А.Н. Лопанов, Е. А. Фанина, О. Н. Гузеева

ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебное пособие

Белгород
2015

УДК 614 (07)
ББК 68.9я7
Л77

Рецензенты:
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом геологии и геоинформатики ОАО «ВИОГЕМ» *В.А. Дунаев*

Доктор технических наук, профессор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова *Г.И. Тарасова*

Лопанов, А. Н.
Л77 Основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А. Н. Лопанов, Е. А. Фанина, О. Н. Гузеева.– Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.– 224 с.

В учебном пособии рассмотрены особенности функционирования и эволюции биосферы под влиянием деятельности человека. Изложены основы обеспечения комфортных условий жизнедеятельности, экономические и правовые аспекты безопасности. Приведены положения теории рисков на основе идентификации опасностей. Дана характеристика опасных и вредных производственных факторов и способов защиты от них. Рассмотрены методы прогнозирования основных характеристик развития аварий и методики оценки рисков.

Учебное пособие предназначено для студентов направления бакалавриата 280700 – Техносферная безопасность.

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 614 (07)
ББК 68.9я7

© Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2015

Оглавление

Введение 5
Глава 1. Основные понятия и определения безопасности жизнедеятельности 6
1.1. Основные термины и определения..... 6
1.2. История возникновения и развития безопасности жизнедеятельности как науки..... 10
Вопросы для самоконтроля..... 13
Глава 2. Развитие биосферы под воздействием человеческой деятельности 14
2.1.Законы развития биосферы. Границы и механизмы ее устойчивости..... 14
2.2. Функционирование системы «человек-среда обитания»..... 17
2.3. Негативные факторы техносферы, их воздействие на биосферу и человека 18
2.4. Антропогенное загрязнение атмосферы и контроль за ее состоянием 19
2.5. Загрязнение водного бассейна и контроль за состоянием гидросферы..... 26
2.6. Загрязнение литосферы. Контроль за состоянием почвы 30
2.7. Энергетические загрязнения техносферы..... 33
Вопросы для самоконтроля..... 37
Глава 3. Вредные факторы среды обитания человека 38
3.1. Закон Вебера – Фехнера..... 39
3.2. Восприятие световых характеристик человеком 41
3.3. Воздействие акустических колебаний на человека 44
3.4. Виброакустические колебания 53
3.5. Электромагнитные поля..... 57
3.6. Лазерное излучение 60
3.7. Ультрафиолетовое излучение..... 62
3.8. Ионизирующее излучение 64
3.9. Химические вредные факторы 72
3.10. Биологические вредные производственные факторы..... 78
3.11. Психофизиологические вредные производственные факторы..... 84
Вопросы для самоконтроля..... 89
Глава 4. Основы рискологии опасные факторы и способы снижения риска в деятельности человека 90
4.1. Теория рисков и идентификация опасностей 90
4.2. Квантификация опасностей 91
4.3. Оценка риска для здоровья населения связанного с химическим загрязнением окружающей среды 93
4.4. Прогнозирование основных характеристик и особенностей развития аварий технологических процессов 103

4.5. Оценка риска последовательно развивающихся «каскадных» аварий…… 104
4.6. Оценка риска аварий по различным моделям 106
4.7. Оценка риска гибели людей при пожарах. Методы снижения рисков…… 111
4.8. Организация работ по снижению рисков получения травм.....115
4.9. Опасности поражения электрическим током 117
4.10. Опасности поражения статическим электричеством.....125
4.11. Пожаровзрывоопасность.....127
4.12. Системы, работающие под высоким давлением 131
4.13. Высота как опасный производственный фактор.....137
Вопросы для самоконтроля.....140
Глава 5. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности 141
5.1. Микроклимат помещений.....141
5.2. Освещение помещений и рабочих мест.....161
5.3. Эргономика и техническая эстетика 179
5.4. Организация рабочего места.....180
5.5. Экобиозащитная техника 183
Вопросы для самоконтроля.....184
Глава 6. Экономические аспекты безопасности жизнедеятельности.....185
6.1. Необходимость денежной оценки человеческой жизни 185
6.2. Экономический эквивалент человеческой жизни и метод его вычисления.....187
6.3. Физический смысл экономического эквивалента человеческой жизни…… 188
6.4. Последовательность вычислений экономического эквивалента человеческой жизни 190
6.5. Пример оценки затрат на смягчение последствий землетрясений….193
Вопросы для самоконтроля.....194
Глава 7. Правовые основы безопасности жизнедеятельности.....195
7.1. Основные положения законодательства Российской Федерации в области охраны природной окружающей среды 195
7.2. Основы законодательства Российской Федерации об охране труда. 198
7.3. Основы законодательства Российской Федерации о безопасности в чрезвычайных ситуациях 203
7.4. Правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения 207
7.5. Законодательство Российской Федерации о промышленной безопасности 211
7.6. Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности 214
Вопросы для самоконтроля.....218
Заключение.....219
Библиографический список 220

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» – обязательная общепрофессиональная дисциплина, в которой изучают безопасное взаимодействие человека со средой обитания (производственной, бытовой, городской, природной) и защиту человека, среды обитания от негативных факторов и чрезвычайных ситуаций. В процессе обучения происходит формирование представления о единстве профессиональной деятельности и безопасности человека. Реализация условий безопасности гарантирует сохранение работоспособности и здоровья человека, готовит его к действиям в экстремальных условиях.

Основная задача дисциплины – подготовить специалистов, дать теоретические знания и практические навыки с целью:

– создания комфортного (нормативного) состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;

– идентификации негативных воздействий среды обитания естественного, техногенного и антропогенного происхождения;

– разработки и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий;

– проектирования и эксплуатации техники, технологических процессов и объектов экономики в соответствии с требованиями по безопасности и экологичности;

– обеспечения устойчивости функционирования объектов и технических систем в штатных и чрезвычайных ситуациях;

– принятия решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и применения современных средств поражения, а также принятия мер по ликвидации их последствий;

– прогнозирования развития негативных воздействий и оценки последствий их действия.

Дисциплина наряду с прикладной инженерной направленностью ориентирована на повышение гуманистической составляющей при подготовке специалистов и базируется на знаниях социально-экономических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1. Основные термины и определения

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – это область знания и научно-практическая деятельность, направленная на формирование безопасности и предупреждения опасности путем изучения общих закономерностей возникновения опасностей, их свойств, последствий их воздействия на организм человека, основ защиты здоровья и жизни человека и среды его проживание от опасностей.

Опасность – это центральное понятие безопасности жизнедеятельности, под которым понимаются явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях вызывать нежелательные последствия, наносить ущерб здоровью человека или угрожать его жизни.

Опасности характерны для систем, имеющих избыточную энергию, которая может выделиться, имеющих химические или биологические активные компоненты, а также условия, не соответствующие параметрам жизнедеятельности человека. Говорят также, что такие системы обладают риском для человека, т.е. они способны отрицательно воздействовать на человека, окружающую среду.

Различают опасности естественного, техногенного и антропогенного происхождения. *Естественные* опасности обусловлены климатическими и природными явлениями, которые представляют непосредственную угрозу для жизни и здоровья людей (например, землетрясения, извержения вулканов, снежные лавины, сели, наводнения, штормы, молнии). Техногенные опасности создают элементы техносферы (машины, сооружения, вещества). В настоящее время перечень реально действующих техногенных опасностей значителен и включает более 100 видов (запыленность и загазованность воздуха, шум, ультразвук, инфразвук, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, электрический ток; аномальная температура, влажность и скорость движения воздуха; недостаточная освещенность, химические вещества и смеси, пожар, факторы трудового процесса и др.). *Антропогенные* опасности возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

Опасности носят потенциальный характер. Для живых организмов опасность реализуется в виде травмы, заболевания, смерти. Потенциальный характер опасностей проявляется также и в том, что для человека опасность может реализоваться только в тех случаях, когда зона воздействия опасностей пересечется с зоной деятельности

(нахождения) человека. Например, человек попадает в зону действия электрического тока, шума, вибраций, криминальных структур, движения транспорта и т.д.

Потенциальная опасность представляет скрытую угрозу общего характера. Жизнедеятельность человека потенциально опасна. Все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы.

Реализованная опасность – это факт воздействия реальной опасности на человека или среду обитания. Реализованные опасности принято разделять на происшествия, аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

При анализе опасностей условно различают вредные и опасные факторы среды обитания.

Вредный фактор – это фактор среды, который может вызывать заболевание или другое нарушение состояния здоровья, негативное воздействие на потомства.

Опасный фактор – это фактор среды, воздействие которого может привести к ухудшению здоровья человека вследствие получения травмы (в том числе, с летальным исходом).

Опасности по вероятности воздействия на человека и среду обитания разделяют на потенциальные и реализованные.

Мерой опасности является **риск** – вероятность появления опасности за определенный период времени (год).

Количественными показателями риска являются:

• *индивидуальный риск* – частота поражения определенной тяжести представителя выделяемой категории реципиентов в данной точке в результате воздействия совокупности поражающих факторов источников негативного воздействия с учетом доли времени нахождения в рассматриваемой точке территории за выбранный период, особенностей физиологического восприятия негативного воздействия, адекватности действий, наличия и эффективности систем защиты от соответствующего поражающего фактора;

• *коллективный риск* – сумма произведений индивидуальных рисков на число реципиентов, подвергшихся этому риску;

• *социальный риск* – зависимость частоты событий (F), в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного (N), от этого определенного числа людей (кривая Фармера);

• *приемлемый риск* – риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из экономических и социальных соображений, т.е. при-

емлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Ущерб – это результат негативного изменения состояния объекта, выражающегося в нарушении его целостности или ухудшения каких-либо свойств в результате воздействия событий, явлений, действий; физические или возможные социальные и экономические потери (отклонение здоровья человека от среднестатистического значения, т.е. его болезнь или даже смерть; нарушение процесса нормальной хозяйственной деятельности; утрата того или иного вида собственности, других материальных, культурных, исторических или природных ценностей и т.д.) и (или) ухудшение окружающей природной среды или среды обитания человека.

При рассмотрении социальных, экономических и экологических последствий чрезвычайных ситуаций целесообразно оперировать понятиями прямого, косвенного, полного и общего ущербов.

Под *прямым ущербом* понимают потери и убытки всех структур национальной экономики, складывающиеся из невозвратных потерь основных фондов, оцененных природных ресурсов и убытков, вызванных этими потерями, а также затраты, связанные с ограничением развития и ликвидацией негативного события.

Косвенный ущерб – это потери, убытки и дополнительные затраты, которые понесут объекты экономики, вызванные нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей, инфраструктуре. К косвенному ущербу можно отнести и плохо поддающиеся стоимостной оценке отрицательные социальные эффекты, например падение производительности труда работников, вызванное их угнетенным психическим состоянием.

В свою очередь, прямой и косвенный ущербы подразделяются на экономический, социальный и экологический. Прямой и косвенный ущерб в совокупности образуют полный ущерб.

Инцидент – отказ или повреждение технических устройств, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Катастрофа – это происшествие, сопровождающееся гибелью людей, большим материальным ущербом и представляющее опасность для одного или нескольких регионов проживания людей.

Живая система – это сложная высокоорганизованная система, обменивающаяся с природной средой веществом, энергией, информацией, и способная к воспроизводству себе подобных систем.

Техносфера – совокупность технических и живых систем на определенном участии природной среды и временном интервале.

Природная среда – совокупность компонентов живых и неживых систем.

Компоненты природной среды – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле.

Природный объект – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

Природно-техническая система (ПТС) – совокупность инженерного сооружения (комплекса инженерных сооружений) с частью геологической среды в зоне его (их) влияния, имеющей операционально фиксированные границы.

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий (далее также - природоохранная деятельность).

Техногенными воздействиями называются различные по своей природе, механизму, длительности и интенсивности влияния, ока-

зываемые человеком на объекты геологической среды в процессе его жизнедеятельности и хозяйственного производства.

Экологическая безопасность - состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

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

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это состояние объекта или территории, обычно после ЧП, при котором возникает угроза жизни и здоровью для группы людей, наносится материальный ущерб населению и экономике, деградирует природная среда.

Важнейшим понятием, определяющим во многом и концепцию и стратегию разработки мер по обеспечению устойчивости и безопасности системы «человек-среда обитания», является понятие безопасности.

Безопасность – это такое состояние защищенности человека, общества, окружающей среды при котором риск негативной реализации события от опасностей различного происхождения находится на приемлемом уровне. Имеется в виду, что обеспечиваются условия, при которых исключается появление опасностей или превышение научно обоснованных допустимых уровней опасных факторов. В более узком значении понятие безопасность трактуется как состояние деятельности, при котором исключается возможность причинения вреда, ущерба здоровью человека. Наличие в определении безопасности выражений «определенная вероятность», «заданная вероятность» непосредственно связано с основополагающим постулатом БЖД – аксиомой о потенциальной опасности любой деятельности и признанием в этой связи факта о принципиальной недостижимости абсолютной безопасности.

1.2. История возникновения и развития безопасности жизнедеятельности как науки

Потребность в обеспечении безопасности относится к числу основных мотивов деятельности человека. В древности люди с этой целью объединялись в сообщества, по мере развития цивилизации эту функцию в значительной степени взяло на себя государство. На заре истории человечества основные угрозы исходили главным образом извне (землетрясения, наводнения, засухи и пр.). Однако с течением

времени появились опасности, вызванные действиями самого человека, а также взаимоотношениями людей в обществе, т. е. опасности, имеющие социальную направленность. Именно они являются сегодня доминирующими. В XX в. в разных странах формировались собственные системы безопасности, которые включают силовые структуры, службы спасения от стихийных бедствий и опасных действий людей. Человечество осознало необходимость создания международных организаций, призванных обеспечить его безопасность. Первой подобной организацией стала ООН.

В глубокой древности обсуждали проблемы безопасности человека в процессе трудовой деятельности. Первые понятия о безопасности труда можно встретить у Гиппократа (460-377 гг до н.э), Аристотеля (384-322 гг до н.э.) Они писали о важности условий, в которых осуществляется трудовая деятельность.

