, затруднение дыхания |
| 50,0...80,0 | Паралич дыхания | То же |
| 90,0...100,0 | Фибрилляция сердца при действии тока в течение 2–3 с, паралич дыхания | Паралич дыхания при длительном протекании тока |
| 300,0 | То же, за меньшее время | Фибрилляция сердца через 2–3 с, паралич дыхания |

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10с – 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА. Ток, при котором пострадавший не может самостоятельно оторваться от токоведущих частей, называется неотпускающим.

Переменный ток опаснее постоянного, однако, при высоком напряжении (более 500 В) опаснее постоянный ток. Из возможных путей протекания тока через тело человека (голова –рука, голова –ноги, рука –рука, нога –рука, нога –нога и т.д.) наиболее опасен тот, при котором поражается головной мозг (голова–руки, голова– ноги), сердце и легкие (руки –ноги). Неблагоприятный микроклимат (повышенная температура, влажность) увеличивает опасность поражения током, так как влага (пот) понижает сопротивление кожных покровов.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038–82\* устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека (рука – рука, рука – нога) при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц (табл.3. 20).

Таблица 3. 20. Предельно допустимые уровни напряжения и тока.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Род тока | Нормируемая величина | Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока, Iа, с.  |
| Переменный,50 ГцПеременный,400 ГцПостоянныйВыпрямленный двухполупериодичныйВыпрямленный однополупереодичный | Ua, BIa, мАUa, BIa, мАUa, BIa, мАUa, BUa, B | 0,01… 0,08 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | Св.1,0 |
| 650650650650650 | 500500500500500 | 250500400400400 | 165330350300300 | 125250300270250 | 100200250230200 | 85170240220190 | 70140230210180 | 65100220200170 | 55110210190160 | 50100200180150 | 3663684015–– |

3.2.6. Сочетанное действие вредных факторов

В условиях среды обитания, особенно в производственных условиях, человек подвергается, как правило, многофакторному воздействию, эффект которого может оказаться более значительным, чем при изолированном действии того или иного фактора.

Установлено, что токсичность ядов в определенном температурном диапазоне является наименьшей, усиливаясь как при повышении, так и понижении температуры воздуха. Главной причиной этого является изменение функционального состояния организма: нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение биохимических процессов. Учащение дыхания и усиление кровообращения приводят к увеличению поступления яда в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути Усиление токсического действия при повышенных температурах воздуха отмечено в отношении многих летучих ядов: паров бензина, паров ртути, оксидов азота и др. Низкие температуры повышают токсичность бензола, сероуглерода и др.

Повышенная влажность воздуха увеличивает опасность отравлений особенно раздражающими газами. Причиной этого служит усиление процессов гидролиза, повышение задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменение агрегатного состояния ядов. Растворение ядов с образованием слабых растворов кислот и щелочей усиливает их раздражающее действие.

Изменение атмосферного давления также влияет на токсический эффект. При повышенном давлении усиление токсического эффекта происходит вследствие двух причин: во-первых, наибольшего поступления ядов вследствие роста парциального давления газов и паров в атмосферном воздухе и ускоренного перехода их в кровь, во-вторых, за счет изменения функций дыхания, кровообращения, ЦНС и анализаторов. Пониженное атмосферное давление усиливает воздействие таких ядов, как бензол, алкоголь, оксиды азота, ослабляется токсическое действие озона.

Из множества сочетаний неблагоприятных факторов наиболее часто встречаются пылегазовые композиции. Газы адсорбируются на поверхности частиц и захватываются внутрь их скоплений. При этом локальная концентрация адсорбированных газов может превышать их концентрацию непосредственно в газовой фазе. Токсичность аэрозолей в значительной мере зависит от адсорбированных или содержащихся в них газов. Токсичность газоаэрозольных композиций подчиняется следующему правилу: если аэрозоль проникает в дыхательные пути глубже, чем другой компонент смеси, то отмечается усиление токсичности. Токсичность смесей зависит не только от глубины проникновения в легкие, но и от скорости адсорбции и, главное, десорбции яда с поверхности частиц. Десорбция происходит в дыхательных путях и альвеолах и ее активность связана с физико-химическими свойствами поверхности аэрозолей и свойствами газов. Адсорбция тем выше, чем меньше молекула газа. При значительной связи газа с аэрозолем (капиллярная конденсация, хемосорбция) комбинированный эффект обычно ослабляется.

Рассматривая сочетанное действие неблагоприятных факторов физической и химической природы, следует отметить, что на высоких уровнях воздействия наблюдаются потенцирование, антагонизм и независимый эффект. На низких уровнях, как правило, наблюдаются аддитивные зависимости. Известно усиление эффекта токсического действия свинца и ртути, бензола и вибрации, карбофоса и ультрафиолетового излучения, шума и марганецсодержащих аэрозолей.

Шум и вибрация всегда усиливают токсический эффект промышленных ядов. Причиной этого является изменение функционального состояния ЦНС и сердечно-сосудистой системы. Шум усиливает токсический эффект оксида углерода, стирола, крекинг-газа и др. Вибрация, изменяя реактивность организма, повышает его чувствительность к другим факторам, например, кобальту, кремниевым пылям, дихлорэтану; оксид углерода более токсичен в сочетании с вибрацией.

Ультрафиолетовое излучение, оказывая влияние на взаимодействие газов в атмосферном воздухе, способствует образованию смога. При ультрафиолетовом облучении возможна сенсибилизация организма к действию некоторых ядов, например развитие фотодерматита при загрязнении кожи пековой пылью. Вместе с тем ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным веществам вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого обезвреживания яда. Так, токсичность оксида углерода при ультрафиолетовом облучении снижается благодаря ускоренной диссоциации карбоксигемоглобина и более быстрого выведения яда из организма.

Большое практическое значение имеет проблема комбинированного влияния ионизирующего излучения и химического фактора. Особенно злободневны два аспекта этой проблемы: первый – уменьшение разрушающего действия радиации путем одновременного воздействия вредного вещества, используя явление антагонизма. Например, установлено, что острое воздействие ядов, вызывающее в организме гипоксию (снижение кислорода в тканях) и одновременное и последовательное действие ионизирующей радиации сопровождается ослаблением тяжести радиационного поражения, т.е. способствует большей радиоустойчивости организма. Такой эффект замечен для оксида углерода, анилина, цианидов, а также веществ, относящихся к классу индолилалкиламинов, производных триптофана (серотонин, мексамин). К другой группе веществ, снижающих радиочувствительность биологических тканей, относятся меркаптоалкиламины. Защитное действие гипоксии и некоторых веществ наиболее выражено при воздействии гамма - и рентгеновского излучения, при нейтронном облучении, при облучении тяжелыми ядрами.

Второй аспект – усиление эффекта действия вследствие синергизма радиационного воздействия и теплоты, радиации и кислорода. К числу радиосенсибилизирующих относятся ртуть и ее соединения, формальдегид, вещества, относящиеся к сульфгидрильным ядам.

Тяжелый физический труд сопровождается повышенной вентиляцией легких и усилением скорости кровотока, что приводит к увеличению количества яда, поступающего в организм. Кроме того, интенсивная физическая нагрузка может приводить к истощению механизмов адаптации с последующим развитием профессионально обусловленных заболеваний.

Оценивая сочетанное влияние неблагоприятных факторов на организм, следует иметь в виду, что, как правило, ранние изменения в организме неспецифичны для действия какого-либо из них и отражают лишь срыв приспособительных реакций. При продолжающемся воздействии сверхдозовых уровней растет частота профессионально обусловленных общих заболеваний или формируются различные формы профессиональных заболеваний.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействием физических факторов, относятся: вегетативно-сосудистая дистония, астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы (связаны с воздействием неионизирующих излучений), вибрационная болезнь, кохлеарный неврит (при систематическом воздействии производственного шума), электроофтальмия, катаракта и др.

Достаточно часто встречаются профессиональные заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем, например, писчий спазм у машинисток, чертежников, стенографисток, заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата – у доярок ручной дойки, кузнецов и обрубщиков, лесозаготовителей, маляров.

# 5. СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ТРАВМООПАСНОСТИТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

# 5.1. ВЗРЫВОЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ни одно производство не обходится без использования систем повышенного давления (трубопроводов, баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газгольдеров и т.д.). Любые системы повышенного давления всегда представляют потенциальную опасность.

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т.д.

Взрывозащита систем повышенного давления достигается организационно-техническими мероприятиями; разработкой инструктивных материалов, регламентов, норм и правил ведения технологических процессов; организацией обучения и инструктажа обслуживающего персонала; осуществлением контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности, пожарной безопасности и т.п. Кроме того, оборудование повышенного давления должно быть оснащено системами взрывозащиты, которые предполагают:

– применение гидрозатворов, огнепреградителей, инертных газов или паровых завес;

– защиту аппаратов от разрушения при взрыве с помощью устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны, быстродействующие задвижки, обратные клапаны и т.д.).

Рассмотрим средства обеспечения безопасности основных элементов систем повышенного давления.

Чтобы внешний вид трубопровода указывал на свойства транспортируемого вещества, введена их опознавательная окраска (ГОСТ 14202–69):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вода... ... ...  | зеленый | Кислоты... ... ...  | оранжевый |
| Пар... ... .  | красный | Щелочи... ... ...  | фиолетовый |
| Воздух... ... ...  | синий | Горючие и негорючие жидкости | коричневый |
| Горючие и негорючие газы | желтый | Прочие вещества... . .  | серый |

Для выделения вида опасностей на трубопроводы наносят предупреждающие (сигнальные) цветные кольца, количество которых определяет степень опасности. Так, на трубопроводы взрывоопасных, огнеопасных, легковоспламеняющихся веществ наносят красные кольца, безопасных или нейтральных веществ –зеленые, токсичных веществ –желтые. Для обозначения глубокого вакуума, высокого давления, наличия радиации используют также желтый цвет.

Все трубопроводы подвергают гидравлическим испытаниям при пробном давлении на 25% выше рабочего, но не менее 0,2 МПа.

Кроме испытаний водой на прочность газопроводы, а также трубопроводы для токсичных газов испытывают на герметичность воздухом при пробном давлении, равном рабочему. Отсутствие утечки воздуха из соединений проверяют мыльным раствором или погружением узлов в ванну с водой.

Газопроводы прокладывают с небольшим уклоном в сторону движения газа, а буферную емкость снабжают в нижней части спускной трубой с краном для систематического удаления водяного конденсата и масла. Паропроводы снабжают конденсатоотводчиками, которые позволяют предотвратить возникновение гидравлических ударов и пробок. Во избежание возникновения напряжений от тепловых деформаций, особенно в наземных газопроводах, устраивают специальные компенсаторы в виде П-образного участка.

Трубопроводы со сжиженными газами прокладывают на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов с горячим рабочим телом, при этом последние изолируют, а трубопроводы с легко замерзающими газами монтируют рядом с паропроводами и трубопроводами горячей воды. Для предотвращения ожогов кислотами и щелочами фланцевые соединения трубопроводов закрывают защитными кожухами. Трубопроводы для транспортирования жидкого и газообразного кислорода периодически, а также после каждого ремонта обезжиривают.д.ля обезжиривания используют тетрахлорид углерода, трихлорэтилен или тетрахлорэтилен.

Трубопроводы, по которым в зону реакции к аппарату или устройству подается горючее и окислитель, оборудуют специальными устройствами: автоматическими задвижками, обратными клапанами, гидравлическими затворами, огне - и взрывопреградителями. Обратные клапаны препятствуют обратному ходу потока рабочего тела в случае начала процесса горения и появления противодавления (рис.5.1). Предохранительные затворы применяют в генераторах ацетилена для исключения обратного проскока пламени от газовой горелки сварочного агрегата в генератор (рис.5.2).

Стационарные сосуды, баллоны для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов: баллоны (ГОСТ 949–73\*) изготовляют малой (0,4...12 л), средней (20...50 л) и большой (80... .500 л) вместимости. Баллоны малой и средней вместимости изготовляют из углеродистой стали на рабочее давление 10, 15 и 20 МПа, из легированной стали –на 15 и 20 МПа. У горловины каждого баллона на сферической части выбивают следующие данные: товарный знак предприятия-изготовителя, дату (месяц и год) изготовления (последнего испытания) и год следующего испытания; вид термообработки (нормализация, закалка с отпуском); рабочее и пробное гидравлическое давление (мПа); вместимость баллона, л; массу баллона, кг; клеймо ОТК; обозначение действующего стандарта.

Наружная поверхность баллонов окрашивается в определенный цвет, на нее наносится соответствующая надпись и сигнальная полоса. Окраска баллонов для наиболее часто используемых промышленных газов приведена ниже:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Газ | Окраска баллонов | Надпись | Цвет надписи | Цвет полосы |
| Азот | Черная | Азот | Желтый | Коричневый |
| Аммиак | Желтая | Аммиак | Черная | Тоже |
| Аргон, чистый | Серая | Аргон, чистый | Зеленый | Зеленый |
| Ацетилен | Белая | Ацетилен | Красный | Красный |
| Водород | Темно-зеленая | Водород | . Красный | Красный |
| Воздух | Черная | Сжатый воздух | Белый | Белый |
| Гелий | Коричневая | Гелий | Белый | Белый |
| Кислород | Голубая | Кислород | Черный | Черный |
| Диоксид углерода | Черная | Диоксид углерода | Желтый | Желтый |

Для горючих и негорючих газов, не обозначенных в ПБ10-–115-–96 (Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением), предусмотрена следующая гамма цветов:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Газы | Окраска баллонов | Надпись | Цвет надписи | Цвет полосы |
| Все другие горючие газы | Красная | Наименование газа | Белый | Белый |
| Все другие негорючие газы | Черная | Наименование газа | Желтый | Желтый |

Сигнальная окраска баллонов и цистерн позволяет исключить образование смеси «горючее – окислитель» вследствие заполнения емкостей рабочим телом, для которого они не предназначены.

Для предотвращения проникновения в опорожненный баллон посторонних газов, а также для определения (в необходимых случаях), какой газ находится в баллоне, или герметичности баллона и его арматуры заводы-наполнители принимают опорожненные баллоны с остаточным давлением не менее 0,05 МПа, а баллоны для растворенного ацетилена –не менее 0,05 и не более 0,1 МПа.

Взрыв ацетиленовых баллонов может быть вызван старением пористой массы (активированного угля в ацетоне), в которой растворяется ацетилен. Образование смеси горючее – окислитель в кислородных баллонах чаще всего связано с попаданием в его вентиль масел; в водородных–с загрязнением их кислородом, а также с появлением в них окалины.

Действующие в настоящее время Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ–115–96), распространяются на:

– сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115 °С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа, без учета гидростатического давления;

– сосуды, работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;

– баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;

– цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа;

– цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически для их опорожнения;

– барокамеры.

Правила не распространяют своего действия на:

– сосуды, изготавливаемые в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», утвержденными Госатомэнергонадзором России, а также сосуды, работающие с радиоактивной средой;

– сосуды вместимостью не более 0,025 м3 независимо от давления, используемые для научно-экспериментальных целей;

– сосуды и баллоны вместимостью не более 0,025 м3, у которых произведение давления в МПа на вместимость в м3 не превышает 0,02;

– сосуды, работающие под давлением, создающимся при взрыве внутри их в соответствии с технологическим процессом;

– сосуды, работающие под вакуумом;

– сосуды, состоящие из труб с внутренним диаметром не более 150 мм без коллекторов, а также с коллекторами; выполненными из труб с внутренним диаметром не более 150 мм, а также ряд других типов сосудов (сосуды, устанавливаемые на морских и речных судах, самолетах и других летательных аппаратах; воздушные резервуары тормозного оборудования подвижного состава железнодорожного транспорта, автомобилей и других средств передвижения; сосуды специального назначения военного ведомства и т.д.);

– сосуды, на которые распространяется действие «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», до пуска их в эксплуатацию должны быть зарегистрированы в органах Госгортехнадзора России. Исключение составляют:

– сосуды 1-й группы, работающие при температуре стенки не выше 200° С, у которых произведение давления в МПа на вместимость в м3 не превышает 0,05, а также сосуды 2-й, 3-й, 4-й групп, работающие при указанной выше температуре, у которых произведение давления в МПа на вместимость в м3 не превышает 0,1 (к первой группе относятся сосуды, содержащие взрывоопасные и пожароопасные среды, или вещества 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007 независимо от температуры стенки и расчетного давления (выше 0,07 МПа).2-я, 3-я, 4-я группы сосудов определяются расчетным давлением и температурой стенки, при условии, что сосуд не содержит среду, указанную для группы 1);

– аппараты воздухоразделительных установок и разделения газов, расположенные внутри теплоизоляционного кожуха;

– резервуары воздушных электрических переключателей;

– бочки для перевозки сжиженных газов, баллоны вместимостью до 100 л включительно, установленные стационарно, а также предназначенные для транспортировки и (или) хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов;

– генераторы (реакторы) для получения водорода, используемые гидрометеорологической службой;

– сосуды, включенные в закрытую систему добычи нефти и газа (от скважин до магистрального трубопровода);

– сосуды для хранения или транспортировки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, находящиеся под давлением периодически при их опорожнении;

– сосуды со сжатым и сжиженными газами, предназначенные для обеспечения топливом двигателей транспортных средств, на которых они установлены;

– сосуды, установленные в подземных горных выработках.