В период эпохи Возрождения известный врач Парацельс (1493-1541 гг) изучал опасности, связанные с горнорудным делом. Он первым высказал принцип нормирования (принцип Парацельса) – все есть яд, и все есть лекарство – все зависит от их дозы, нормы. Этот принцип стал теперь основой производственной санитарии, нормирования действия предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ на человека. Немецкий врач и металлург Агрикола (1494-1555) изложил вопросы охраны труда в своей работе «О горном деле». Итальянский врач Рамаццани (1633-1714) заложил основы производственной гигиены в работе «О болезнях ремесленников».

В России впервые в законодательном порядке Петр I заставил купцов отчислять деньги на безопасность судоходства и поддержание дорог в надлежащем состоянии. Он издал Указ о содержании дорог, каналов, шлюзов и бечевников на основании шведского и голландского законов.

М. В. Ломоносов (1711-1765) сформулировал правила безопасности и санитарные правила при выполнении горных работ, создал теорию естественной вентиляции шахт, основанную на физических свойствах воздуха при разной температуре. В своем труде «Первые основания металлургии или рудных дел», опубликованном в 1742 г., он изложил рекомендации о креплении грунта и безопасных переходах по лестницам, о правилах ношения рабочей одежды. Ломоносовым были изобретены и построены анемометр и барометр и совместно с Г. В. Рихманом разработана конструкция молниеотвода.

В 19 веке, в связи с интенсивным развитием промышленности, появляются работы В.Л. Кирпичева (1845-1913), Г.П. Никольского (1855-1918), А.А. Пресса (1857-1930), В.А. Левицкого (1867-1936),

А.А. Скочинского (1874-1960) и других ученых. Их труды стали основой современного учения о деятельности человека. Позже были разработаны основы системного анализа безопасности, что позволяет выявлять нежелательные события, заложены основы учения о трудовой деятельности, которые являются основой современной комплексной науки – эргономики. В 1921 г. на первой Всероссийской конференции по научной организации труда и производства, которой руководил академик В.М. Бехтерев, была обоснована необходимость создания эргономики как системы исследований трудовой деятельности человека для обеспечения ее эффективности. В.М. Бехтерев стал основателем эргологии – современного учения о психических основах трудовой деятельности (психология труда)

И. М. Сеченов (1829-1905) в своей работе «Рефлексы головного мозга» заложил научные основы физиологического анализа жизнедеятельности человека, в том числе и трудовой деятельности. В его книге «Очерк рабочих движений человека» (1901) научно обосновано ограничение длительности рабочего дня и исследованы наиболее благоприятные условия отдыха.

Законы высшей нервной деятельности, установленные И. П. Павловым (1849-1936), лежат в основе современных представлений о формировании трудовых навыков, развитии причин снижения работоспособности, научного обоснования профилактики утомления на производстве.

Впервые в Петербурге Д. П. Никольский (1855-1918) начал преподавать курс гигиены труда и первой помощи при несчастных случаях в Горном (с 1897 г.), Технологическом (с 1902 г.) и Политехническом (с 1904 г.) институтах. По его инициативе в Обществе охраны народного здравия была создана комиссия по охране труда. Он написал много работ по охране здоровья рабочих. Для улучшения учебного процесса и привлечения внимания общества к вопросам охраны труда Никольский организовал выставки и музеи по гигиене и охране труда.

Н.Д. Зелинский (1861-1953) в 1915 г. создал первый противогаз, который стали использовать во время первой мировой войны.

В 1917 г. в России был опубликован Декрет о восьмичасовом рабочем дне. Для лиц моложе 18 лет продолжительность рабочей смены была сокращена до 6 ч в сутки. В 1918г. был издан первый российский Кодекс законов о труде (КЗоТ). С 1929 г. курс «Техника безопасности и охрана труда» стал обязательным для вузов страны. В 1966 г. он получил название «Охрана труда». Предмет «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД) введен приказом от 09.07.90 № 473 Государственного Комитета СССР по народному образованию.

Таким образом, идет становление дисциплины, вводятся концептуальные подходы к изложению и модернизации рабочих программ, формируются общекультурные и профессиональные компетенции.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные понятия в науке «Безопасность жизнедеятельности».
2. Дайте определение вредного и опасного производственного фактора.
3. Какие основные задачи решает «Безопасность жизнедеятельности»?
4. Что такое среда обитания?
5. Дайте определение опасности.
6. Назовите виды опасностей.
7. Что такое живая система?
8. Что такое ущерб? Назовите его виды.
9. Дайте определение аварии.
10. Какими признаками характеризуется катастрофа?
11. Что называют чрезвычайной ситуацией?
12. Перечислите компоненты природной среды.
13. Что понимают под охраной окружающей среды?
14. Дайте определение природно-антропогенного объекта.
15. Что называют стихийным бедствием?
16. Назовите основные этапы возникновения и развития безопасности жизнедеятельности как науки.

ГЛАВА 2. РАЗВИТИЕ БИОСФЕРЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Законы развития биосферы. Границы и механизмы ее устойчивости

Одной из важных задач современности - изучение законов развития биосферы и разработка принципов ее устойчивого развития. Под ***биосферой*** понимается оболочка земли, структура и энергетика которой определена прошлой и настоящей деятельностью живых систем. Биосфера включает литосферу (верхнюю часть земной коры до 5 км), гидросферу – водную оболочку (до глубины 12 км), и нижний слой атмосферы (высотой до 15 км). В становление учения о биосфере внесли вклад работы многих зарубежных и отечественных ученых: Ж.Б. Ламарка, А. Гумбольдта, Г. Гегеля, М.В. Ломоносова, Н.Е. Жуковского, В.Д. Докучаева, К.А. Тимирязева, И.М. Сеченова, СИ. Вавилова, В.И. Вернадского, Э.Ф. Эрисмана, Г.В. Холопина, В.А. Обух и других ученых.

Выделяют следующие законы развития биосферы:

– закон физико-химического единства живого вещества (закон В.И. Вернадского);

– закон преобразования, развития природы;

– закон динамического природного равновесия;

– закон системной организации и усложнения биосферы;

–закон снижения энергетической эффективности природопользования.

Фундаментальным законом, устанавливающим правила функционирования биосферы, является ***закон физико-химического единства живого вещества***. Во многих случаях кризисные проявления в развитии биосферы происходят из-за непонимания или игнорирования закона физико-химического единства живого вещества. Важнейшее следствие из закона В.И. Вернадского – любые вредные воздействия оказывают негативное влияние на всю природу. Поясним это положение. В окружающей природной среде существуют виды животных, растений, различающихся по степени устойчивости к воздействию негативных факторов. При длительном действии токсичного вещества или излучения на живые организмы происходит привыкание или адаптация животного, растения, микроорганизма. Скорость привыкания к вредному воздействию данного вида живого существа пропорционально частоте чередования поколений. Влияние вредного фактора, к которому организм с медленной сменой поколений устойчив, уравно-

вешивается фактором адаптации видов с быстрой сменой поколений. Длительное использование химических веществ для борьбы с вредителями не является эффективным средством, отражается на здоровье людей и негативно влияет на окружающий мир. Так, применение одного типа пестицида в сельском хозяйстве неизбежно приведет к тому, что живой организм, подвергающийся воздействию пестицида, начнёт привыкать к химическому препарату. Для достижения требуемого эффекта необходимо увеличивать концентрацию токсичного вещества, которая достигнет таких величин, что приведет к отравлению других животных или человека.

Следующее важное следствие рассматриваемого закона связано с организацией живого вещества в биосфере. Биосфера – это сложный, многофункциональный организм, представляющий единое целое в данный период своего развития. Нарушение функциональных связей биосферы снижает устойчивость всей системы, изменяется баланс материальных, энергетических, информационных потоков, поэтому охрана всего живого способствует развитию человека и сохранению среды его обитания.

Проявление закона физико-химического единства живого вещества обусловлено процессами, протекающими в живых организмах на молекулярном уровне, в способности живых организмов воспроизводить себе подобных существ. С точки зрения теории информации эта способность заключается в передаче информации от одного поколения к другому. Доказано, что существует единый механизм воспроизводства и передачи информации у человека, животных, микроорганизмов, растений. Молекулярный аппарат клеток одинаков для простых и сложных элементов биосферы: универсальный генетический код, способ его передачи и общие принципы строения макромолекул белка живых существ.

Закон преобразования, развития природы указывает на качественный и количественный состав биосферы – в природе нет ничего вечного, все развивается по определенным законам.

Каким образом происходит развитие, указывает закон системной организации, усложнения биосферы – развитие живых организмов приводит к усложнению, разделению функций, возрастанию дифференциации между отдельными частями системы.

Законы преобразования, развития системы и организации, усложнения биосферы связаны со способностью живого вещества к самоорганизации – изменению, усложнению, дифференциации. Принцип самоорганизации материи в определенных условиях эквивалентен дарвиновскому принципу естественного отбора, который обеспечивает

эволюционное поведение самовоспроизводящихся живых существ, в том числе и человека.

Закон динамического природного равновесия устанавливает взаимосвязь между элементами биосферы в виде вещества, энергии, информации. Изменение одних показателей, определяющих функционирование системы, оказывает влияние на другие параметры качественного и количественного характера. Так, исчезновение в степных районах копытных животных вызывает появление большого количества грызунов, а нарушение динамического равновесия других видов сопровождается периодами массового размножения организмов, в том числе вредных и опасных.

Следствия из закона динамического природного равновесия:

– нарушение динамического равновесия в биосфере вызывает развитие процессов компенсации произведенного изменения;

– взаимодействие между элементами биосферы не носит линейного характера; незначительные увеличения или снижения одних показателей могут вызвать сильные отклонения в развитии системы.

Показателен следующий пример: нарушение энергетических балансов Земли на 1 % сопровождается глобальными нарушениями климатических условий в различных районах и выходом экосистемы из равновесия.

Степень стабильности экосистем весьма различна и зависит как от факторов окружающей среды, так и от эффективности внутренних управляющих механизмов.

Циклы перемещения химических элементов в биосфере связывают наружные оболочки нашей планеты – атмосферу, гидросферу и литосферу в единое целое, тем самым обеспечивая ее устойчивость и постоянную эволюцию состава.

Между процессами создания органического вещества и его преобразованием и разрушением устанавливается относительное равновесие, и экосистема остается устойчивой. Устойчивость – это свойство экосистемы, которое проявляется в поддержании своего состава, структуры и функций, а также в способности восстанавливаться в случае, если они будут нарушены. Устойчивость биосферы определяется:

- исключительным разнообразием живого вещества;
- взаимозаменяемостью составляющих ее экосистем;
- дублированием звеньев биогеохимических циклов;
- жизненной активностью живого вещества.

Биологическое разнообразие обеспечивает богатство информационных, вещественных и энергетических связей живого и косного

вещества, а также взаимосвязи биосферы с космосом, геосферами, процессы глобального биогеохимического круговорота.

2.2. Функционирование системы «человек-среда обитания»

Природная среда, воздействуя на организм человека, способна вызвать в нем определенные, в том числе и отрицательные, изменения. Природа позаботилась о человеке, снабдив его особым механизмом защиты, который называется гомеостаз.

Гомеостаз – это относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивости основных физиологических функций организма человека.

Так как величина любого воздействия на природу меняется в определенных пределах, можно выделить ряд характерных состояний для человека и среды обитания:

1. 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.

2. Допустимое, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье человека, 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.

3. 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.

4. Чрезвычайно опасное, когда потоки высоких уровней за короткий период времени может нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызывать разрушения в природной среде.

Первые два состояния соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а вторые два – недопустимы для жизнедеятельности человека, т. е. являются негативными.

Мерой опасности для человека является критерий индивидуальной безопасности, в качестве которого можно применять предельно-допустимые концентрации (ограничивают токсическое воздействие

опасных химических веществ), предельно-допустимые радиационные воздействия, интенсивность шума L_A (акустическое воздействие). Именно они являются критериями безопасности человека, регламентируя потоки вещества и энергии:

1) потоки вещества:

$$\sum_{i}^{n} C_i / ПДК_i < 1, \tag{2.1}$$

где C_i – концентрация i-го вещества в жизненном пространстве; ПДК – предельно допустимая концентрации i-го вещества в жизненном пространстве; n – число веществ;

2) потоки энергии:

$$\sum_{i}^{n} I_i / ПДУ_i < 1, \tag{2.2}$$

где I_i – интенсивность i-го потока энергии; ПДУ – предельно допустимая интенсивность i-го потока энергии.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются нормативно-правовыми актами Государственной системы обеспечения безопасности.

2.3. Негативные факторы техносферы, их воздействие на биосферу и человека

Известный эколог Б. Коммонер (1974) выделял пять основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

- упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;
- концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- рост числа отходов от химических производств;
- введение в экосистему новых видов живых организмов;
- появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Положительное воздействие: воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезащитное лесоразведение, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и некоторые другие мероприятия.

Отрицательное (негативное) воздействие: вырубка леса на больших площадях, истощение запасов пресных подземных вод, засо-

лении и опустынивании земель, резкое сокращение численности, а также исчезновении видов животных и растений, и т. д.

Главнейшим и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является загрязнение.

Загрязнением называют поступление в окружающую природную среду любых твердых, жидких и газообразных веществ, микроорганизмов или энергий (в виде звуков, шумов, излучений) в количествах, вредных для здоровья человека, животных, состояния растений и экосистем. По объектам загрязнения различают загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение почв и т. д.

Источниками антропогенного загрязнения, являются: промышленные предприятия (химические, металлургические, целлюлозно-бумажные, строительных материалов и др.), теплоэнергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство и другие технологии.

Природными загрязнителями могут быть пыльные бури, вулканический пепел, селевые потоки и др. По видам загрязнений выделяют химическое, физическое и биологическое загрязнение. По своим масштабам и распространению загрязнение может быть локальным (местным), региональным и глобальным.

2.4. Антропогенное загрязнение атмосферы и контроль за ее состоянием

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

Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются: оксид углерода (II) CO, оксид серы (IV) SO_2, оксиды азота NO_x, углеводороды C_nH_m и пыль. Основные источники примесей атмосферы и их ежегодные выбросы приведены в табл. 2.1, 2.2.

Таблица 2.1

Источники выбросов веществ в атмосферу

Примеси	Основные источники		Среднегодовая концентрация в воздухе, мг/м^3
	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
Полициклические ароматические углеводороды	–	Автотранспорт, химические и нефтеперерабатывающие заводы	В районах с развитой промышленностью до 0,01

Таблица 2.2

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.