Для обеспечения безопасной и безаварийной эксплуатации сосуды и аппараты, работающие под давлением, должны подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа и пуска в эксплуатацию, периодически в процессе эксплуатации, а в необходимых случаях и внеочередному освидетельствованию.

Объемы, методы и периодичность технического освидетельствования оговариваются изготовителем и указываются в инструкциях по монтажу и эксплуатации. В случае отсутствия таких указаний техническое освидетельствование проводится по указанию «Правил» ПБ10– 115–96. Так, для сосудов, не подлежащих регистрации в органах Госгортехнадзора России, установлена следующая периодичность: гидравлические испытания пробным давлением один раз в восемь лет, наружный и внутренний осмотр один раз в два года при работе со средой, вызывающей разрушение и физико-химическое превращение материала (коррозия и т.п.) со скоростью не более 0,1 мм в год и 12 месяцев при скорости более 0,1 мм в год.

Сроки и объемы освидетельствований других типов сосудов и баллонов, зарегистрированных и не зарегистрированных в органах Госгортехнадзора России, также устанавливаются в зависимости от условий эксплуатации (скорость физико-химических превращений) и типа сосуда.

При гидравлических испытаниях испытываемую емкость заполняют водой, после чего давление воды плавно повышают до значений пробного давления, указанного в табл.5.1.

Таблица 5.1. Давление при гидравлических испытаниях

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип сосуда | Пробное давление, МПа | Примечание |
| Кроме литых Литые Из не металлических материалов Из не металлических материаловКриогенные сосуды Металлопластиковые | Рпр = 1,25 К\*РрасРпр = 1,50К РрасРпр = 1,30 К РрасРпр = 1,60 К РрасРпр = 1,25 Ррас – 0,1 МПаРпр = (1,25Км + α(1 - Км) Ррас К | Ударная вязкость материала более 20 Дж / см Ударная вязкость материала менее 20 Дж /смНаличие вакуума в изо< ляционном пространстве |

Применяемая вода должна иметь температуру не ниже 5 и не выше 40 °С, если иное не оговорено в паспорте на сосуд. Разность температур стенки сосуда и окружающего воздуха во время испытаний не должна вызывать конденсации влаги на поверхности стенок сосуда. Использование сжатого воздуха или другого газа для подъема давления не допускается.

Давление в испытываемом сосуде контролируется двумя манометрами одного типа, предела измерения, одинаковых классов точности, цены деления. Время выдержки пробного давления устанавливается разработчиком и обычно определяется толщиной стенки сосуда. Так, при толщине стенки до 50 мм оно составляет 10 мин, при 50–100 мм – 20 мин, свыше 100 мм – 30 мин. Для литых неметаллических и многослойных сосудов независимо от толщины стенки время выдержки составляет 60 мин.

После выдержки под пробным давлением давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех его разъемных и сварных соединений. Сосуд считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено:

– течи, трещин, слезок, потения в сварных соединениях и на основном металле;

–течи в разъемных соединениях;

– видимых остаточных деформаций, падения давления по манометру.

Гидравлическое испытание допускается заменять пневматическим при условии контроля этого испытания методом акустической эмиссии или другим, согласованным с Госгортехнадзором России.

Техническое освидетельствование установок, работающих под давлением, зарегистрированных в органах Госгортехнадзора, производит технический инспектор, а установки, не зарегистрированные в этих органах,–лицо, на которое приказом по предприятию возложен надзор за безопасностью эксплуатации установок, работающих под давлением.

Сжиженные газы хранят и перевозят в стационарных и транспортных сосудах –цистернах (сосуды для сжиженных газов), которые в случае хранения криогенных жидкостей снабжены высокоэффективной тепловой изоляцией.

Криогенные сосуды номинальным объемом 6,3...40 л изготовляют в соответствии с ТУ 26-04-622–87.

Стационарные резервуары изготовляют объемом до 500 тыс. л и более. В зависимости от конструкции они бывают цилиндрической (горизонтальные и вертикальные) и шарообразной формы. Основные параметры и размеры внутренних резервуаров для сжиженных газов регламентированы ТУ 26-04-622–87.

Транспортные сосуды (цистерны) обычно имеют объем до 35 тыс. л. Принципиальная схема такого резервуара представлена на рис.5.3. Низкие температуры, при которых эксплуатируются внутренние сосуды криогенных резервуаров и цистерн, накладывают ограничения на материалы, используемые при их изготовлении.

В промышленности в настоящее время используют газгольдеры низкого и высокого давления. Газгольдеры низкого давления–это сосуды переменного объема, давление газа в которых практически всегда остается постоянным. Из газгольдеров высокого давления расходуемый газ подается сначала на редуктор, а затем к потребителю. Газгольдеры высокого давления обычно собирают из баллонов большого объема, изготовляемых на рабочее давление меньше 25 МПа по ГОСТ 9731–79\* и на 32 и 40 МПа по ГОСТ 12247–80\*.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуды в зависимости от назначения должны быть оснащены:

– запорной или запорно-регулирующей арматурой;

– приборами для измерения давления;

– приборами для измерения температуры;

– предохранительными устройствами;

– указателями уровня жидкости.

Арматура должна иметь следующую маркировку:

– наименование или товарный знак изготовителя;

– условный проход;

– условное давление, МПа (допускается указывать рабочее давление и допустимую температуру);

– направление потока среды;

– марку материала корпуса.

На маховике запорной арматуры должно быть указано направление его вращения при открывании или закрывании арматуры. Арматура с условным проходом более 20 мм, изготовленная из легированной стали или цветных металлов, должна иметь паспорт установленной формы, в котором должны быть указаны данные по химсоставу, механическим свойствам, режимам термообработки и результатам контроля качества изготовления неразрушающими методами.

Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой. Манометры должны иметь класс точности не ниже 2,5–при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа, 1,5–при рабочем давлении сосуда свыше 2,5 МПа. Манометр должен выбираться с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы. На шкале манометра владельцем сосуда должна быть нанесена красная черта, указывающая рабочее давление в сосуде. Манометр должен быть установлен так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу. Номинальный диаметр корпуса манометров, устанавливаемых на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения за ним, должен быть не менее 100 мм, на высоте от 2 до 3 м –не менее 160 мм. Установка манометров на высоте более 3 м от уровня площадки не разрешается.

Между манометром и сосудом должен быть установлен трехходовый кран или заменяющее устройство, позволяющее проводить периодическую проверку манометра с помощью контрольного.

Проверка манометров с их опломдированием и клеймением должна производится не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев владельцем сосуда должна производиться дополнительная проверка рабочих манометров контрольными с записью результатов в журнал контрольных проверок.

Манометр не допускается к применению в случаях, когда:

– отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении проверки;

– просрочен срок проверки;

– стрелка при его отключении не возвращается в нулевое положение на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного прибора;

– разбито стекло или имеются повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Сосуды, работающие при изменяющейся температуре стенок, должны быть снабжены приборами для контроля скорости и равномерности прогрева по длине и высоте сосуда и реперами для контроля тепловых перемещений.

Необходимость оснащения сосудов указанными приборами и реперами, а также допустимая скорость прогрева и охлаждения сосудов определяются разработчиком проекта и указываются изготовителем в паспортах сосудов или инструкциях по монтажу и эксплуатации.

Каждый сосуд должен быть снабжен предохранительными устройствами от повышения давления выше допустимого значения.

В качестве предохранительных устройств применяются:

– пружинные предохранительные клапаны;

– рычажно-грузовые предохранительные клапаны;

– импульсные предохранительные устройства, состоящие из главного предохранительного клапана и управляющего импульсного клапана прямого действия;

– предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (предохранительные мембраны);

– другие устройства, применение которых согласовано с Госгортехнадзором России.

Распространенным средством защиты технологического оборудования от разрушения при взрывах являются предохранительные мембраны (разрывные, ломающиеся, срезные, хлопающие, специальные) и взрывные клапаны (рис.5.4, 5.5).

Достоинством предохранительных мембран является предельная простота их конструкции, что характеризует их как самые надежные из всех существующих средств взрывозащиты. Кроме того, мембраны практически не имеют ограничений по пропускной способности. Существенным недостатком предохранительных мембран является то, что после срабатывания защищаемое оборудование остается открытым, это, как правило, приводит к остановке технологического процесса и к выбросу в атмосферу всего содержимого аппарата. При разгерметизации технологического оборудования нельзя исключить возможность вторичных взрывов, которые бывают обусловлены подсосом атмосферного воздуха внутрь аппарата через открытое отверстие мембраны.

Использование на технологическом оборудовании взрывных клапанов дает возможность устранить эти негативные последствия, так как после срабатывания и сброса отверстие вновь закрывается и таким образом не вызывает необходимости немедленной остановки оборудования и проведения восстановительных работ. К недостаткам взрывных клапанов следует отнести их большую инерционность по сравнению с мембранами, сложность конструкции, а также недостаточную герметичность, ограничивающую область их применения (они могут использоваться для взрывозащиты оборудования, работающего при нормальном давлении).

Широко используются разрывные мембраны, изготовляемые из тонколистового металлического проката. Конструктивное оформление узла зажима мембраны может быть различным (шип – паз, конический или линзовый зажим, см. рис.5.4).

При нагружении рабочим давлением мембрана испытывает большие пластические деформации и приобретает ярко выраженный купол, по форме очень близкий к сферическому сегменту. Чаще всего куполообразную форму мембране придают заранее при изготовлении, подвергая ее нагружению давлением, составляющим около 90% разрывного. При этом фактически исчерпывается почти весь запас пластических деформаций материала, поэтому еще больше увеличивается быстродействие мембраны.

Разрывное давление Рс, такой оболочки (давление срабатывания мембраны)

Pc=2∆oσBPR

где До –толщина материала мембраны; δвр –временное сопротивление материала при растяжении (предел прочности); R – радиус купола.

Минимальный (на пределе разрыва мембраны) радиус купола, где δ – относительное удлинение при разрыве.

Для определения времени полного раскрытия сбросного отверстия мембран можно использовать соотношение:

Расчет и подбор предохранительного клапана заключается в определении количества газа (жидкости), вышедшего из сосуда, аппарата, или площади проходного сечения предохранительно устройства, а также расчете времени истечения при заданном конечном давлении. Давление Рmах в защищаемой емкости не должно превышать значений, указанных ниже:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PP1 МПа | Рт | Pmaх, МПа |
| <0,3 | < | Рр + 0,05 |
| <6,0 | < | 1,15Л> |
| >6.0 | < | 1,1/р |

Согласно ГОСТ 12.2.085–82 при расчете массового расхода M газа через предохранительное устройство необходимо использовать выражения M=AF; для жидкости M-AF^IlXi (Л– Р'), где А и F–коэффициент расхода и площадь сечения устья сбросного отверстия, м2; Xi–плотность рабочей среды в сосуде или аппарате, кг/м3; Р' и Л – абсолютные давления, Па, соответственно в устье сбросного отверстия и сосуде или аппарате; комплекс

показатель адиабаты; π\* – критическое отношение давления, равное

Для подбора предохранительного клапана или мембраны необходимо по заданному массовому расходу, который определяется как максимальный аварийный расход среды, определить площадь проходного сечения клапана.

Важной характеристикой предохранительного устройства является время истечения. При истечении газа из сосуда или аппарата ограниченной постоянной емкости через сбросное отверстие постоянного сечения реализуется звуковой режим истечения, если давление Pi ≥ Р"/π\*, где Р" –давление в среде, в которую происходит истечение. В этом случае время истечения

Здесь нулевым индексом отмечены параметры в начальный момент времени.

Если истечение происходит в дозвуковой области, то время истечения

Здесь нулевым индексом отмечены параметры в начальный момент времени.

Значение коэффициента расхода предохранительного устройства зависит от конструктивных особенностей предохранительного устройства и указывается в паспорте на него. Если таковые данные отсутствуют, то обычно полагают А=ξ где ξ–коэффициент сопротивления предохранительного клапана.

Мембранные предохранительные устройства могут устанавливаться:

– вместо рычажно-грузовых и пружинных предохранительных клапанов, когда эти клапаны в рабочих условиях конкретной среды не могут быть применены вследствие их инерционности или других причин;

– перед предохранительными клапанами в случаях, когда предохранительные клапаны не могут надежно работать вследствие вредного воздействия рабочей среды (коррозия, эрозия, полимеризация, кристаллизация, прикипание, примерзание) или возможных утечек через закрытый клапан взрыво - и пожароопасных, токсичных, экологически вредных веществ и т.п.;

– параллельно с предохранительными клапанами для увеличения пропускной способности систем сброса давления;

– на выходной стороне предохранительных клапанов для предотвращения вредного воздействия рабочих сред со стороны сбросной системы и для исключения влияния колебаний противодавления со стороны этой системы на точность срабатывания предохранительных клапанов.

Предохранительные мембраны должны быть маркированы, при этом маркировка не должна оказывать влияния на точность срабатывания мембраны.

Содержание маркировки:

– наименование или товарный знак изготовителя;

– номер партии мембран;

– тип мембран;

– условный диаметр;

– рабочий диаметр;

– материал;

– минимальное и максимальное давление срабатывания мембран в партии при заданной температуре и при температуре 20 °С.

Порядок и сроки проверки исправности действия предохранительных устройств в зависимости от условий технологического процесса должны быть указаны в инструкции по эксплуатации предохранительных устройств, утвержденных владельцем сосуда в установленном порядке.

# 5.2. ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАВМИРОВАНИЯ

К средствам защиты от механического травмирования относятся предохранительные тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления. Системы дистанционного управления и автоматические сигнализаторы на опасную концентрацию паров, газов, пылей применяют чаще всего во взрывоопасных производствах и производствах с выделением в воздух рабочей зоны токсичных веществ.

Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. Таким образом, при аварийных режимах (увеличении давления, температуры, рабочих скоростей, силы тока, крутящих моментов и т.п.) исключается возможность взрывов, поломок, воспламенений. В соответствии с ГОСТ 12.4.125–83 предохранительные устройства по характеру действия бывают блокировочными и ограничительными.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют на механические, электронные, электрические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные и комбинированные.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону либо во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор.

Особенно большое значение этим видам средств защиты придается на рабочих местах агрегатов и машин, не имеющих ограждений, а также там, где работа может вестись при снятом или открытом ограждении.

Механическая блокировка представляет собой систему, обеспечивающую связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством. При снятом ограждении агрегат невозможно растормозить, а следовательно, и пустить его в ход (рис.5.6).

Электрическую блокировку применяют на электроустановках с напряжением от 500 В и выше, а также на различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает включение оборудования только при наличии ограждения. Электромагнитную (радиочастотную) блокировку применяют для предотвращения попадания человека в опасную зону. Если это происходит, высокочастотный генератор подает импульс тока к электромагнитному усилителю и поляризованному реле. Контакты электромагнитного реле обесточивают схему магнитного пускателя, что обеспечивает электромагнитное торможение привода за десятые доли секунды. Аналогично работает магнитная блокировка, использующая постоянное магнитное поле.

Оптическая блокировка находит применение в кузнечно-прессовых и механических цехах машиностроительных заводов. Световой луч, попадающий на фотоэлемент, обеспечивает постоянное протекание тока в обмотке блокировочного электромагнита. Если в момент нажатия педали в рабочей (опасной) зоне штампа окажется рука рабочего, падение светового тока на фотоэлемент прекращается, обмотки блокировочного магнита обесточиваются, его якорь под действием пружины выдвигается и включение пресса педалью становится невозможным.

Электронную (радиационную) блокировку применяют для защиты опасных зон на прессах, гильотинных ножницах и других видах технологического оборудования, применяемого в машиностроении (рис.5.7).

Излучение, направленное от источника 5, улавливается трубками Гейгера 1. Они воздействуют на тиратронную лампу 2, от которой приводится в действие контрольное реле 3. Контакты реле либо включают, либо разрывают цепь управления, либо воздействуют на пусковое устройство. Контрольное реле 4 работает при нарушении системы блокировки, когда трубки Гейгера не работают в течение 20 с. Преимуществом блокировки с радиационными датчиками является то, что они позволяют производить бесконтактный контроль, так как не связаны с контролируемой средой. В ряде случаев при работе с агрессивными или взрывоопасными средами в оборудовании, находящемся под большим давлением или имеющем высокую температуру, блокировка с применением радиационных датчиков является единственным средством для обеспечения требуемых условий безопасности.

Пневматическая схема блокировки широко применяется в агрегатах, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: турбинах, компрессорах, воздуходувках и т.д. Ее основным преимуществом является малая инерционность. На рис.5.8 приведена принципиальная схема пневматической блокировки. Аналогична по принципу действия гидравлическая блокировка.

Примерами ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанные на разрушение (или несрабатывание) при перегрузках. К слабым звеньям таких устройств относятся: срезные штифты и шпонки, соединяющие вал с маховиком, шестерней или шкивом; фрикционные муфты, не передающие движения при больших крутящих моментах; плавкие предохранители в электроустановках; разрывные мембраны в установках с повышенным давлением и т.п. Слабые звенья делятся на две основные группы: звенья с автоматическим восстановлением кинематической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму (например, муфты трения), и звенья с восстановлением кинематической цепи путем замены слабого звена (например, штифты и шпонки). Срабатывание слабого звена приводит к останову машины на аварийных режимах.