Каждой отрасли промышленности присущ характерный состав и масса веществ, поступающих в атмосферу. В настоящее время экологические показатели теплоэнергетики, металлургии, нефтехимического производства и ряда других производств изучены достаточно подробно. 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-го и 2-го класса опасности, такие как пары ртути, соединения свинца и т. п.

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.

Фотохимический смог токсичен, его составляющие находятся в пределах: O_3 – 60...75 %, ПАН, H_2O_2, альдегиды, кислоты и другие вещества – 25...40 %. Для образования смога в атмосфере в солнечную погоду необходимо наличие оксидов азота и углеводородов (их выбрасывают в атмосферу автотранспорт, промышленные предприятия). Фотохимические смоги, впервые обнаруженные в 40-х годах XX в. в г. Лос-Анджелес, теперь периодически наблюдаются во многих городах мира.

Кислотные дожди известны более 100 лет, однако проблема этих дождей возникла около 25 лет назад. Источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот. Наиболее важные из них: SO_2, NO_x, H_2S. Кислотные дожди возникают вследствие неравномерного распределения этих газов в атмосфере. Например, концентрация SO_2 (мкг/м^3) обычно такова: 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 два маршрута – радикальный и активированный:

$$SO_2 + {}^{\bullet}OH \rightarrow HSO_3^{\bullet};$$

$$HSO_3^{\bullet} + {}^{\bullet}OH \rightarrow H_2SO_4;$$

Для активированного маршрута характерна следующая формальная схема:

$$SO_2 + h\nu \rightarrow SO^*_2$$

где SO^*_2 – активированная молекула диоксида серы;

$$SO^*_2 + 2O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + O_3;$$

$$SO_4 + O_2 \rightarrow SO_3 + O_3;$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4.$$

Реакции обоих вариантов в атмосфере идут одновременно. Для сероводорода характерна реакция: $H_2S + O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$ 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/м^3) 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 NO и NO_2. В атмосфере возникают реакции:

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2,$$

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO.$$

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/м^3.

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

В России повышенная кислотность осадков (pH = 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^2·год), зарегистрирована в 22 городах страны, а более 8...12 т/(км^2·год) в городах Алексин, Новомосковск, Норильск, Магнитогорск.

Парниковый эффект. Состояние и состав атмосферы определяют во многом величину солнечной радиации в тепловом балансе Земли. На ее долю приходится основная часть поступающей в биосферу теплоты, Дж/год: теплота от солнечной радиации составляет 25·

10^{23} (99,8 %), теплота от естественных источников (из недр Земли, от животных и др.) – $37{,}46 \cdot 10^{20}$ (0,18 %), теплота от антропогенных источников (энергоустановок, пожаров и др.) – $4{,}2 \cdot 10^{20}$ (0,02 %).

Роль углекислого газа в возможности создания на Земле «парникового эффекта», обусловленного тем, что атмосфера хорошо пропускает солнечную радиацию к земной поверхности, но длинноволновое излучение Земли сильно поглощается тропосферой, что приводит к повышению температуры приземного слоя воздуха. Рассмотрим эту проблему подробнее. Известно, что Земля получает энергию от Солнца. В результате термоядерной реакции в недрах Солнца с его поверхности излучается электромагнитная энергия. Мощность излучения с единицы поверхности пропорциональна четвертой степени температуры поверхности, так что Солнце излучает в единицу времени энергию в количестве:

$$L = 4\pi R_c^2 \sigma T_c^4 = 3{,}83 \cdot 10^{26}\,\text{Вт}, \qquad (2.3)$$

где R – радиус Солнца; T_c – температура его поверхности; σ – коэффициент пропорциональности (постоянная Стефана-Больцмана).

Часть солнечной энергии попадает на Землю; она равна отношению площади сечения земного шара πR_3^2 к площади сферы $4\pi\alpha_3^2$, где α_3 – радиус земной орбиты (Земля плюс слой атмосферы).

Мощность солнечного излучения *P*, поступающего на Землю равна:

$$P = \pi R_3^2 / 4\pi\alpha_3^2 = 1{,}75 \cdot 10^{17}\ \text{Вт} \qquad (2.4)$$

Часть солнечной энергии сразу отражается в космос. Доля отраженной энергии *A* называется альбедо (от лат. *Albus* – белый). Измерения, проведенные со спутников Земли, дают *A*=0,28. Остальная часть энергии поглощается Землей, и это является причиной того, что на Земле тепло по сравнению с Космосом. Но солнечная энергия поступает на Землю постоянно, и если бы не было отвода этой энергии обратно в Космос, то температура на Земле должна была бы постоянно и неограниченно возрастать. В действительности это не так, от Земли происходит отвод энергии в виде электромагнитного излучения; закон излучения такой же, как и для Солнца – мощность излучения с единицы поверхности пропорциональна четвертой степени температуры T_3 поверхности Земли. Мы можем записать энергетический баланс Земли

– равенство между энергией, поступающей от Солнца и поглощаемой Землей, и энергией, излучаемой от Земли в Космос:

$$(1-A)\ 4\pi R_c^2 \sigma T_c^4 \frac{R_З^2}{4\alpha_З^2} = 4\pi R_З^2 \sigma T_З^4, \qquad (2.5)$$

Средняя температура поверхности Земли: $T_З$=257 К= –16 °С. Эта температура ниже, чем наблюдаемая в действительности, т.к. часть потока радиационной энергии, излучаемой поверхностью Земли, задерживается в атмосфере превращаясь в теплоту. Температура повышается до новой равновесной температуры, более высокой, чем полученная в расчете. Превышение средней температуры Земли над расчетным значением объясняется закономерностями процесса распространения лучистой энергии и свойством атмосферного воздуха поглощать длинноволновое излучение. Подобный эффект наблюдается в парнике, поэтому повышение температуры часто называют «парниковым эффектом».

Возможность возникновения «парникового эффекта» связана не только с загрязнением атмосферы углекислым газом. Аналогичными свойствами обладают метан, закись азота, фреоны, концентрация которых в атмосфере быстро возрастает. Несмотря на то что концентрация этих газов намного ниже концентрации CO_2, эффективность поглощения ими тепловой радиации в расчете на одну молекулу значительно выше, чем у CO_2 (CH_4 – в 30, NO_2 – в 10, фреоны – в 10^4 раз).

Расчеты показывают, что удвоение концентрации CO_2 приведет к повышению температуры земной поверхности в среднем на 4 °С, что может привести к затоплению многих плодородных земель. Энергетический баланс Земли зависит от малых изменений различных процессов, которые могут вывести систему из равновесия. Так, если поверхность льда и снега на планете немного уменьшится при малом случайном увеличении температуры, то уменьшится альбедо Земли и это приведет к дальнейшему росту температуры. Подъем уровня океана и затопление части суши также приведут к уменьшению альбедо, так как вода хорошо поглощает солнечную энергию.

Источниками техногенных парниковых газов являются: теплоэнергетика, промышленность и автотранспорт, они выделяют CO_2; химические производства, утечки из трубопроводов, гниение мусора и отходов животноводства определяют поступление CH_4; холодильное оборудование, бытовая химия – фреонов; автотранспорт, ТЭС, промышленность – оксидов азота и т.п.

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. Так, один атом хлора может разрушить до 10^5 молекул озона, одна молекула оксидов азота – до 10 молекул озона.

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 NO и NO_2; ракеты, содержащие в выхлопных газах соединения азота и хлора.

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.

Ядерные взрывы могут 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 космического аппарата «Шаттл» сопровождается разрушением около 0,3 % озона, что составляет около 10^7 т озона.

В результате техногенного воздействия на атмосферу возможны следующие негативные последствия:

- превышение ПДК токсичных веществ (CO, NO_2, SO_2,C_nH_m, бенз(а)пирена, свинца, безнола и др.) в городах и населенных пунктах;
- образование смога при интенсивных выбросах NO_x, C_nH_m;
- выпадение кислотных дождей при интенсивных выбросах SO_x NO_x;
- появление парникового эффекта при повышенном содержании CO_2, NO_2, O_3, CH_4, H_2O и пыли в атмосфере, что способствует повышению средней температуры Земли;

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

Основным направлением защиты воздушного бассейна от загрязнений вредными веществами является создание новых малоотходных технологий с замкнутыми циклами производства и комплексным использованием сырья. К технологическим защитным мероприятиям также относятся: рекуперация растворителей, герметизация оборудования, сокращение неорганизованных выбросов, замена сухих процессов мокрыми, применение малодымного и малосернистого топлива, строительство высоких (до 300 м) труб для удаления зоны максимального загрязнения и снижению концентрации в приземном слое. К техническим мерам борьбы с выбросами автотранспорта относится регулировка двигателя с выбором оптимального состава горючей смеси и режима зажигания. Критерием оценки влияния выбросов предприятий на окружающую среду является сравнение практических концентраций примесей в атмосфере с предельно допустимыми (ПДК).

2.5. Загрязнение водного бассейна и контроль за состоянием гидросферы

Гидросфера – водная оболочка Земли, представляющая совокупность всех типов водоемов, включая подземные воды. Вода – единственная природная жидкость, имеющаяся на поверхности Земли в большом количестве – 1386 млн км^3, причем она находится не только в гидросфере, но частично и в атмосфере (0,001 %) и литосфере (1,72 %).

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. $БПК_5$ – количество кислорода, потребляемое за 5 суток микроорганизмами – деструкторами для полной минерализации органических веществ, содержащихся в 1 л воды. 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 (табл. 2.3).

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.

Таблица 2.3

Поступление тяжелых металлов в Мировой океан, т/год

Химический элемент	Сток с суши	Атмосферный перенос
Свинец	$(1–20)\cdot10^5$	$(2–20)\cdot10^5$
Ртуть	$(5\text{-}8)\cdot10^3$	$(2–3)\cdot10^3$
Кадмий	$(1–20)\cdot10^3$	$(5\text{-}40)\cdot10^2$

Значительные отклонения от состояния равновесия могут привести к гибели популяций водных организмов, т. е. к невозможности возврата к состоянию равновесия, а это приводит к гибели экосистемы. Процессы, связанные с возвращением экосистемы к первоначальному состоянию, называются процессами самоочищения. К важнейшим из них относятся:

- осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- окисление (минерализация) органических примесей;
- окисление минеральных примесей кислородом;
- нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости воды водоема;
- гидролиз солей тяжелых металлов, приводящий к образованию малорастворимых гидроксидов и выделению их из раствора и др.

Основные характеристики *сточных вод,* влияющие на состояние водоемов: температура, минералогический состав примесей, содержание кислорода, мл, pH (водородный показатель), концентрация вредных примесей. Особенно большое значение для самоочищения водоемов имеет кислородный режим. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Сточные воды характеризуются следующими признаками:

- мутность воды – определяется с помощью мутномера: исследуемую воду сравнивают с эталонным раствором, который приготовлен из каолина (или из инфузорной земли) на дистиллированной воде, выражается в мг/л;

- цветность воды – определяется сравнением интенсивности окраски испытуемой воды со стандартной шкалой. Выражается в градусах цветности. В качестве стандартного раствора применяют раствор соли кобальта;

- сухой остаток – масса солей и веществ, которые остаются после выпаривания воды (мг/л);

- кислотность – измеряется в единицах pH;

- жесткость – зависит от содержания солей Ca^{2+} и Mg^{2+}. Различают три вида жесткости воды: общая, обусловленная содержанием солей кальция и магния независимо от содержания анионов; постоянная, обусловленная содержанием ионов $C1^{-}$ и SO_4^{2-} после кипячения в течение 1 ч (она не удаляется); устранимая (временная) – устраняется кипячением:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

Самым важным условием, необходимым для того, чтобы биохимические процессы в водоеме протекали правильно и обеспечивали самоочищение воды, является наличие в ней растворенного кислорода. Органические соединения вместо окисления подвергаются анаэробному разложению с выделением сероводорода, углекислого газа, метана и водорода, создающих вторичные загрязнения водоема.

По санитарным нормам (СНИП) значение биохимического потребления кислорода (БПК) в зависимости от типа природных водоемов не должно превышать 3–6 мг O_2/лH_2O. В сточных водах БПК составляет от 200 до 3000 мг/л, поэтому при сбросе в водоемы промстоков необходимо их очищать.

Главным критерием качества воды и атмосферы в нашей стране являются ПДК. Но они установлены далеко не для всех веществ. Спуск в водоемы новых веществ, ПДК которых не определены, в нашей стране запрещен. Иногда возможно достичь установленного ПДК простым разбавлением сточных вод, чем часто пользуются. Около половины сточных вод на Земле не подвергается специальной очистке перед сбросом в водоемы. Их обезвреживание заключается лишь в разбавлении чистой водой и самоочищении водоемов. Например, сточные воды заводов по производству полиэтилена и полистиро-

ла надо разбавлять в 30 раз; сточные воды от производства синтетического каучука – в 185 раз.

В России ежегодно образуется около 21 км^3 сточных вод, из них 16 км^3 сбрасывают в Волгу или ее притоки. Поэтому принято специальное постановление по защите окружающей среды в бассейнах Волги и Урала.

Сбросы сточных вод регламентируются также величиной НДС (нормативного допустимого сброса) предприятия. В Европе и Азии, где проживает 70 % населения Земли, мировых запасов речных вод очень мало. Гидроресурсы России велики, но более 80 % речного стока приходится на малонаселенные районы Севера и Востока. На Европейской части России проживает около 80 % населения и на них приходится всего 20 % гидроресурсов.

Таким образом, влияние хозяйственной деятельности человека на кругооборот воды в природе привело к:

- сокращению количества воды в водоемах суши;
- росту водопотребления;
- исчерпанию самоочищающей способности водоемов;
- деградации природных вод.

Выход из положения – создание *замкнутых водооборотных систем.* Помимо перечисленных выше факторов это связано с экономическими соображениями. Стоимость очистки сточных вод даже после значительного разбавления очень велика. Так, если принять стоимость 90 % очистки за 1 условную единицу, то очистка на 99 % дороже в 10 раз (10 единиц), а очистка на 99,9 %, которая требуется чаще всего, будет дороже в 100 раз и составит 100 условных единиц. Локальная очистка сточных вод от характерных для данного вида загрязнений для их повторного использования оказывается существенно дешевле их полной очистки в соответствии с требованиями санитарных органов.