Тормозные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению –на колодочные, дисковые, конические и клиновые; по способу срабатывания – на ручные, автоматические и полуавтоматические; по принципу действия –на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные; по назначению –на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Оградительные устройства – класс средств защиты, препятствующих попаданию человека в опасную зону. Оградительные устройства применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны

Конструктивные решения оградительных устройств весьма разнообразны. Они зависят от вида оборудования, расположения человека в рабочей зоне, специфики опасных и вредных факторов, сопровождающих технологический процесс. В соответствии с ГОСТ 12.4.125–83, классифицирующим средства защиты от механического травмирования, оградительные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению –на кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны; по способу изготовления–на сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые) и комбинированные; по способу установки–на стационарные и передвижные. Примерами полного стационарного ограждения служат ограждения распределительных устройств электрооборудования, кожуха галтовочных барабанов, корпуса электродвигателей, насосов и т.п.; частичного– ограждения фрез или рабочей зоны станка (рис.5.9).

Возможно применение подвижного (съемного) ограждения. Оно представляет собой устройство, сблокированное с рабочими органами механизма или машины, вследствие чего закрывает доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента. Особенно широкое распространение получили такие ограничительные устройства в станкостроении (например, в станках с ЧПУ ОФЗ–36).

Переносные ограждения являются временными. Их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям, а также от механических травм и ожогов. Кроме того, их применяют на постоянных рабочих местах сварщиков для защиты окружающих от воздействия электрической дуги и ультрафиолетовых излучений (сварочные посты). Выполняются они чаще всего в виде щитов высотой 1,7 м.

Конструкция и материал ограждающих устройств определяются особенностями оборудования и технологического процесса в целом. Ограждения выполняют в виде сварных и литых кожухов, решеток, сеток на жестком каркасе, а также в виде жестких сплошных щитов (щитков, экранов). Размеры ячеек в сетчатом и решетчатом ограждении определятся в соответствии с ГОСТ 12.2.062–81\*. В качестве материала ограждений используют металлы, пластмассы, дерево. При необходимости наблюдения за рабочей зоной кроме сеток и решеток применяют сплошные оградительные устройства из прозрачных материалов (оргстекла, триплекса и т.д.).

Чтобы выдерживать нагрузки от отлетающих при обработке частиц и случайные воздействия обслуживающего персонала, ограждения должны быть достаточно прочными и хорошо крепиться к фундаменту или частям машины. При расчете на прочность ограждений машин и агрегатов для обработки металлов и дерева необходимо учитывать возможность вылета и удара об ограждение обрабатываемых заготовок.

Расчет ограждений ведется по специальным методикам [5.2].

# 5.3. СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Наличие контрольно-измерительных приборов – одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давления, температур, статических и динамических нагрузок, концентраций паров и газов и др. Эффективность их использования повышается при объединении их с системами сигнализации, как это имеет место в газосигнализаторах, срабатывающих при определенных уровнях концентрации паров, газов, пыли в воздухе.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют: по назначению – на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные; по способу срабатывания – на автоматические и полуавтоматические; по характеру сигнала – на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные; по характеру подачи сигнала – на постоянные и пульсирующие.

Информативную сигнализацию используют для согласования действий работающих, в частности крановщиков и стропальщиков. Такую же сигнализацию применяют в шумных производствах, где нарушена речевая связь. Подвидом информативной сигнализации являются всякого рода схемы, указатели, надписи. Как правило, надписи делают непосредственно на оборудовании либо в зоне его обслуживания на специальных табло.

Устройства предупредительной сигнализации предназначены для предупреждения об опасности. Чаще всего в них используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень опасных и вредных факторов. Большое применение находит предупредительная сигнализация, опережающая включение оборудования или подачу высокого напряжения. К предупредительной сигнализации относятся указатели и плакаты: «Не включать –работают люди», «Не входить», «Не открывать – высокое напряжение» и др.

Указатели желательно выполнять в виде световых табло с переменной по времени (мигающей) подсветкой.

Подвидом предупредительной сигнализации является сигнальная окраска. Травмоопасные элементы оборудования выделяют чередующимися (под углом 45° к горизонтали) полосами желтого и черного цвета. На станках в красный цвет окрашивают обратные стороны дверец, ниш для электрооборудования, а также поверхности схода стружки.

Знаки безопасности установлены ГОСТ 12.4.026–76\*. Они могут быть запрещающими, предупреждающими, предписывающими и указательными и отличаются друг от друга формой и цветом. В производственном оборудовании и в цехах применяют предупредительные знаки, представляющие собой желтый треугольник с черной полосой по периметру, внутри которого располагается какой-либо символ (черного цвета). Например, при электрической опасности –это молния, при опасности травмирования перемещаемым грузом – груз, при опасности скольжения – падающий человек, при прочих опасностях – восклицательный знак.

Запрещающий знак – круг красного цвета с белой каймой по периметру и черным изображением внутри. Предписывающие знаки представляют собой синий круг с белой каймой по периметру и белым изображением в центре, указательные –синий прямоугольник.

Предупреждающий знак радиационной опасности имеет символ и кайму красного цвета. Указательные знаки средств пожаротушения имеют символ красного цвета на белом фоне, остальные черного.

#

# 7. СРЕДСТВА ИВДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

На ряде предприятий существуют такие виды работ или условия труда, при которых работающий может получить травму или иное воздействие, опасное для здоровья. Еще более опасные условия для людей могут возникнуть при авариях и ликвидации их последствий. В этих случаях для защиты человека необходимо применять средства индивидуальной защиты (СИЗ). Их использование должно обеспечивать максимальную безопасность, а неудобства, связанные с их применением, должны быть сведены к минимуму. Это достигается соблюдением инструкций по их применению. Последние регламентируют, когда, почему и как должны применяться СИЗ, каков должен быть уход за ними.

Номенклатура СИЗ включает обширный перечень средств, применяемых в производственных условиях (СИЗ повседневного использования), а также средств, используемых в чрезвычайных ситуациях (СИЗ кратковременного использования). В последних случаях применяют преимущественно изолирующие средства индивидуальной защиты (ИСИЗ).

При выполнении ряда производственных операций (в литейном производстве, в гальванических цехах, при погрузке и разгрузке, механической обработке и т.п.) необходимо носить спецодежду (костюмы, комбинезоны и др.), сшитую из специальных материалов для обеспечения безопасности от воздействий различных веществ и материалов, с которыми приходится работать, теплового и других излучений. Требования, предъявляемые к спецодежде, заключаются в обеспечении наибольшего комфорта для человека, а также желаемой безопасности. При некоторых видах работ для предохранения спецодежды могут использоваться фартуки, например, в работе с охлаждающими и смазочными материалами, при тепловых воздействиях и т.д. В других условиях возможно применение специальных нарукавников.

Во избежание травм стоп и пальцев ног необходимо носить защитную обувь (сапоги, ботинки). Ее применяют при следующих работах: с тяжелыми предметами; в строительстве; в условиях, где существует риск падения предметов; в литейном, кузнечном, сталелитейном производствах и т.п.; в помещениях, где полы залиты водой, маслом и др.

Некоторые типы спецобуви снабжены усиленной подошвой, предохраняющей стопу от острых предметов (таких, как торчащий гвоздь). Обувь со специальными подметками предназначена для тех условий труда, при которых существует риск травмы при падении на скользком льду, залитым водой и маслом. Находит применение специальная виброзащитная обувь.

Для защиты рук при работах в гальванических цехах, литейном производстве, при механической обработке металлов, древесины, при погрузного-разгрузочных работах и т.п. необходимо использовать специальные рукавицы или перчатки. Защита рук от вибраций достигается применением рукавиц из упругодемпфирующего материала.

При использовании пластиковых или резиновых перчаток в течение продолжительного времени внутрь нужно вкладывать хлопчатобумажные перчатки: они сохраняют кожу в сухом состоянии и уменьшают риск повреждений кожи.

Перед надеванием перчаток или рукавиц руки необходимо вымыть, чтобы перчатки не загрязнялись изнутри вредными веществами и при многократном применении не способствовали контакту с теми веществами, от которых они предназначены предохранять.

Средства защиты кожи необходимы при контакте с веществами и материалами, вредными для кожи; механических воздействиях, в результате которых появляются царапины и раны, а кожа становится более восприимчивой к воздействию вредных веществ. Риск такого рода воздействия можно снизить в тех случаях, когда кожа является здоровой, нетравмированной и обладает способностью к сопротивлению; когда при выполнении трудовых операций происходит наименьший контакт с вредными веществами; когда есть возможность заменить вредные вещества и материалы менее вредными; когда снижается частота и продолжительность контактов с вредными веществами.