Для характеристики замкнутых водооборотных систем используется критерий кратности использования воды в обороте:

$$n = \frac{Q_{исп}}{Q_З} \qquad (2.6)$$

где $Q_{исп}$ – общий объем воды, потребляемый предприятием (м^3/ч; м^3/г сырья или продукции); $Q_З$ – забор потребления свежей воды.

2.6. Загрязнение литосферы. Контроль за состоянием почвы

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли (почва), включающая земную кору и верхнюю мантию Земли. Почва образовалась под совместным воздействием гидросферы, атмосферы, живых организмов. Основными факторами почвообразования являются время и климатические условия. Так, полоска почвы толщиной 2 см в зависимости от климатических условий создается природой в течение 200 – 600 лет.

Хозяйственная деятельность человека в настоящее время становится доминирующим фактором в разрушении почв, снижении и повышении их плодородия. Под влиянием человека меняются параметры и факторы почвообразования – рельефы, микроклимат, создаются водохранилища, проводится мелиорация.

Основное свойство почвы – плодородие. Оно связано с качеством почв. В разрушении почв и снижении их плодородия выделяют следующие процессы.

Аридизация суши – комплекс процессов уменьшения влажности обширных территорий и вызванное этим сокращение биологической продуктивности экологических систем. Под действием примитивного земледелия, нерационального использования пастбищ, беспорядочного применения техники на угодьях почвы превращаются в пустыни.

Эрозия почв – разрушение почв под действием ветра, воды, техники и ирригации. Наиболее опасна *водная эрозия* – разрушение, перенос и отложение почвы и грунта водой. Вследствие эрозии обедняется верхний плодородный слой почвы, ухудшается нормальный водо-, газо-, теплообмен, снижается урожай, ухудшается его качество. Продуктами эрозии заносятся каналы, реки, водоемы и кюветы дорог, ухудшается качество воды, так как при эрозии вместе с почвенными частицами со склонов сносятся и пестициды. Водной эрозии способствует уничтожение лесов, вспашка по склону.

Ветровая эрозия характеризуется выносом ветром наиболее мелких частей. Ветровой эрозии способствует уничтожение растительности на территориях с недостаточной влажностью, сильными ветрами, непрерывный выпас скота. Скорость ветровой и водной эрозии почв в результате сведения лесов, неправильной агрокультуры только за последние 50 лет возросла по сравнению со среднеисторической в 30 раз.

Техническая эрозия связана с разрушением почвы под воздействием транспорта, землеройных машин и техники. Ирригационная эрозия развивается в результате нарушения правил полива при ороша-

емом земледелии. Засоление почв в основном связано с этими нарушениями. В настоящее время не менее 50 % площади орошаемых земель засолено, потеряны миллионы гектаров ранее плодородных земель. Особое место среди почв занимают пахотные угодья, т. е. земли, обеспечивающие питание человека. По заключению ученых и специалистов, для питания одного человека следует обрабатывать не менее 0,1 га почвы. Рост численности жителей Земли напрямую связан с площадью пахотных земель, которая неуклонно сокращается. Это вызывает нарушение и деградация почвенного покрова, отвод земель под застройку городов, поселков и промышленных предприятий.

На больших площадях снижается продуктивность почв из-за уменьшения содержания гумуса, запасы которого за последние 20 лет сократились в РФ на 25–30 %, а ежегодные потери составляют 81,4 млн. т. Земля сегодня может прокормить 15 млрд. человек.

Бережное и грамотное обращение с землей сегодня стало самой актуальной проблемой.

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения, ТЭС на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями свинца, серы и другими токсичными веществами. Примерами значительного накопления отходов, связанных с добычей полезных ископаемых, могут служить терриконы угольных шахт, отвалы вблизи карьеров при наземной добыче руд. Наиболее остро стоит вопрос утилизации отходов в угольной промышленности, поскольку на некоторых шахтах добыча 1 тыс. т угля сопровождается подъемом из шахт до 800 т породы.

В настоящее время одной из самых острых проблем является утилизация и захоронение радиоактивных отходов и, прежде всего, отходов АЭС. Опасны и значительны отходы сельскохозяйственного производства — навоз, остатки ядохимикатов, кладбища животных.

В России ежегодно образуется около 150 млн $м^3$ (30 млн т) твердых бытовых отходов (ТБО). По прогнозам, ежегодное накопление ТБО увеличится до 200 млн $м^3$, что объясняется увеличением доли тары и упаковки в массе продуктов и товаров. К твердым бытовым отходам относятся: бумага и картон, полимерные материалы, стекло, древесина, металлы и др.

Эффективность использования и обезвреживания отходов составляет около 40 % (ТБО – 3 %). В России имеется 2,9 тыс. мест захоронения токсичных отходов общей площадью 22 тыс. га.

В связи с недостаточным количеством полигонов для складирования и захоронения промышленных и бытовых отходов широко распространена практика размещения их в местах неорганизованного складирования отходов, что представляет особую опасность для окружающей среды.

Правильно организованная технологическая свалка – это такое складирование твердых бытовых отходов, которое предусматривает постоянную, хотя и очень долговременную, переработку отходов при участии кислорода воздуха и микроорганизмов. На рис. 2.1 дана схема безопасного захоронения отходов, которая может послужить иллюстрацией к вышесказанному, хотя она относится к промышленным отходам, но принцип складирования отходов, представленный на этой схеме, надежно обеспечивает охрану территории ОС.

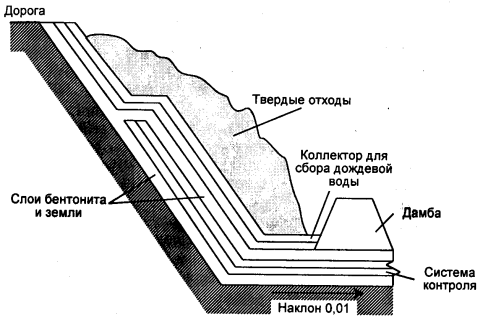

Рис. 2.1. Схема безопасной утилизации отходов

Опасны выбросы мусоросжигающих заводов, содержащие тетраэтилсвинец, ртуть, диоксины, бенз(а)пирен и т. п. Выбросы ТЭС содержат бенз(а)пирен, соединения ванадия, радионуклиды, кислоты и другие токсичные вещества. В табл. 2.4 приведены основные источники и наиболее распространенные группы веществ химического загрязнения почвы.

Техногенное воздействие на почву 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.

Таблица 2.4

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	–	–	–	–	

Валовое содержание тяжелых металлов определяют методом *эмиссионного спектрального анализа* без предварительного разложения пробы почвы или методами атомно-абсорбционной спектрометрии после переведения пробы почвы в раствор путем разложения кислотами.

2.7. Энергетические загрязнения техносферы

К зонам техногенных опасностей относятся транспортные магистрали, зоны излучения радио- и телепередающих систем, промышленные территории. Возможно проявление опасности при использовании человеком на производстве и в быту технических устройств: электрических сетей и приборов, станков, ручного инструмента, газовых баллонов и газовых сетей, оружия и т. п. Возникновение опасности в таких случаях связано, как правило, с наличием неисправностей в технических устройствах или неправильными действиями человека при их использовании. Уровень опасности при этом определяется энергетическими показателями технических устройств, которые существенно возросли, т.к. человек получил в свое распоряжение мощную технику, запасы углеводородного сырья, химических и бактериологических веществ.

Промышленные предприятия, объекты энергетики, связи и транспорт являются основными источниками энергетического загрязнения промышленных регионов, городской среды, жилищ и природ-

ных 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 дБА, а в отдельных случаях 90 дБА 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 техногенного (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 зданий, 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. Микроволновые печи в промышленном исполнении не представляют опасности, однако неисправность их защитных экранов Может существенно повысить утечки электромагнитного излучения. Экраны телевизоров и дисплеев как источник 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 испытывают недомогание 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.

Для человека, проживающего в промышленно развитых регионах России, годовая суммарная эквивалентная доза облучения из-за высокой частоты рентгенодиагностических обследований достигает 3000...3500 мкЗв/год (средняя на Земле доза облучения равна 2400 мкЗв/год). Для сравнения: предельно допустимая доза для профессионалов (категория А) составляет 50 000 мкЗв/год.

Доза облучения, создаваемая техногенными 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 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.

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 ^{90}Sr и ^{137}Cs. 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.

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 NO_X, CO и др., 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/м^3): 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/м^3 при снижении воздухообмена с 0,8 до 0,3 м^3/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.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите законы развития биосферы.
2. Перечислите негативные факторы техносферы.
3. Меры опасности для человека в системе «человек – среда обитания».
4. Виды состояния системы «человек – среда обитания».
5. Дайте определение понятию «биосфера».
6. Виды вмешательства человека в экологические процессы.
7. Что такое загрязнение окружающей среды.
8. Гидросфера. Роль гидросферы в жизнедеятельности человека.
9. Основные виды загрязнений гидросферы.
10. Критерии качества воды.
11. Атмосфера. Роль атмосферы в жизнедеятельности человека.
12. Основные загрязнители атмосферы.
13. Способы защиты окружающего воздуха от загрязнения.
14. Условия образования смога.
15. Кислотные дожди. Виды и воздействие на окружающую среду.
16. Причины образования парникового эффекта.
17. Причины разрушения озонового слоя.
18. Почва. Роль почвы в жизнедеятельности человека. Основные виды загрязнений.
19. Эрозия почв. Виды и последствия.
20. Виды энергетического загрязнения окружающей природной среды.

ГЛАВА 3. ВРЕДНЫЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Под ***вредным фактором*** понимают производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и(или) отрицательному влиянию на здоровье потомства.

К вредным производственным факторам относятся:

- неблагоприятные метеорологические условия;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации; 2
- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений.

В соответствии с определением вредного фактора, воздействующего на человека, природную среду, под ***вредным веществом*** понимают такое вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать профессиональное заболевание или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе воздействия вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций ПДК (как правило, измеряется в мг/м^3). В зависимости от деятельности человека различают различные виды ПДК.

Предельно допустимая концентрация рабочей зоны ПДК$_{р/з}$ – это такая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, как гигиенический норматив, используется:

- при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции;
- для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируются гигиеническими нормативами (ГН 2.2.5.1313-03) и ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

По степени воздействия на организм человека вредные вещества делятся на:

- **чрезвычайно опасные:** бериллий, свинец, полоний, без(а)пирен;
- **высокоопасные:** хлор, фосген, фтористый водород;
- **умеренно опасные:** табак, стеклопластик, метиловый спирт;
- **малоопасные:** бензин, ацетон, этиловый спирт.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателя указанных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м^3	менее 0,1	0,1-0,1	1,1-10,0	более 10,0

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Идентификация вредных факторов, воздействующих на человека, включает ряд стадий:

- выявление вредных факторов, определение их полной номенклатуры;
- оценка воздействия негативных факторов на человека, определение допустимых уровней воздействия и величин приемлемого риска;
- определение (расчетное или инструментальное) пространственно-временных и количественных характеристик негативных факторов;
- установление причин возникновения опасности;
- оценка последствий проявления опасности.

3.1. Закон Вебера – Фехнера

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера – Фехнера. Он выражает связь между изменением интенсивностью раздражителя и силой вызванного ощущения.

Так, согласно закону Вебера – Фехнера (1834 г.) установлено, что при увеличении интенсивности воздействия на человека в геомет-

рической прогрессии (1, 2, 4, 8, 16) интенсивность ощущения увеличивается в арифметической прогрессии (0, 1, 2, 3, 4) – воспринимается не абсолютный, а относительный прирост раздражителя (света, звука, груза, давящего на кожу, и т.п.). Фехнер (1858 г.) математически обработал результаты исследований и сформулировал «основной психофизический закон», по которому сила ощущения p пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя S:

$$\frac{\Delta I}{I} = \text{const}, \;\; p - p_0 = k \cdot \log \frac{S}{S_0}, \qquad (3.1)$$

где ΔI – изменение интенсивности воздействия, I – величина интенсивности воздействия, S_0 — граничное значение интенсивности раздражителя; p_0 – граничное значение интенсивности ощущения; k – коэффициент пропорциональности.

В соответствии с законом при $S < S_0$ раздражитель совсем не ощущается. Этот закон был далее распространен Фехнером на целый ряд других ощущений (свет, звук, ощущения силы тока и другие воздействия).

Поиск количественных соотношений между структурой и опасными свойствами систем позволил создать систему построения моделей, по фрагментам структуры. Например, по структурам химических соединений можно предсказывать их разнообразные свойства. Эти фрагменты структуры называют дескрипторами, в частном случае химических соединений – молекулярными дескрипторами.

За моделями, позволяющими прогнозировать количественные характеристики биологической активности, исторически закрепилось англоязычное название Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR). Аббревиатура QSAR часто трактуется расширенно для обозначения любых моделей структура-свойство. Описание структур химических соединений для этих целей может быть векторным либо невекторным (граф). Информационный и вычислительный ресурс позволяет работать через Web-интерфейс с базой данных по соединениям и их свойствам, рассчитывать набор молекулярных дескрипторов, строить количественные модели структура – опасное свойство и применять их для прогнозирования опасных свойств новых веществ, а в более широкой трактовке – новых систем.

Выводы из закона Вебера – Фехнера:

1. В диапазоне работы анализатора степень чувствительности определяется относительной величиной – отношением интенсивности к интенсивности на нижнем пороге чувствительности.

2. Чувствительность анализатора возрастает при слабых раздражителях и снижается при действии мощных раздражителей; этим обеспечивается самозащита человека от вредных воздействий.

С помощью закона Вебера – Фехнера производят оценку воздействия вредных факторов на человека.

3.2. Восприятие световых характеристик человеком

Психофизиологическое восприятие освещенности L зрительным анализатором человека подчиняется закону Вебера – Фехнера:

$$L = L_0 + k\,lg\frac{E}{E_0}, \qquad (3.2)$$

где L – световые ощущения человека; E, E_0 – освещенность объекта и порог восприятия освещенности зрительным анализатором человека соответственно, лк (люкс); L_0 – граничные значения интенсивности ощущения света.

Частотные границы цветовой чувствительности составляют 390-800 нм (рис. 3.1). Соотношение субъективной оценки цвета с длиной волны составляют: фиолетовый 390-420 нм; синий 450-480 нм; голубой 480-510 нм; зеленый 510-550 нм; желтый 575-585 нм; оранжевый 585-620 нм; красный 620-800 нм.

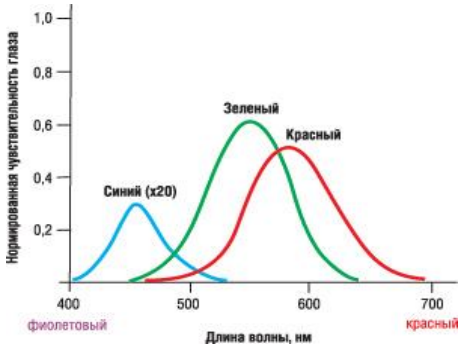

Рис. 3.1. Чувствительности цветовых рецепторов глаза в разных диапазонах видимого спектра

Минимальная яркость светового пятна, которую способен воспринять глаз на абсолютно черном фоне при полной световой адапта-

ции, называется ***абсолютным порогом чувствительности***. Для человека эта величина составляет (2,1-5,7)·10^{-17} Дж. Это соответствует 58-148 квантам сине-зеленого цвета.

Минимальная обнаруживаемая разность между яркостью освещенного фона и яркостью светового пятна называется ***разностным порогом чувствительности***. А отношение минимальной обнаруживаемой разности к яркости освещенного фона называется ***дифференциальным порогом***. Дифференциальный порог остается постоянным при изменении яркости фона. Таким образом, величина разностного порога чувствительности увеличивается с увеличением яркости фона.

Решением Международной комиссии по освещению (МКО) основной функцией спектральной чувствительности глаза принята функция относительной световой эффективности в условиях дневного зрения, являющаяся основой построения системы световых величин и единиц. Соотношение между двумя видами величин (энергетических и световых) приведено в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Соотношение энергетических и световых величин

Энергетические величины		Световые величины	
Наименование	Единица	Наименование	Единица
Поток излучения	Ватт (Вт)	Световой поток	Люмен (лм)
Энергия излучения	Джоуль (Дж)	Световая энергия	Люмен-секунда (лм·с)
Сила излучения	Ватт на стерадиан (Вт/ср)	Сила света	Кандела (кд)
Плотность облучения	Ватт на квадратный метр (Вт/м^2)	Освещенность	Люкс (лк)
Энергетическая светимость	Ватт на квадратный метр (Вт/м^2)	Светимость	Люмен с квадратного метра (лм/м^2)
Энергетическая экспозиция	Джоуль на квадратный метр (Дж/м^2)	Экспозиция	Люкс-секунда (лк·с)
Энергетическая яркость поверхности	Ватт на стерадиан и квадратный метр (ВтДср·м^2)	Яркость поверхности	Кандела с квадратного метра (кд/м^2)

Световой поток является эффективным потоком и определяется действием на селективный приемник, спектральная чувствительность которого нормализована функциями относительной спектральной световой эффективности $u(\lambda)$ – для дневного зрения и $u'(\lambda)$ – для ночного зрения.

Поток излучения Ф, лм, может быть выражен через спектральную плотность потока излучения $\varphi_e(\lambda)$, Вт/мкм:

$$\Phi = 625 \int_{\lambda=0,38}^{\lambda=0,78} \varphi_e\ (\lambda)\ u(\lambda)\ d\lambda \qquad (3.3)$$

1 лм численно равен световому потоку, излучаемому в единичном телесном угле (стерадиан) равноинтенсивным точечным источником с силой света 1 кд. Световой поток в 1 Вт монохроматического излучения с длиной волны $\lambda = 0{,}555$ мкм равен 625 лм.

Таким образом, максимальное (теоретическое) значение спектральной световой эффективности равно 625 лм/Вт.

Сила света $I_{св}$, кд – пространственная плотность светового потока в заданном направлении:

$$I_{св} = d\Phi / d\Omega\,, \qquad (3.4)$$

где Ω – телесный угол, определяемый отношением площади сферической поверхности, заключенной внутри конуса телесного угла с вершиной в центре сферы, к квадрату радиуса этой сферы.

Освещенность $E_{св}$, лк, равна отношению светового потока к площади освещаемой поверхности S, на которую он падает и равномерно по ней распределяется:

$$E_{св} = d\Phi / dS\,, \qquad (3.5)$$

В России слепящая и дискомфортная блескости оцениваются показателями дискомфорта и ослепленности.

Показатель дискомфорта $П_Д$ – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения:

$$П_д = \frac{L_{свб}\beta^{0,5}}{И_n L_{ад}^{0,5}}\,, \qquad (3.6)$$

где $L_{свб}$ и $L_{ад}$ – соответственно яркости блеского источника и адаптации, кд/м^2; (β – угловой размер блеского источника, ср; $И_n$ – индекс позиции блеского источника относительно линии зрения.

Показатель ослепленности $П_{осл}$ – критерий оценки слепящего действия осветительной системы, $П_{осл} = 1\ 000(K_{осл} - 1)$, где $K_{осл}$ – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии в поле зрения блеских источников и равномерном распределении яркости в поле зрения.

Контраст объекта различения с фоном $K_{о.ф.}$ определяется отношением абсолютной величины разности между яркостями объекта и фона к яркости фона. Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим – при $K_{о.ф} > 0,5$ (резкое различие по яркости);
- средним – при $0,2 < K_{о.ф} < 0,5$ (заметное различие по яркости);
- малым – при $K_{о.ф} < 0,2$ (мало различие объекта и фона).

Коэффициент естественной освещенности КЕО, % – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Коэффициент пульсации $K_п$, % – относительное периодическое изменение светового потока или освещенности во времени:

$$K_п = \frac{\Phi_{emax} - \Phi_{emin}}{2\Phi_{ecp}} \cdot 100 = \frac{E_{emax} - E_{emin}}{2E_{ecp}} \cdot 100, \qquad (3.7)$$

где $\Phi_{e\ max}$ ($E_{e\ max}$) и $\Phi_{e\ min}$ ($E_{e\ min}$) – максимальное и минимальное значения потока излучения (освещенности) за один период τ (при частоте тока 50 Гц время т = 0,02 с); $\Phi_{e\ ср}$ ($E_{e\ ср}$) – средние значения потока излучения (освещенности) за полный период.

Цветовая температура $T_ц$ – температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого объекта. Восприятие цвета, создаваемое освещением, зависит не только от цвета светового потока, но и от общего уровня яркости. Цветовая температура лампы накаливания мощностью 100 Вт – приблизительно 2 800 К, в то время как цветовая температура соответствующей люминесцентной лампы составляет примерно 4 000 К. Цветовая температура облачного неба может достигать 10 000 К.

3.3. Воздействие акустических колебаний на человека

Акустическими колебаниями называют колебания упругой среды. Понятие акустических колебаний охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания воздушной среды.

Акустические колебания в диапазоне частот 16...20 кГц, воспринимаемые ухом человека с нормальным слухом, называют звуковыми. Акустические колебания с частотой менее 16 Гц называют инфразвуковыми, выше 20 кГц – ультразвуковыми. Область распространения акустических колебаний называют акустическим полем. Часто

акустические колебания называют звуком, а область их распространения – звуковым полем.

Шумом принято называть апериодические звуки различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый человеком звук.

Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение, утомление, агрессивность. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием шума и вибрации (например, неврит слухового нерва, вибрационная болезнь), находятся на 1-3 местах среди всех профессиональных заболеваний. По данным российских ученых, эти заболевания в России достигают более 35 % от общего числа профессиональных заболеваний. Под воздействием повышенного шума во всем мире находятся десятки миллионов работающих и сотни миллионов жителей городов.

Шум влияет и на производительность труда. При уровнях шума свыше 80 дБА увеличение его на каждые 1-2 дБА вызывает снижение производительности труда не менее чем на 1 %. Экономические потери от повышенного шума в развитых странах достигают десятки миллиардов долларов в год. Сегодня конкурентоспособность машин в немалой степени определяется их уровнем шума. Чем меньше шум машины, агрегата, установки, тем, как правило, она дороже. Каждый децибел снижения шума обеспечивает около 1 % повышения стоимости продаваемого изделия. Например, стоимость супершумозаглушенных компрессорных станций на 40 % выше стоимости таких же шумных. В современных самолетах стоимость шумозащиты достигает 25 % стоимости изделия, а в автомобилях 10 %.

Звуковые волны переносят энергию со скоростью звука в воздухе при нормальных условиях равной 331 м/с.

Для характеристики среднего потока энергии в какой-либо точке среды вводят понятие интенсивности звука – это количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной (расположенной под углом 90°) к направлению распространения волны. Интенсивность звука выражается следующим образом:

$$I = \frac{P^2}{\rho C}, \tag{3.8}$$

где I – интенсивность звука, Вт/м^2; P – звуковое давление (разность между мгновенным значением полного давления и средним значением давления, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля). Па; ρ – плотность среды, кг/м^3; C – скорость звука в среде, м/с.

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха и вызываемое ею ощущение громкости зависят от звукового давления. *Звуковое давление* – это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости от прохождения звуковой волны.

В природе величины звукового давления и интенсивности звука, генерируемые различными источниками шума, меняются в широких пределах: по давлению – до 10^8 раз, а по интенсивности – до 10^{16} раз. В соответствии с законом Вебера-Фехнера прирост силы ощущения анализатора человека, в том числе и слухового, пропорционален логарифму отношения энергий двух сравниваемых раздражений. Поэтому для характеристики уровня шума используют не непосредственно значения интенсивности звука и звукового давления, которыми неудобно оперировать, а их логарифмические значения, называемые уровнем интенсивности звука или уровнем звукового давления.

Уровень интенсивности звука определяют по формуле:

$$L_I = 10 lg \frac{I}{I_0}, \tag{3.9}$$

где L_1 – уровень интенсивности в децибелах (дБ); I – интенсивность звука, Вт/м^2; I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости человеческого уха (I_0 – постоянная величина; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2 на частоте 1000 Гц).

Человеческое ухо, а также многие акустические приборы реагируют не на интенсивность звука, а на звуковое давление, уровень которого определяется по формуле:

$$L_p = 10 lg\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) = 20 lg\left(\frac{P}{P_0}\right), \tag{3.10}$$

где P – звуковое давление. Па; P_0 – пороговое звуковое давление (P_0 – постоянная величина, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц).

Связь между уровнем интенсивности и уровнем звукового давления определяется следующим выражением:

$$L_1 = 10 lg \frac{I}{I_0} = 10 lg\left[P^2 \rho_0 C_0 / P_0^2 \rho C\right] = 10 lg\left(\frac{P^2}{P_0}\right) + 10 lg\left[\frac{\rho_0 C_0}{\rho C}\right] = \tag{3.11}$$

$$= L_p + 10 lg\left[\frac{\rho_0 C_0}{\rho C}\right],$$

где ρ_0 и C_0 – соответственно плотность среды и скорость звука при нормальных атмосферных условиях, т. е. при t = 20 ºС и P_0 = 10^5 Па; ρ и C – плотность среды и скорость звука в условиях измерения.

При распространении звука в нормальных атмосферных условиях $L_I = L_p$. При расчетах уровня шума используют величину интенсивности звука, а для оценки воздействия шума на человека – уровень звукового давления.

К звукоизолирующим ограждениям относятся стены, перекрытия, перегородки, остекленные проемы, окна, двери. Основная количественная характеристика эффективности звукоизолирующих свойств ограждений – коэффициент звукопроницаемости τ (безразмерная величина), который может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\tau = \frac{I_{пр}}{I_{пад}} = \frac{P_{пр}}{P_{пад}}, \qquad (3.12)$$

где $I_{пр}$ и $I_{пад}$ – интенсивности прошедшего через ограждение и падающего звука, Вт/м^2); $P_{пр}$ и $P_{пад}$ – звуковое давление прошедшего через ограждение и падающего звука, Па.

Используется и другая величина, называемая звукоизолирующей способностью ограждения *(R,* дБ). Она находится из следующего выражения:

$$R = 101g\frac{1}{\tau}. \qquad (3.13)$$

Для практических расчетов звукоизолирующей способности однослойных ограждений применяется формула:

$$R = 20\ lg\ (m_0 f) - 47{,}5, \qquad (3.14)$$

где m_0 – масса 1 м^2 ограждения, кг; f – частота звука, Гц.

Звукоизолирующая способность конструкции тем выше, чем больше ее поверхностная плотность (чем тяжелее материал, из которого изготовлена конструкция). Звукоизолирующие свойства ограждения возрастают с повышением частоты звука. Пользоваться формулой для расчета R следует со значительной долей осторожности, так как в ней не учтено влияние жесткости и размеров ограждения.

Звукоизолирующими кожухами обычно полностью закрывают издающее шум устройство (машину, агрегат, установку и т.д.). Кожухи

изготавливают из листового металла (сталь, дюралюминий и т.д.) или пластмассы. Как и в случае звукоизолирующих ограждений, кожухи более эффективно снижают уровень шума на высоких частотах, чем на низких. Так, например, стальной кожух с размером стенки 4х4 м и толщиной стенки 1,5–2 мм обеспечивает снижение шума на частоте f = 63 Гц на 21 дБ, а на частоте f = 4000 Гц – на 50 дБ.

Звукоизолирующие кабины применяют для размещения пультов управления и рабочих мест в шумных цехах. Их изготавливают из кирпича, бетона и подобных материалов или из металлических панелей. Акустические экраны представляют собой конструкцию, изготовленную из сплошных твердых листов (металлических и т.п.) толщиной 1,5–2 мм, с покрытой звукопоглощающим материалом поверхностью. Эти экраны устанавливаются на пути распространения звука. За ними возникает зона звуковой тени. Основной акустический эффект (снижение уровня шума) достигается в результате отражения звука от этих конструкций.

Количественной характеристикой звукопоглощающих материалов является коэффициент звукопоглощения а, который определяется выражением:

$$\alpha = \frac{E_{погл}}{E_{пад}} = E_{пад} - \frac{E_{отр}}{E_{пад}}, \qquad (3.15)$$

где $E_{пад}$ – падающая звуковая энергия; $E_{погл}$ – поглощенная звуковая энергия; $E_{отр}$ – отраженная звуковая энергия.