Для профилактики повреждений кожи необходимо использовать мыло, смягчающее кожу; средства для очистки рук допустимо применять только в случае очень сильного загрязнения. Выбор защитного крема зависит от характера работы.

Средства защиты головы предназначены для предохранения головы от падающих и острых предметов, а также для смягчения ударов. Выбор шлемов и касок зависит от вида выполняемых работ. Они должны использоваться в следующих условиях:

–существует риск получить травму от материалов, инструментов или других острых предметов, которые падают вниз, опрокидываются, соскальзывают, выбрасываются или сбрасываются вниз;

– имеется опасность столкновения с острыми выпирающими или свивающими предметами, остроконечными предметами, предметами неправильной формы, а также с подвешенными или качающимися тяжестями;

– существует риск соприкосновения головы с электрическим проводом.

Очень важно подобрать каску соответственно характеру выполняемой работы, а также по размеру, чтобы она прочно держалась на голове и обеспечивала достаточное расстояние между внутренней оболочкой каски и головой. Если каска имеет трещины или была подвергнута сильному физическому (в форме удара или давления) или термическому воздействию, ее следует забраковать.

Для предохранения от вредных механических, химических и лучевых воздействий необходимы средства защиты глаз и лица. Эти средства применяют при выполнении следующих работ: шлифовании, пескоструйной обработке, распылении, опрыскивании, сварке, – а также при использовании едких жидкостей, вредном тепловом воздействии и др. Эти средства выполняют в виде очков или щитков. В некоторых ситуациях средства защиты глаз применяют вместе со средствами защиты органов дыхания, например, специальные головные уборы.

В условиях работы, когда существует риск лучевого воздействия, например, при сварочных работах, важно подобрать защитные фильтры необходимой степени плотности. Применяя средства защиты глаз, надо следить за тем, чтобы они надежно держались на голове и не снижали поле обзора, а загрязненность не ухудшала зрение.

Средства защиты органов слуха используют в шумных производствах, при обслуживании энергоустановок и т.п. Существуют различные типы средств защиты органов слуха: беруши и наушники. Беруши делают из различных материалов, при использовании их втыкают в уши. Наушники состоят из двух чашечек, соединенных дужкой. Одноразовые беруши следует использовать только один раз, беруши и наушники многоразового использования требуют тщательного ухода, содержания в чистоте и своевременного выявления дефектов. Правильное и постоянное применение средств защиты слуха снижает шумовую нагрузку для берущей на 10–20, для наушников на 20–30 дБ А.

Чтобы добиться эффективного снижения шумового воздействия, необходимо постоянно применять средства защиты органов слуха. Даже кратковременное снятие средств защиты в условиях шума значительно снижает эффективность защиты. Беруши должны быть подобраны по размеру слухового прохода, а наушники плотно закрывать уши. В случае несоблюдения перечисленных условий уровень снижения шума составит не более 10 дБ А.

Средства защиты органов дыхания предназначены для того, чтобы предохранить от вдыхания и попадания в организм человека вредных веществ (пыли, пара, газа) при проведении различных технологических процессов. При подборе средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) необходимо знать следующее: с какими веществами приходится работать; какова концентрация загрязняющих веществ; сколько времени приходится работать; в каком состоянии находятся эти вещества: в виде газа, паров или аэрозоли; существует ли опасность кислородного голодания; каковы физические нагрузки в процессе работы.

Существует два типа средств защиты органов дыхания: фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны, изолирующие – воздух из специальных емкостей или из чистого пространства, расположенного вне рабочей зоны.

Изолирующие средства защиты должны применяться в следующих случаях: в условиях возникновения недостатка кислорода во вдыхаемом воздухе; в условиях загрязнения воздуха в больших концентрациях или в случае, когда концентрация загрязнения неизвестна; в условиях, когда нет фильтра, который может предохранить от загрязнения; в случае, если выполняется тяжелая работа, когда дыхание через фильтрующие СИЗОД затруднено из-за сопротивления фильтра.

В случае, если нет необходимости в изолирующих средствах защиты, нужно использовать фильтрующие средства. Преимущества фильтрующих средств заключаются в легкости, свободе движений для работника; простоте решения при смене рабочего места.

Недостатки фильтрующих средств заключаются в следующем: фильтры обладают ограниченным сроком годности; затрудненность дыхания из-за сопротивления фильтра; ограниченность работы с применением фильтра по времени, если речь не идет о фильтрующей маске, которая снабжена поддувом. Не следует работать с использованием фильтрующих СИЗОД более 3 ч в течение рабочего дня.

Номенклатура СИЗ обширна и достаточно полно отображена в работах [7.1–7.3]. Некоторые СИЗ показаны на рис.7.1–7.6.

В последние годы наметилась тенденция к созданию универсальных СИЗ, обладающих комплексом защитных свойств. Так, в Институте биофизики МЗ РФ создан автономный шлем ФАШ, предназначенный для защиты головы, глаз и органов дыхания работающего в производственной среде, загрязненной токсичными газами и аэрозолями. Эффективность защиты по аэрозолям более 0,99, время непрерывной работы в шлеме не более 2 ч, температурный диапазон от 0 до 35 °С. Для защиты головы, глаз и органов дыхания сварщика этот же институт разработал автономный пневмошлем АПШ-С, защищающий от прямых излучений сварочной дуги, брызг расплавленного металла и сварочных аэрозолей.

Для работ в особо опасных условиях (в изолированных объемах, при ремонте нагревательных печей, газовых сетей и т.п.) и чрезвычайных ситуациях (при пожаре, аварийном выбросе химических или радиоактивных веществ и т.п.) применяют ИСИЗ и различные индивидуальные устройства. Находят применение ИСИЗ от теплового, химического, ионизирующего и бактериологического воздействия. Номенклатура таких ИСИЗ постоянно расширяется. Как правило, они обеспечивают комплексную защиту человека от опасных и вредных факторов, создавая одновременно защиту органов зрения, слуха, дыхания, а также защиту отдельных частей тела человека. На рис.7.7 показана схема СИЗ, предназначенного для работы в условиях повышенного аэрозольного загрязнения рабочей зоны.

На выставке «Спецодежда и экипировка-87» демонстрировался теплозащитный скафандр АТС-3, предназначенный для проведения аварийно-восстановительных работ паронесущих сетей АЭС и любых нагревательных установок. Он изготовлен из асбестофенилоновой ткани.

На выставке «Охрана труда-90» (ВДНХ) был показан газоспасательный аппарат АГ-2 Усольского ПО «Химпром», пневмокостюм ЛГ-УС-М – шланговый изолирующий костюм с вентиляцией подкостюмного пространства разработки Института биофизики МЗ РФ, предназначенный для ремонтных, аварийных и дезактивационных работ, и другие ИСИЗ.

Выбор СИЗ зависит от комплекса негативных факторов, характерных для конкретного вида работ. Так, при работе с радиоактивными веществами СИЗ предохраняют человека от попадания радиактивных веществ в органы дыхания, пищеварения и непосредственно на кожу.

Выбор СИЗ зависит от радиационной обстановки, которая определяется характером и объемом работ, проводимых с радиоактивными веществами. В соответствии с требованиями ОСП–72/87 все лица, работающие на участках работы с радиоактивными веществами в открытом виде или посещающие такие участки, должны быть обеспечены СИЗ в зависимости от класса работ. При работах I класса и при отдельных работах II класса работающие должны быть обеспечены комбинезонами или костюмами, шапочками, спецбельем, носками, легкой обувью или ботинками, перчатками, бумажными полотенцами или носовыми платками разового пользования, а также средствами защиты органов дыхания в зависимости от характера возможного радиоактивного загрязнения воздуха. При работах II класса и при отдельных работах III класса работающие должны быть обеспечены халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания.

Персонал, производящий уборку помещений, а также работающие с радиоактивными растворами и порошками должны быть снабжены (помимо перечисленной выше спецодежды и спецобуви) пластиковыми фартуками и нарукавниками или пластиковыми полухалатами, дополнительной спецобувью (резиновой или пластиковой) или резиновыми сапогами. При работах в условиях возможного загрязнения воздуха помещений радиоактивными аэрозолями необходимо применять специальные фильтрующие или изолирующие средства защиты органов дыхания. Изолирующие СИЗ (пневмокостюмы, пневмошлемы) применяют при работах, когда фильтрующие средства не обеспечивают необходимую защиту от попадания радиоактивных и токсичных веществ в органы дыхания.