К средствам индивидуальной защиты от шума относятся противошумные вкладыши, наушники и шлемы. Противошумные вкладыши вставляют в слуховой канал и перекрывают его. В зависимости от частоты они обеспечивают снижение уровня шума на 5–20 дБ. Их изготавливают из специального ультратонкого волокна, а также из резины или эбонита. Это наиболее дешевые и компактные индивидуальные средства защиты слуха человека, однако они могут вызвать раздражение слухового прохода. При очень высоких уровнях шума (более 120 дБ) применяют шлемы.

Инфразвук представляет собой механические колебания упругой среды с частотами менее 20 Гц. Такие колебания человек не слышит, однако чувствует.

Инфразвуковые волны генерируют многие явления природы: землетрясения, извержения вулканов, морские бури и др. Они образуются при взрывных работах. В производственных условиях инфразвук образуется, главным образом, при работе тихоходных крупногабарит-

ных машин и механизмов (компрессоров, дизельных двигателей, электровозов, вентиляторов, турбин, реактивных двигателей, речных и морских судов и др.), совершающих вращательное или возвратно-поступательное движение (обороти, ходы и удары) с числом циклов менее 20 раз в секунду (инфразвук механического происхождения). При турбулентных процессах в потоках газов или жидкостей возникает инфразвук аэродинамического происхождения.

Инфразвук отличается от слышимого удара рядом особенностей, связанных с низкой частотой колебаний среды. Амплитуда инфразвуковых колебаний во много раз превышает амплитуду акустических волн при равных мощностях источников звука. Инфразвук распространяется на большие расстояния от источника генерирования ввиду слабого поглощения его атмосферой. Большая длина волны инфразвуковых колебаний (17-20 м) делает характерным для инфразвука явление дифракции (огибание волнами препятствий), благодаря чему инфразвук легко проникает в помещение и обходит преграды, задерживающие слышимые звуки. Инфразвуковые колебания способны вызвать вибрацию крупных объектов вследствие явления резонанса. Указанные особенности инфразвуковых волн затрудняют борьбу с ними, так как классические способы снижения уровня шума (звукопоглощение и звукоизоляция), а также удаление от источника в данном случае малоэффективны.

Биологическое действие инфразвука на организм человека оказывается неблагоприятным. Он влияет на нервную, сердечнососудистую и дыхательные системы, на состояние слухового и вестибулярного анализаторов. Инфразвук вызывает у человека ощущение неясной тревоги, беспокойства, беспричинного страха и ужаса. Он приводит к недомоганию, значительной слабости (астении), головной боли, головокружению, быстрому утомлению и потере трудоспособности. Инфразвук определенной частоты вызывает расстройство мозга, слепоту, а при частоте 7 Гц – смерть.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2,4,8 и 16 Гц должны быть не более 105 дБ, а для полос с частотой 32 Гц – не более 102 дБ. Известные меры борьбы с шумом, как правило, неэффективны для инфразвуковых колебаний. Наиболее эффективным средством борьбы с инфразвуком является снижение его в источнике возникновения (путем применения малогабаритных машин большой жесткости, увеличения быстроходности технологического оборудования, снижения интенсивности аэродинамических процессов и т.д.). В борьбе с инфразвуком на путях его распространения определенный эффект оказывают глушители интерфе-

ренционного типа. В качестве СИЗ рекомендуется применение наушников, вкладышей, защищающих ухо от неблагоприятного действия шума.

Ультразвук – механические колебания упругой среды с частотами от $1{,}12 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^9$ Гц . Ультразвуковой диапазон частот подразделяют на *низкочастотные колебания* (от $1{,}12 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^5$ Гц), распространяющиеся воздушным и контактным путем; и *высокочастотные колебания* (от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^9$ Гц), распространяющиеся только контактным путем.

Источником ультразвука является оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических процессов, технического контроля и измерений, а также оборудование, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор. В воде, металле и других средах ультразвук мало поглощается и способен распространяться на большие расстояния, практически не теряя энергии. Поглощение ультразвука сопровождается нагреванием среды. Специфической особенностью ультразвука, обусловленной большой – частотой и малой длиной волны, является возможность распространения ультразвуковых колебаний направленными пучками, получившими название ультразвуковых лучей. Они создают на относительно небольшой площади очень большое ультразвуковое давление. Это свойство ультразвука обусловило широкое его применение: для очистки поверхности деталей и узлов, механической обработки твердых материалов, сварки, пайки, лужения, дефектоскопии, проверки размеров выпускаемых изделий, структурного анализа веществ, ускорения химических реакций, гидролокации.

Ультразвуковые волны обуславливают функциональные нарушения нервной системы, изменения давления, состава и свойства крови. Часты жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности. Ультразвук может действовать на человека, как через воздух, так и через жидкую и твердую среду (контактное воздействие на руки).

Субъективно оцениваемая громкость звука возрастает гораздо медленнее, чем интенсивность звуковых волн. Поэтому уровень громкости L_E определяется как логарифм отношения интенсивности I данного звука к порогу слышимости $I_{пор}$:

$$L_E = k \cdot lg\left(\frac{I}{I_{пор}}\right), \qquad (3.16)$$

где k –коэффициент, который зависит от частоты и интенсивности.

Условно считают, что для человека с нормальным слухом на частоте 1000 Гц коэффициент k = 1, $I_{пор} = I_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2 и шкала уровней интенсивностей совпадает со шкалой уровней громкостей.

На рис. 3.2 представлена логарифмическая зависимость уровня громкости от интенсивности звука. Изменение интенсивности ΔI_1 при малых значениях интенсивности вызывает такое же изменение уровня громкости ΔL_{E1}, а такое же изменение при больших интенсивностях ΔI_2, практически не вызывает изменений уровня громкости ΔL_{E2}.

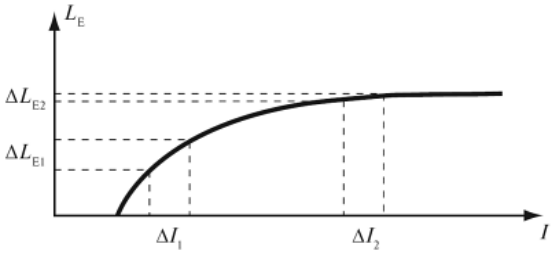

Рис. 3.2. Зависимость уровня громкости от интенсивности звука

Закон Вебера – Фехнера определяет зависимость уровня громкости от интенсивности звуковой волны, но громкость зависит от частоты звука. Эту зависимость можно показать на кривой порога слышимости, которая представлена на рис. 3.3.

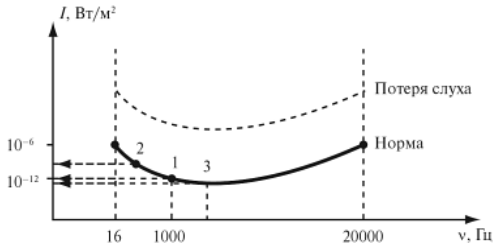

Рис. 3.3. Кривая порога слышимости в норме и при потере слуха

Кривая порога слышимости не является функциональной зависимостью. Она показывает, при какой интенсивности волны человек слышит самый слабый звук на данной частоте. Условно принято, что на частоте 1000 Гц порог слышимости равен 10^{-12} Вт/м^2 (точка 1). Все точки на кривой порога слышимости человек слышит одинаково. Во всех точках – это самый слабый звук, который может услышать человек на данной частоте. Но точка 2 лежит выше на этой кривой, т.е. значения интенсивности для нее выше. Это обусловлено тем, что на ча-

стоте, соответствующей точке 2, чувствительность нашего уха падает, и нам, чтобы услышать очень слабый звук, необходимо увеличить его интенсивность. В области точки 3 (2000-3000 Гц) чувствительность уха самая большая, и поэтому достаточно меньшей интенсивности (чем для точек 2 и 1), чтобы услышать звук.

Чем ближе к краям диапазона слышимости (16 и 20 000 Гц), тем выше кривая порога слышимости, поскольку в этих областях чувствительность слухового аппарата человека падает, а за краями указанного диапазона человек перестает слышать звуки. Порог звукового ощущения, следовательно, и кривая порога слышимости, зависят от индивидуальных особенностей слуха данного человека. При потерях слуха кривая порога слышимости располагается выше (пунктир на рис. 3.3).

Если построить аналогичные кривые для различных уровней громкостей, то получится семейство графиков, называемых кривыми равной громкости (рис. 3.4).

Кривая порога слышимости – это самая нижняя кривая на этих графиках. Самая верхняя кривая – болевой порог восприятия. Как и на кривой порога слышимости, все точки на каждой из приведенных кривых человек слышит одинаково. Уровни громкости принято измерять в фонах. На частоте 1000 Гц уровень громкости в фонах равен уровню интенсивности в децибелах (рис. 3.4). На кривых равной громкости показано, что уровень громкости для кривой порога слышимости равен нулю, далее на каждой кривой приведен соответствующий уровень громкости в фонах.

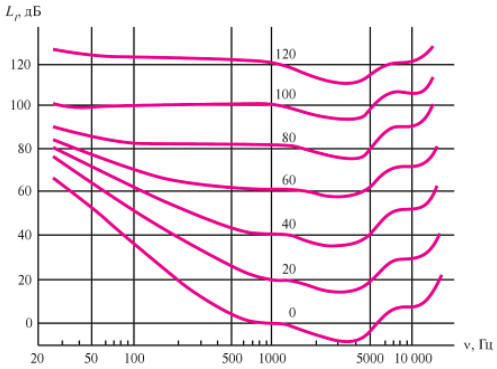

Рис. 3.4. Кривые равной громкости

Кривые порога слышимости и кривые равной громкости широко используются в практической медицине для оценки потерь слуха. Метод такой оценки называется аудиометрией, а кривая потерь слуха –

аудиограммой. Для ее построения необходимо с помощью специального генератора звуковых сигналов получить кривую порога слышимости для исследуемого пациента и вычесть ее из усредненной кривой порога слышимости для нормального слуха.

Кроме аудиометрии в медицине используют метод фонокардиографии. Это метод регистрации звуковых волн на поверхности грудной клетки, возникающих в результате сократительной деятельности сердца.

Метод аускультации – выслушивание звуков, возникающих при работе различных органов (прослушивание работы сердца, шумов в легких) с помощью фонендоскопов. Этот метод использует практически каждый врач.

3.4. Виброакустические колебания

Виброакустические колебания – это упругие колебания твердых тел, газов и жидкостей, возникающие в рабочей зоне при работе технологического оборудования, движении технологических транспортных средств, выполнении разнообразных технологических операций.

Вибрация – вид механических колебаний, возникающих при передаче телу механической энергии от источника колебаний. Вибрацией называют движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты. Вибрация характеризуется скоростью (v, м/с) и ускорением (a, м/с^2) колеблющейся твердой поверхности. Обычно эти параметры называют виброскоростью и виброускорением.

Величины виброскорости и виброускорения, с которыми приходится иметь дело человеку, изменяются в очень широким диапазоне. Оперировать с цифрами большого диапазона очень неудобно. Кроме того, органы человека реагируют не на абсолютное изменение интенсивности раздражителя, а на его относительное изменение. В соответствии с законом Вебера-Фехнера, ощущения человека, возникающие при различного рода раздражениях, в частности вибрации, пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя. Поэтому в практику введены логарифмические величины – уровни виброскорости и виброускорения:

$$L_v = 10\ \lg(v^2/v^2_0) = 20\ \lg(v/v_0),\ \mathrm{La} = 10\ \lg\ (a/a_0). \qquad (3.17)$$

Измеряются уровни в специальных единицах – децибелах (дБ). За пороговые значения виброскорости и виброускорения приняты стандартизованные в международном масштабе величины: $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с, $a_0 = 10^{-6}$ м/с^2.

Важной характеристикой вибрации является его частота. Частоты производственных вибраций изменяются в широком диапазоне: от 0,5 до 8000 Гц. Максимальное расстояние, на которое перемещается любая точка вибрирующего тела, называется амплитудой или амплитудой виброперемещения A (м). Для гармонических колебаний связь между виброперемещением, виброскоростью и виброускорением выражается формулами:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A, \; a = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot A, \qquad (3.18)$$

Вибрация может характеризоваться одной или несколькими частотами (дискретный спектр) или широким набором частот (непрерывный спектр). Спектр частот разбивается на частотные полосы (октавные диапазоны). В октавном диапазоне верхняя граничная частота/, вдвое больше нижней граничной частоты f_2, т.е. $f_1/f_2 = 2$. Октавная полоса характеризуется ее среднегеометрической частотой.

Воздействие вибрации на человека классифицируют: по способу передачи колебаний; источнику возникновения; направлению действия вибрации; характеру спектра; частотному составу.

По характеру спектра вибрации выделяют:

- *узкополосные* вибрации, у которых контролируемые параметры в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах;

- *широкополосные* вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По частотному составу вибрации выделяют:

- *низкочастотные* вибрации (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1-4Гц для общих вибраций, 8-16 Гц – для локальных вибраций);

- *среднечастотные* вибрации (8-16Гц – для общих вибраций, 31,5-63Гц – для локальных вибраций);

- *высокочастотные* вибрации (31,5-63Гц – для общих вибраций, 125-1000Г ц – для локальных вибраций).

Воздействие вибрации на организм человека. Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами, имеющими собственные частоты, которые для плечевого пояса, бедер и головы относительно опорной поверхности (положение «стоя») состав-

ляют 4-6 Гц, головы относительно плеч (положение «сидя») – 25-30 Гц. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазоне 6-9 Гц. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц, определяемая как качка, хотя и неприятна, но не приводит к вибрационной болезни. Следствием такой вибрации является морская болезнь, вызванная нарушением нормальной деятельности вестибулярного аппарата по причине резонансных явлений.