При работе с радиоактивными веществами к средствам повседневного использования относят халаты, комбинезоны, костюмы, спецобувь и некоторые типы противопылевых респираторов. Спецодежду для повседневного использования изготовляют из хлопчатобумажной ткани (верхнюю одежду и белье). Если возможно воздействие на работающих агрессивных химических веществ, верхнюю спецодежду изготовляют из синтетических материалов – лавсана.

К средствам кратковременного использования относят изолирующие шланговые и автономные костюмы, пневмокостюмы, перчатки и пленочную одежду: фартуки, нарукавники, полукомбинезоны. Пластиковую одежду, изолирующие костюмы, спецобувь изготовляют из прочного легко дезактивируемого поливинилхлоридного пластика морозостойкостью до –25 °С или пластиката, армированного капроновой сеткой рецептуры 80 AM.

Применение СИЗ и ИСИЗ сопровождается определенными неудобствами: ограничением обзора, затруднением дыхания, ограничением в перемещении и т.п. В тех случаях, когда рабочее место постоянно, устранить эти неудобства удается применением защитных кабин, снабженных системами кондиционирования воздуха, вибро - и шумозащитой, защитой от излучений и энергетических полей. Такие кабины применяют на транспортных средствах, в горячих цехах, машинных залах ТЭС и т.п.

Безопасное проведение работ обеспечивается также путем применения индивидуальных защитных устройств. Так, при работе на высоте, в колодцах и других ограниченных объемах необходимо использовать спасательные пояса, страхующие канаты (рис.7.8), а также СИЗ.

# Раздел III. ЧРЕЗВычАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

# 8. ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ

# 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Чрезвычайная ситуация (ЧС) –состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широкораспространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация (ГОСТ Р 22.0.02–94).

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков. Так, по происхождению ЧС можно подразделять на ситуации техногенного, антропогенного и природного характера. ЧС можно классифицировать по типам и видам событий, лежащих в основе этих ситуаций, по масштабу распространения, по сложности обстановки (например пожары), тяжести последствий.

Первая в нашей стране классификация ЧС была разработана Научно-техническим комитетом ГО СССР и утверждена в инструкции «О порядке обмена в РФ информацией о ЧС» приказом ГКЧС РФ от 13.04. 1992г. № 49.

Во исполнение Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (Собрание законодательства Российской Федерации, 1994, № 35, ст.3648) правительство Российской Федерации своим постановлением № 1094 от 13 сентября 1996 г. утвердило положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В этом постановлении ЧС классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в этих ситуациях, или людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности, размера материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации подразделяются на локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные.

К локальной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К местной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К территориальной относится ЧС, в результате которой пострадало от 50 до 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности от 300 до 500 человек, либо материальный ущерб составил от 5 тыс. до 0,5 млн. минимальных размеров оплаты труда и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

К региональной и федеральной соответственно относятся ЧС, в результате которой пострадало от 50 до 500 и свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности от 500 до 1000 и свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет от 0,5 до 5 млн. и свыше 5 млн. минимальных размеров оплаты труда и зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию двух субъектов РФ или выходит за их пределы.

К трансграничной относится чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ или ЧС, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию РФ.

Чрезвычайные ситуации, в том числе аварии на промышленных объектах, в своем развитии проходят пять условных типовых фаз:

– первая – накопление отклонений от нормального состояния или процесса;

– вторая – инициирование чрезвычайного события (аварии, катастрофы или стихийного бедствия), причем под чрезвычайным событием можно понимать событие техногенного, антропогенного или природного происхождения. Для случая аварии на производстве в этот период предприятие или его часть переходят в нестабильное состояние, когда появляется фактор неустойчивости: этот период можно назвать «аварийной ситуацией» – авария еще не произошла, но ее предпосылки налицо. В этот период, в ряде случаев еще может существовать реальная возможность либо ее предотвратить, либо существенно уменьшить ее масштабы;

– третья – процесс чрезвычайного события, во время которого происходит непосредственное воздействие на людей, объекты и природную среду первичных поражающих факторов; при аварии на производстве в этот период происходит высвобождение энергии, вещества, которое может носить разрушительный характер; при этом масштабы последствий и характер протекания аварии в значительной степени определяются не начальным событием, а структурой предприятия и используемой на нем технологией; эта особенность затрудняет прогнозирование развития наступившего бедствия;

– четвертая – выход аварии за пределы территории предприятия и действие остаточных факторов поражения;

– пятая –ликвидация последствий аварии и природных катастроф; устранение результатов действия опасных факторов, порожденных аварией или стихийным бедствием; проведение спасательных работ в очаге аварии или в районе стихийного бедствия и в примыкающих к объекту пострадавших зонах.

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. В рамках этого направления технические системы снабжают защитными устройствами –средствами взрыво - и пожаро-защиты технологического оборудования, электро - и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб гражданской обороны и населения к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС, для создания которых нужны детальные разработки сценариев возможных аварий и катастроф на конкретных объектах. Для этого необходимо располагать экспериментальными и статистическими данными о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию; прогнозировать размеры и степень поражения объекта при воздействии на него поражающих факторов различных видов.

С целью осуществления контроля за соблюдением мер безопасности, оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах Правительство Российской Федерации постановлением от 1 июля 1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации» ввело для предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц всех форм собственности, имеющих в своем составе производства повышенной опасности обязательную разработку декларации промышленной безопасности.

Приказом МЧС России и Госгортехнадзора России от 4 апреля 1996 г. № 222/59 введен в действие «Порядок разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации».

Согласно этого постановления декларация безопасности промышленного объекта является документом, в котором отражены характер и масштабы опасностей на промышленном объекте и выработанные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и готовности к действиям в техногенных чрезвычайных ситуациях. Декларация разрабатывается как для действующих, так и для проектируемых предприятий.

Как итоговый документ декларация безопасности включает следующие разделы: общая информация об объекте; анализ опасности промышленного объекта; обеспечение готовности промышленного объекта к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций; информирование общественности; и приложения, включающие ситуационный план объекта и информационный лист.

Декларация безопасности действующего промышленного объекта с особо опасными производствами является обязательным документом, который разрабатывается организацией собственными силами (или организацией, имеющей лицензию на такой вид работ) и представляется в органы Госгортехнадзора России при получении лицензии на осуществление промышленной деятельности, связанной с повышенной опасностью производств.

# 9.4. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Россия участвует в международном сотрудничестве, проводимом по линии ООН, ЮНЕСКО и других организаций. С 1973 г. действует специализированное учреждение «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЭП).

Ученые и специалисты России принимают участие в осуществлении специальной международной программы «Человек и биосфера», Международном совете охраны птиц (СПО), Международной федерации молодежи по исследованию и охране окружающей среды Научного комитета по проблемам окружающей среды, Международного совета научных союзов (СКОПЕ). Примером плодотворного межгосударственного сотрудничества в области охраны природы служит деятельность Международного союза охраны природы (МСОП).

Большое значение в решении проблемы охраны природы имело подписание в 1975 г.33 европейскими государствами, США и Канады Заключительного акта Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе. По инициативе СССР разработана и действует «Конвенция о запрещении военного и любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду», к которой присоединились многие государства мира. Конвенция ратифицирована нашей страной по Указу Верховного Совета СССР от 16.05.78 г.

По инициативе СССР принята также резолюция «Об исторической ответственности государств за сохранение природы Земли для нынешнего и будущих поколений» (1981 г. XXXV Сессия Генеральной Ассамблеи ООН), в 1982 г. при активном участии СССР принята Генеральной Ассамблеей ООН «Всемирная хартия природы», которая возлагает на все государства ответственность за сохранение планеты и ее богатств.

В области охраны окружающей среды двустороннее сотрудничество осуществляется между нашей страной и США и включает 11 научно-исследовательских программ и 30 проектов. Оно ведется по следующим направлениям: предотвращение загрязнения воздуха, охрана вод и морской среды от загрязнения; предотвращение загрязнения окружающей среды, связанного с сельскохозяйственным производством; организация заповедников, изучение биологических и генетических последствий загрязнения окружающей среды и др. Сотрудничество с США ведется путем обмена учеными и специалистами, научно-технической информацией, результатами исследований, проведения двусторонних конференций, симпозиумов и совещаний, совместной разработки проектов, программ и др. Аналогичная работа ведется Германией, Англией, Францией, Финляндией, Канадой, Швецией и некоторыми другими странами.

Международное сотрудничество по охране труда осуществляется в рамках Международной организации труда (МОТ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Федерации специалистов по охране труда и промышленной гигиене (ИФАС), а также международной организации по безопасности и охране труда (МОРБОТ). МОТ в частности разрабатывает рекомендации по нормализации условий труда, ВОЗ–нормативов качества производственной среды. ИФАС координирует разработки по всему комплексу вопросов, связанных с безопасностью труда, МОРБОТ – по вопросам прогнозирования риска и создания средств защиты.