При частоте колебаний рабочих мест, близкой к собственным частотам внутренних органов, возможны механические повреждения или даже разрывы. Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся высоким уровнем виброскорости, приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение сердечной деятельности. Особенности воздействия вибрации определяются частотным спектром и расположением в его пределах максимальных уровней энергии колебаний. Местная вибрация малой интенсивности может благоприятно воздействовать на организм человека, восстанавливать трофические изменения, улучшать функциональное состояние центральной нервной системы, ускорять заживление ран и т. п. При увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии – *вибрационной болезни.*

Ручные машины, вибрация которых имеет максимальные уровни энергии в низких частотах (до 35 Гц), вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно-мышечного и опорно-двигательного аппарата. При работе с ручными машинами, вибрация которых имеет максимальный уровень энергии в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают сосудистые расстройства с наклонностью к спазму периферических сосудов. При воздействии вибрации низкой частоты заболевание возникает через 8-10 лет (формовщики, бурильщики), при воздействии высокочастотной вибрации – через 5 и менее лет (шлифовщики, рихтовщики).

Различают гигиеническое и техническое ***нормирование вибраций***. Гигиенические ограничивают параметры вибрации рабочих мест и поверхности контакта с руками работающих, исходя из физиологических требований, исключающих возможность возникновения вибрационной болезни. Технические ограничивают параметры вибрации не только с учетом указанных требований, но и исходя из достижимого на сегодняшний день для данного типа оборудования уровня вибра-

ции. Оценка степени вредности вибрации ручных машин производится по спектру виброскорости в диапазоне частот 11-2800 Гц. Для каждой октавной полосы в пределах указанных частот устанавливают предельно допустимые значения среднеквадратичной величины виброскорости и ее уровни относительно порогового значения, равного $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Устранение или снижение вибрации является одним из условий обеспечения безопасности на производстве. Она осуществляется на базе трех основных методов: виброгашения, виброизоляции и вибродемпфирования. Используется также ряд мероприятий, не связанных с перечисленными методами, но имеющих существенное значение для профилактики вибраций. Важное значение имеют средства индивидуальной защиты (СИЗ) от вибраций, которые по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяются на СИЗ для рук (рукавицы, перчатки), ног (специальная обувь).

Виброгашение (увеличение реактивной составляющей сопротивления системы колебания) реализуется за счет увеличения массы и жесткости машин или станков. Для этого машины и станки объединяют в единую систему с фундаментом анкерными болтами или цементной подливкой или же устанавливают установки на опорных плитах и виброгасящих основаниях. Виброгашение основания, как правило, применяется в отношении малогабаритного инженерного оборудования (вентиляторов, насосов), для которых характерны высокочастотные вибрации.

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи вибрации от источника к защищаемому объекту (человеку или оборудованию) за счет введения в систему дополнительной упругой связи. Виброизоляция является более дешевым способом снижения вибраций, чем установка оборудования на виброгасящие основания. Она может применяться для установки агрегатов без фундаментов. Виброизоляция удешевляет монтаж оборудования, уменьшает уровень акустического шума.

Вибродемпфирование заключается в уменьшении уровня вибрации за счет превращения механических колебаний в тепловую энергию. Характеристикой вибродемпфирования является коэффициент потерь. Вибродемпфирование может быть реализовано в машинах с интенсивными динамическими нагрузками путем применения материалов с большим внутренним трением. Наиболее эффективными являются сплавы на основе систем медь-никель, никель-титан и т.п., коэффициент потерь которых на 2-3 порядка выше, чем у чугуна. Вибродемпфирование часто применяют для защиты от локальной вибрации

путем нанесения на колеблющиеся объекты материалов с высоким коэффициентом потерь.

Организационно-технические мероприятия по защите от вибраций предусматривают своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов и существенное сокращение допустимого воздействия вибрации при превышении ее уровней над нормативными значениями. При превышении значения предельно допустимого уровня (ПДУ) на 1 дБ время воздействия (время работы обслуживающего персонала) сокращается в 1,12 раза, на 12 дБ – в 4 раза. В 8-часовой смене у работников, подвергающихся воздействию вибрации, должно быть два регламентированных перерыва: через 1-2 часа после начала работы – 20 минут; через 2 часа после обеда – 30 минут. Превышение ПДУ на 12 дБ является основанием для прекращения эксплуатации данного оборудования.

3.5. Электромагнитные поля

Электромагнитное поле (ЭМП) радиочастот характеризуется способностью нагревать материалы; распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела двух сред; взаимодействовать с веществом, благодаря которой электромагнитные поля широко используются в различных отраслях народного хозяйства: промышленность, наука, техника, медицина, быт.

При оценке условий труда учитываются время воздействия ЭМП и характер облучения работающих.

Действие ЭМП радиочастот на центральную нервную систему при плотности потока энергии (ППЭ) более 1 мВт/см^2 свидетельствует о ее высокой чувствительности к электромагнитным излучениям. Однако наблюдаемые реакции отличаются большой вариабельностью и фазным характером, включая условнорефлекторные и поведенческие реакции.

Изменения в крови наблюдаются, как правило, при ППЭ выше 10 мВт/см^3, при меньших уровнях воздействия наблюдаются фазовые изменения количества лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина (чаще лейкоцитоз, повышение эритроцитов и гемоглобина). При длительном воздействии ЭМП происходит физиологическая адаптация или ослабление иммунологических реакций.

Поражение глаз в виде помутнения хрусталика – катаракты является одним из наиболее характерных специфических последствий воздействия ЭМП в условиях производства. Помимо этого следует иметь в виду и возможность неблагоприятного воздействия ЭМП-

облучения на сетчатку и другие анатомические образования зрительного анализатора.

Клинико-эпидемиологические исследования людей, подвергавшихся производственному воздействию СВЧ-облучения при интенсивности ниже 10 мВт/см^2, показали отсутствие каких-либо проявлений катаракты.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, могут приводить к изменениям функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушению обменных процессов и др. При воздействии значительных интенсивностей СВЧ могут возникать более или менее выраженные помутнения хрусталика глаза. Нередко отмечаются изменения в составе периферической крови. Начальные изменения в организме обратимы. При хроническом воздействии ЭМП изменения в организме могут прогрессировать и приводить к патологии с астеновегетативными, ангиодистоническими и диэнцефальными проявлениями или энцефалопатии с выраженными органическими симптомами.

Предельно допустимые уровни облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТом 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». В соответствии с этим нормативным документом установлена предельно допустимая напряженность электрического поля ($Е_{пд}$, В/м) в диапазоне 0,06 – 300 МГц и предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день [$EH_{Епд}$, (В/м)^2·ч]. Между этими величинами существует следующая связь:

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{EH_{E_{ПД}}}{T}}, \qquad (3.19)$$

где T – время воздействия в течение рабочего дня, ч.

Для частот 0,06-3,0 МГц: $Е_{пд}$ = 500 В/м, $ЕН_{Епд}$ = 20 000 (В/м)^2·ч

Для частот 3,0–30 МГц: $Е_{пд}$ = 300 В/м, $ЕН_{Епд}$ = 7000 (В/м)^2·ч

Для частот 30-300 МГц: $Е_{пд}$ = 80 В/м, $ЕН_{Епд}$ = 800 (В/м)^2·ч

Интенсивность электромагнитных полей радиочастот на рабочих местах персонала, проводящего работы с источниками ЭМП, и требования к проведению контроля регламентирует ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Средства и методы защиты от ЭМП делятся на три группы: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические.

Предельно допустимая напряженность магнитного поля в диапазоне частот 0,06 – 3 МГц в соответствии с названным выше ГОСТом

должна составлять $H_{ПД}$=50 А/м. Между этой характеристикой и предельно допустимой энергетической нагрузкой за рабочий день [$EH_{Нпд}$ (А/м)^2·ч] существует следующая зависимость:

$$H_{ПД} = \sqrt{\frac{EH_{H_{ПД}}}{T}}, \qquad (3.20)$$

где T – время воздействия, ч (величина $EH_{Нпд}$ не должна превышать 200 А/м^2).

Организационные мероприятия предусматривают предотвращение попадания людей в зоны с высокой напряженностью ЭМП, создание санитарно-защитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения.

Общие принципы, положенные в основу *инженерно-технической защиты,* сводятся к следующему: электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установки в целом с целью снижения или устранения электромагнитного излучения; зашита рабочего места от облучения или удаление его на безопасное расстояние от источника излучения. Для экранирования рабочего места используют различные типы экранов: отражающие и поглощающие.

Из перечисленных выше методов защиты чаще всего применяют экранирование или рабочих мест, или непосредственно источника излучения. Различают отражающие и поглощающие экраны. Экраны должны заземляться. Защитные действия таких экранов заключаются в следующем. Под действием электромагнитного поля в материале экрана возникают вихревые токи (токи Фуко), которые наводят в нем вторичное поле. Амплитуда наведенного поля приблизительно равна амплитуде экранируемого поля, а фазы этих полей противоположны. Поэтому результирующее поле, возникающее в результате суперпозиции (сложения) двух рассмотренных полей, быстро затухает в материале экрана, проникая в него на малую глубину.

Лечебно-профилактические мероприятия должны быть направлены прежде всего на раннее выявление нарушений в состоянии здоровья работающих. Для этой цели предусмотрены предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих в условиях воздействия СВЧ –1 раз в 12 месяцев, УВЧ и ВЧ-диапазона – 1 раз в 24 месяца. При выявлении симптомов, характерных для воздействия ЭМП, углубленное обследование и последующее лечение проводятся в соответствии с особенностями выявленной патологии.

3.6. Лазерное излучение

Лазер или *оптический квантовый генератор* – это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (стимулированного) излучения.

Лазеры широко применяются в различных областях промышленности, науки, техники, связи, сельском хозяйстве, медицине, биологии и др. Расширение сферы их использования увеличивает контингент лиц, подвергающихся воздействию лазерного излучения, и выдвигает необходимость профилактики опасного и вредного действия этого фактора среды обитания. Работа с лазерами в зависимости от конструкции, мощности, условий эксплуатации разнообразных лазерных систем и другого оборудования может сопровождаться воздействием на персонал неблагоприятных производственных факторов. Работа лазерных установок, как правило, сопровождается шумом. На фоне постоянного шума, который может достигать 70-80 дБ, имеют место звуковые импульсы с уровнем интенсивности 100-120 дБ, возникающие в результате перехода световой энергии в механическую в месте соприкосновения луча с обрабатываемой поверхностью или за счет работы механических затворов лазерных установок. Разряды ламп накачки, а также взаимодействие луча с воздухом сопровождаются выделением озона и окислов азота. Действие лазеров на организм зависит от параметров излучения (мощности и энергии излучения на единицу облучаемой поверхности, длины волны, длительности импульса, частоты следования импульсов, времени облучения, площади облучаемой поверхности), локализации воздействия и анатомо-физиологических особенностей облучаемых объектов. Энергия излучения лазеров в биологических объектах (ткань, орган) может претерпевать различные превращения и вызывать органические изменения в облучаемых тканях (первичные эффекты) и неспецифические изменения функционального характера (вторичные эффекты). Наблюдается сочетанное термическое и механическое действие на облучаемые структуры.

Эффект воздействия лазерного излучения на орган зрения в значительной степени зависит от длины волны и локализации воздействия. Выраженность морфологических изменений и клиническая картина расстройств функций зрения может быть от полной потери зрения (слепота) до инструментально выявляемых функциональных нарушений. При применении лазеров большой мощности и расширении их практического использования возросла опасность случайного повреждения органа зрения, кожных покровов и внутренних органов.

Классификация лазеров и лазерных систем:

Класс 1: Лазеры и лазерные системы малой мощности, которые не могут излучать уровень радиации, превышающие максимально разрешимое облучение (MPE). Лазеры и лазерные системы класса 1 не способны причинить повреждение человеческому глазу, и, следовательно, не подлежат контрольному эталонированию.

Класс 2: Видимые, маломощные лазеры и лазерные системы, которые способны причинить повреждение человеческому глазу в том случае, если смотреть непосредственно на лазер на протяжении длительного периода (более 15 минут).

Класс 3: Лазеры и лазерные системы средней мощности. Данный класс включает лазеры следующих классов:

Класс 3а: не представляют опасность, если смотреть на лазер невооруженным взглядом только на протяжении кратковременного периода. Лазеры могут представлять опасность, если смотреть на лазер с помощью собирающей оптики.

Класс 3b: представляют опасность, если смотреть непосредственно на лазер. Это же относится и к зеркальному отражению лазерного луча.

Класс 4: Лазеры и лазерные системы сильной мощности, которые способны причинить сильное повреждение человеческому глазу короткими излучениями (<0,25 с) прямого лазерного луча, а также зеркально или диффузно отраженного. Лазеры и лазерные системы данного класса способны причинить значительное повреждение на коже человека, а также оказать опасное воздействие на легко воспламеняющие и горючие материалы.

Предельно допустимые уровни лазерного излучения регламентированы Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров № 5804-91, которые позволяют разрабатывать мероприятия по обеспечению безопасных условий труда при работе с лазерами. Санитарные нормы и правила позволяют определять величины ПДУ для каждого режима работы, участка оптического диапазона по специальным формулам и таблицам.

Нормируется и энергетическая экспозиция облучаемых тканей. При использовании лазеров 2-3 классов для исключения облучения персонала необходимо либо ограждение лазерной зоны, либо экранирование пучка излучения.

Лазеры 4 класса опасности размещают в отдельных изолированных помещениях и обеспечивают дистанционным управлением их работой.

К индивидуальным средствам защиты, обеспечивающим без-

опасные условия труда при работе с лазерами, относятся специальные очки, щитки, маски, снижающие облучения глаз до ПДУ.

Работающим с лазерами необходимы предварительные и периодические (1 раз в год) медицинские осмотры терапевта, невропатолога, окулиста.

3.7. Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение (УФ) представляет собой невидимое глазом электромагнитное излучение, занимающее в электромагнитном спектре промежуточное положение между светом и рентгеновским излучением.

УФ-лучи обладают способностью выдавать фотоэлектрический эффект, проявлять фотохимическую активность (развитие фотохимических реакции), вызывать люминесценцию и обладают значительной биологической активностью.

Биологическое действие УФ-лучей солнечного света проявляется прежде всего в их положительном влиянии на организм человека. Известно, что при длительном недостатке солнечного света возникают нарушения физиологического равновесия организма, развивается своеобразный симптомокомплекс, именуемый «световое голодание».

Наиболее часто следствием недостатка солнечного света являются авитаминоз В, ослабление защитных иммунобиологическях реакций организма, обострение хронических заболеваний, функциональные расстройства нервной системы.