В последние годы успешно развивается сотрудничество и взаимодействие сил гражданской обороны (ГО) стран-членов НАТО и особенно стран-членов Европейского экономического сообщества. В НАТО для координации этой деятельности создан специальный Главный комитет. Комиссией европейских сообществ принята совместная программа стран-участниц по взаимодействию в области гражданской защиты.

В соответствии с достигнутым рядом европейских стран «Открытым частичным соглашением по предотвращению стихийных и технологических бедствий, защите от них и оказанию помощи пострадавшим» в Греции создан Европейский центр предотвращения бедствий и прогнозирования землетрясений (ЕЦПП).

Международной организацией ГО (МОГО) постоянно повсеместно проводится всесторонняя и целенаправленная подготовка руководящего состава организаций, сил ГО и населения к ведению спасательных работ.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Введение

0.1. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. Ч.2/ П.Г. Белов, А.Ф. Козьяков. С.В. Белов и др.; Под ред. С.В. Белова. –М.: ВАСОТ. 1993.

0.2. Безопасность жизнедеятельности/ Н.Г. Занько. Г.А. Корсаков, К.Р. Малаян и др. Под ред.О.Н. Русака. –С. -П.: Изд-во Петербургской лесотехнической академии, 1996.

0.3. Белов С.В., Морозова Л.Л., Сивков В.П. Безопасность жизнедеятельности. Ч.1.–-М. ВАСОТ, 1992

0.4. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности–наука о выживании в техносфсре –М.: ВИНИТИ, Обзорная информация. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1996. вып.1.

0.5. Белов С.В. Техносфера: аспекты безопасности и экологичности. – М.: Вестник МГТУ. 1998, сер. ЕН.№1.

0.6. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир. Т.1: Пер с англ. – М.: Мир, 1993.

0.7. Рамад Ф. Основы прикладной экологии: Пер. с франц. –Л.: Гидрометеоиздат, 1981.

0.8. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. –М.: изд-во ИЦ «Россия молодая» –Экология, 1992.

0.9. Русак О.Н. Введение в охрану труда. –Л.: изд-во Ленинград, лесотехнической академии, 1982.

Глава 1

1.1. Охрана труда в машиностроении/Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.;

Под ред.Е.Я. Юдина и С.В. Белова.2-е изд. –М.: Машиностроение, 1983.

1.2. Справочная книга для проектирования электрического освещения/ Под ред. Г.Н. Кнорринга. –Л.: Энергия. 1976.

1.3. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1978.

Глава 2

2.1. Атаманюк В.Г., Ширшев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона.–М.:

Высшая школа, 1986.

2.2. Государственный доклад. «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1996 году». –М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1996.

2.3. Ежегодник состояния загрязнения воздуха городов и промышленных центров Советского Союза, 1990 год / Под ред.Э.Ю. Безуглой. –Л.: Главная геофизическая обсерватория им.А.И. Воейкова, 1991.

2.4. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник: Пер. с англ.:

В 2 т. / Под ред.Е. Калверта и Г.М. Инглунда. – М.: Металлургия, 1988.

2.5. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. –Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

2.6. Хорват Л. Кислотный дождь: Пер. с венгр. – М.: Стройиздат, 1990.

Глава 3

3.1. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. –М.: Медицина, 1988.

3.2. Артамонова В.Г., Шаталов Н.Н. Профессиональные болезни. – М.: Медицина, 1988.

3.3. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов: Справочник: в 2 т. – М.: Изд-во стандартов. 1990.

Глава 4

4.1. Анализ безопасности на базе теории четких и нечетких множеств: Отчет по НИР / МГТУ им. Н.Э. Баумана. ГР № 019.70000006. инв. № 02970000003. -М.. 1996.

4.2. Крышевич О.В., Переездчиков И.В. Модель управления опасностями системы человек-машина-среда/Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение, 1998, № 2. С.32–43.

4.3. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990.

4.4. Переездчиков И.В., Крышевич О.В. Надежность технических систем и техногенный риск.4.1: Управление риском системы человек-машина-среда. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998.

4.5. Kjellen, U. and Hovden J. Reducing risks by deviation control – a retrospection into a research strategy. Safety Science. 1993.16; 417 –438 p.

4.6. Hale A. R, Swuste P. Safety rules: procedural freedom or action constraint? Safety Science Group. Delft University of Technology. 1993.

4.7. Hovden, J. and Larsson T.J. Risk; Culture and Concepts. In: T. Singeleton and J. Hovden (Eds). Risk and Decisions. Wilcy. New York, 1987.

4.8. Kulmann A. Introduction to safety science. New York, 1986.

Глава 5

5.1. Водяник В.И. Взрывозащита технологического оборудования. –М.: Химия, 1991.

5.2. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: Справочник/ С.В. Белов. А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова.–М.: Машиностроение, 1989.

Глава 6

6.1. Абрамович М., Стриган И. Справочник по специальным функциям.–М.:

Наука. 1979.

6.2. Аполонский С.М. Справочник по расчету электромагнитных экранов. –Л.:

Энергоатомиздат, 1988.

6.3. Богодепов И.И. Промышленная звукоизоляция. –Л.: Судостроение, 1986.

6.4. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Го-ренштейн и др.; Под ред.Е.Я. Юдина. –М.. Машиностроение, 1985.

6.5. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. –М.: Стройиздат, 1977.

6.6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / Под ред.В.Н. Самохина. –М.: Стройиздат, 1991.

6.7. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности.4-е изд.–М.:

Энергоатомиздат, 1991.

6.8. Лаптев Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977.

6.9. Охрана окружающей среды / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.;

Под ред. С.В. Белова. –М.: Высшая школа, 1991.

6.10. Переездчиков И.В. Введение в теорию защиты от энергетического воздействия источников гармонических колебаний. –М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1987.

6.11. Справочник по пыле-золоулавливанию / Под ред.А. А.. Русанова.–М.:Энергия, 1975.

6.12. Bics D., Hansen С. Engineering noise control. London, 1988, 414 p.

Глава 7

7.1. Каталог средств индивидуальной защиты персонала предприятий и организаций Минэнерго. –М.: СПО «Союзтехэнерго». 1987.

7.2. Промышленная коллекция моделей спецодежды и спецобуви, разработанная организациями систем Минлегпрома СССР: Каталог/Н.М. Федоткин. Н.Е. Квирквелия, А.Е. Карева.Г.М. Осьмушко. –-М.. ЦНИИТЭИтехпрома. 1986.

7.3. Средства индивидуальной защиты работающих на производстве. Каталог-справочник / Под ред В.Н. Ардасенова. – М : Профиздат, 1988.

Глава 8

8.1 Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. –М.:

Химия, 1991.

8.2 Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ.К.Г. Бомштейна / Под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. –М.: Стройиздат, 1990.

8.3. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Аварийные работы в очагах поражения / Под ред. Б.П. Иванова. –М.: Энергоатомиздат, 1991.

8.4. Маршалл В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ / Под ред.Б. Б. Чайнова, А.Н. Черноплекова. –М.: Мир, 1989.

8.5. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях / Реферативный сборник ВИНИТИ.–М.: Вып.1-12. 1991. Вып.1-6, 1992.

8.6. Убежища гражданской обороны: Конструкции и расчет/В.А. Котляревский, В.И. Га-нушкин.А. А. Костин и др.; Под ред.В.А. Котляревского. –М.: Стройиздат. 1989.

Глава 9

9.1. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий комплексов и районов. –М.: Стройиздат, 1984.

9.2. Охрана природы: Справочник 2-е изд. –М.: Агропромиздат, 1987.

9.3. Охрана труда в машиностроении: Сборник нормативно-технических документов. Т 1.2. –М.: Машиностроение, 1990.

9.4. Положение о порядке обеспечения пособиями по государственному социальному страхованию. Утверждено постановлением Президиума ВЦСПС от 12.11.84 № 13-6 (с изменениями, внесенными постановлениями Президиума ВЦСПС от 10.11.89 № 11-11 от 21.08.90 №9-6; 29.03.91 № 3-8. постановлениями Президиума Совета ВКП CCCPor28.06.91 № 6-7, от 30.08.91 № 9-6, от 11.10.91 № 10-11). ~М.:ВКП, 1992.

9.5. Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве. Утверждено постановлением правительства РФ от 03.06.95 № 588.

9.6. Порфирьев Б.Н. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях. – М.:

Наука, 1991.

9.7. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М.:

Металлургия, 1994.

9.8. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. ОНД-90. С. -П.:

Министерство природопользования и охраны окружающей среды, 1992.

9.9. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. –М.: Гидрометеоиздат, 1984.

9.10. Шариков Л.П. Охрана окружающей среды: Справочник. –Л.: Судостроение, 1978.