УФ-облучение субэритемными и малыми эритемными дозами оказывает благоприятное стимулирующее действие на организм. Происходит повышение тонуса гипофизарно-надпочечниковой и симпатоадреналовой систем, активности ферментов и уровня неспецифического иммунитета, увеличивается секреция ряда гормонов. Наблюдается нормализация артериального давления, снижается уровень холестерина сыворотки и проницаемость капилляров, повышается фагоцитарная активность лейкоцитов; нормализуются все виды обмена.

Установлено, что под воздействием УФ-излучении повышается сопротивляемость организма, снижается заболеваемость, в частности простудными заболеваниями, возрастает устойчивость к охлаждению, снижается утомляемость, увеличивается работоспособность. Для профилактики «ультрафиолетового дефицита» используют как солнечное излучение – инсоляция помещений, световоздушные ванны, солярии, так и УФ-облучение искусственными источниками.

УФ-излучение от производственных источников (электрические дуги, ртутнокварцевые горелки, автогенное пламя) может стать причиной острых и хронических поражений. Наиболее подвержен действию УФ-излучения зрительный анализатор. Острые поражения глаз, так называемы электроофтальмии (фотоофтальмии), представляют собой острый конъюнктивит или кератоконъюнктивит. Проявляется заболевание ощущением постороннего тела или песка в глазах, светобоязнью, слезотечением, блефароспазом. Нередко обнаруживается эритема кожи лица и век. Заболевание длится до 2-3 суток. Профилактические мероприятия по предупреждению электроофтальмий сводятся к применению светозащитных очков или щитков при электросварочных и других работах. С хроническими поражениями связывают хронический конъюнктивит, блефарит, катаракту хрусталика. Кожные поражения протекают в виде острых дерматитов с эритемой, иногда отеком, вплоть до образования пузырей. Наряду с местной реакцией могут отмечаться общетоксические явления с повышением температуры, ознобом, головными болями, диспепсическими явлениями. Классическим примером поражения кожи, вызванного УФ-излучением, служит солнечный ожог.

Хронические изменения кожных покровов, вызваны УФ-излучением, выражаются в «старении», развитии кератоза, атрофии эпидермиса, возможно развитие злокачественных новообразований.

Для защиты кожи от УФ-излучения используют защитную одежда противосолнечные экраны (навесы и т. п.), специальные покровные кремы. Важное гигиеническое значение имеет способность УФ-излучения производственных источников изменять газовый состав атмосферного воздуха вследствие его ионизации. При этом в воздухе образуются озон и оксиды азота. Эти газы, как известно, обладают высокой токсичностью и могут представлять большую опасность, особенно при выполнении сварочных работ, сопровождающихся УФ-излучением, в ограниченных, плохо проветриваемых помещениях или в замкнутых пространствах.

С целью профилактики отравлений окислами азота и озоном соответствующие помещения должны быть оборудованы местной или общеобменной вентиляцией, а при сварочных работах замкнутых объемах необходимо подавать свежий воздух непосредственно под щиток или шлем. Интенсивность УФ-излучения на промышленных предприятиях установлена Санитарными нормами ультрафиолетового излучения в производственных помещениях № 4557-88.

Защитные меры включают средства отражения УФ-излучений, защитные экраны и средства индивидуальной защиты кожи и глаз.

Для защиты от повышенной инсоляции применяют различные типы защитных экранов. При этом они могут быть *физическими и химическими,* физические представляют собой разнообразные преграды, загораживающие или рассеивающие свет. Защитным действием обладают различные кремы, содержащие поглощающие ингредиенты, например, бензофенон.

Защитная одежда из поплина или других тканей должна иметь длинные рукава и капюшон. Глаза защищают специальными очками со стеклами, содержащими оксид свинца, но даже обычные стекла не пропускают УФ-лучи с длиной волны короче 315 нм.

3.8. Ионизирующее излучение

Действие излучения на вещество оценивают по дозе излучения. Дозой излучения называют величину, равную отношению энергии излучения к массе облучаемого вещества:

$$D = \overline{Q}/m\,, \qquad (3.21)$$

где D – доза излучения, Дж/кг; $\overline{Q}$ – энергия поглощенного излучения, Дж; m – масса облучаемого вещества, кг.

Единицей дозы облучения является грей (Гр). Использовавшаяся ранее внесистемная единица 1 рад=100 эрг/г равна 0,01 Гр.

Мощность дозы излучения – ватт на килограмм, Вт/кг, или Гр/с:

$$N = \overline{Q}/m \cdot t\,. \qquad (3.22)$$

Энергетической характеристикой излучения является экспозиционная доза излучения – это количественная характеристика рентгеновского и гамма-излучений, определяемая по ионизации воздуха:

$$D_э = q_{\pm}/m^{в}\,, \qquad (3.23)$$

где $q_{\pm}$ – количество зарядов одного знака, созданных при облучении воздуха, Кл; $m^{в}$ – масса воздуха, кг.

По энергетическим характеристикам 1 Кл/кг равен 33 Дж/г для воздуха (87,3 эрг/г).

Внесистемной единицей экспозиционной дозы служит рентген (Р), 1 Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. При экспозиционной дозе, равной 1 Р в 10^{-6} $м^3$ сухого воздуха и давлении $1{,}013 \cdot 10^5$ Па, возникает заряд ионов одного знака $3{,}3 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Мощность экспозиционной дозы $N_э$ выражается в амперах на килограмм (А/кг). Это мощность такой дозы ионизируюшего электромагнитного излучения, при которой за одну секунду экспозиционная доза возрастает на 1 Кл/кг. Внесистемные единицы мощности экспозиционной дозы: 1 Р/с = $2{,}59 \cdot 10^{-4}$ А/кг, 1 Р/мин = $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ А/кг; 1 Р/ч = = $7{,}17 \cdot 10^{-8}$ А/кг.

В области радиационной безопасности для оценки возможного ущерба здоровью человека при хроническом облучении введено понятие эквивалентной дозы, равной произведению поглощенной дозы на средний коэффициент, учитывающий воздействие облучения на биологическую ткань:

$$ЭД = D \cdot W_R, \qquad (3.24)$$

где ЭД – эквивалентная доза облучения, Дж/кг; W_R – взвешивающий коэффициент излучения (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Взвешивающие коэффициенты

Вид излучения	k^0
Фотоны любых энергий	1
Электроны, позитроны, гамма-излучение, бета-излучения	1
Протоны с энергией < 5 МэВ	5
Нейтроны с энергией <10 кэВ	5
Нейтроны с энергией 10...100 кэВ	10
Нейтроны с энергией 100 кэВ…2 МэВ	20
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

Ранее в расчетах эквивалентной дозы коэффициент W_R называют коэффициентом качества излучения (*K*). В Нормах радиационной безопасности НРБ–99/2009 указанный коэффициент W_R называют – взвешивающий коэффициент для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы. Единицу эквивалентной дозы, равной 1 Дж энергии на 1 кг массы биологической ткани, называют зивертом (Зв). За внесистемную единицу эквивалентной дозы принимают биологический эквивалент рентгена – бэр.

Биологический эквивалент рентгена – это количество энергии, поглощенной биологической тканью при получении любым видом ионизирующей радиации, вызывающее такой же биологический

эффект, как и поглощенная доза в 1 рад рентгеновского или гамма-излучения с энергией 200–250 кэВ.

Таким образом, можно вывести следующие соотношения:

$$1\ \text{бэр} = W_R \cdot 1\text{рад} = W_R \cdot 100\ \text{эрг/г} = W_R \cdot 0{,}01\ \text{Гр} = \\ = W_R \cdot 0{,}01\ \text{Дж/кг} = 0{,}01\ \text{Зв}. \qquad (3.25)$$

Оценивая дозы в медицинской практике, можно считать, что при взвешивающих коэффициентах, равных единице, экспозиционная доза в 1 рентген соответствует поглощенной дозе в 1 рад и эквивалентной дозе в 1 бэр. Для рентгеновского, гамма-, бета-излучений 1 бэр = 1 рад = 100 эрг/г = 0,01 Гр = 0,01 Дж/кг = 0,01 Зв.

Оценивая воздействие дозы на живые системы, необходимо понимать, что зиверт является большой дозой излучения для биологической ткани, равной 100 рентген (взвешивающий коэффициент равен единице), поэтому на практике применяют меньшие единицы – миллионные и тысячные зиверта.

За единицу активности радионуклидов в системе СИ принята величина 1 беккерель – один распад в секунду (Бк). Внесистемная единица активности 1 кюри (Ки); 1Ки = $3{,}7 \cdot 10^{10}$Бк.

Для оценки воздействия излучения на население используют коллективную эквивалентную дозу, равную произведению эквивалентной дозы на число человек, подвергшихся радиации:

$$\text{КЭД} = \text{ЭД} \cdot \bar{n}, \qquad (3.26)$$

где *КЭД* – коллективная эквивалентная доза, чел·Зв; *ЭД* – эквивалентная доза, Зв; $\bar{n}$ – число человек, подвергшихся радиации.

Развитие биосферы происходит на фоне ионизирующей радиации естественного радиационного фона. Радиационный фон состоит из космического излучения и радиации от природных радионуклидов. Основной вклад в естественный радиационный фон вносят следующие радиоактивные изотопы: ^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th, а также продукты распада урана и тория. Суммарная доза фонового излучения составляет около 1м·Зв/год. В районах с высоким содержанием радионуклидов средняя доза излучения может достигать 10м·Зв/год. Считают, что радиационный фон влияет на информационные потоки в биосфере, обусловливая часть наследственных изменений и мутаций живых организмов.

Ионизирующие излучения воздействуют на биосферу комплексно. Начальные процессы – ионизация, возбуждение атомов и молекул с образованием активных радикалов, вступающих в реакции с основным структурным элементом биосферы – клеткой.

Физико-химические процессы на начальных этапах превращений вещества под действием радиации называют пусковыми.

Животный и растительный мир биосферы обладает различной восприимчивостью к радиации. Наиболее чувствительны к излучению высшие биологические организмы – человек, млекопитающие животные. Одноклеточные растения, животные, бактерии могут выдерживать сравнительно большие дозы радиоактивного излучения.

Поражение высших живых организмов, прежде всего человека, зависит от величины дозы облучения, ее пространственного распределения по организму, времени излучения и временнóго интервала от момента получения дозы (см. табл. 3.2).

Если принять в качестве *критерия чувствительности* к ионизирующему излучению *морфологические изменения,* то клетки и ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке: нервная ткань; хрящевая и костная ткань; мышечная ткань; соединительная ткань; щитовидная железа; пищеварительные железы; легкие; кожа; слизистые оболочки; половые железы; лимфоидная ткань, костный мозг.

На основании количественного учета генных мутаций установлена зависимость частоты их возникновения от дозы облучения. Многочисленные опыты с животными позволили сделать вывод, что частота летальных мутаций в половых клетках возрастает прямо пропорционально дозе ионизирующего излучения. Вместе с тем выявлено, что любая сколь угодно малая доза ионизирующего излучения приводит к повышению частоты мутаций по сравнению с уровне спонтанных мутаций, т. е. имеет место отсутствие порога генетического эффекта при действии источников ионизирующих излучений.

В результате действия ионизирующих излучений на хромосомы возникает большое количество хромосомных перестроек, тип которых зависит от дозы облучения. Частота хромосомных перестроек, происходящих в результате одиночного разрыва, находится в линейной зависимости от дозы. Частота же хромосомных перестроек, возникающих в результате двух независимых одновременных разрывов, возрастает пропорционально квадрату дозы, вследствие того, что вероятность одновременного возникновения двух независимых событий равна произведению вероятностей. Прямые цитологические исследования – подсчет клеток с нарушенными хромосомами – показали, что воз-

никновение хромосомных аберраций зависит от плотности ионизации. Опыты установили, что корпускулярные излучения – быстрые нейтроны и а- частицы – вызывают хромосомные перестройки чаще, чем электромагнитные излучения. Это объясняется разницей в плотности ионизации, которую они производят.

Для сравнения с табл. 3.4 отметим, что наследственные заболевания в естественных условиях, характерные для 1980–1990 гг., составляют 6–10 %, а заболевание раком колеблется от 0,2 до 0,25 % от всего населения.

Таблица 3.4

Вероятность возникновения заболевания от воздействия радиоактивного излучения на организм человека при эквивалентной дозе 1 Зв (пороговая доза)

Заболевание	Вероятность возникновения заболевания, %
Лейкемия	0,2–0,4
Рак щитовидной железы	0,05–0,08
Рак молочной железы	0,3–0,5
Опухоли легких	0,2–0,3
Наследственные дефекты	0,5–0,6
Итого	1,25–1,88

Воздействие острого излучения, полученного за короткий промежуток времени от нескольких минут до нескольких часов, охарактеризовано в табл.3.5.

Таблица 3.5

Воздействие на организм человека различных доз облучения при кратковременном облучении

Эквивалентная доза облучения, Зв	Воздействие на организм человека
0,1–0,25	Нет заметных изменений в начальный период времени, 1–2 года
0,25–0,5	Снижается сопротивляемость организма к заболеваниям
0,5–1,0	Нарушается иммунная система, обмен веществ, снижается число лейкоцитов, тромбоцитов
1–2	Лучевая болезнь легкой степени
2–4	Лучевая болезнь средней тяжести
4–10	Лучевая болезнь тяжелой степени
10–100	Кишечная форма острой лучевой болезни
>100	Токсичная форма острой лучевой болезни

Широкое использование расщепляющихся ядерных материалов привело к глобальному облучению населения. Основные источники облучения: урановые рудники, радиохимические заводы по переработке ядерного топлива, хранилища и места утилизации радиоактивных материалов.

Наибольшую опасность представляют долгоживущие радионуклиды цезия и стронция (^{137}Cs, ^{90}Sr). Хроническое облучение вызывает снижение сопротивляемости организма при получении дозы ,1 Зв/год, а доза порядка 0,5 Зв приводит к развитию хронической лучевой болезни. Интенсивное развитие ядерной энергетики привело к повышению радиационного фона в отдельных частях биосферы. Так, вентиляционные выбросы из урановых шахт содержат радиоактивный радон (^{222}Rh), а радионуклиды водорода, углерода, йода (^{3}H, ^{14}C, ^{129}I) вступают в естественные циклы обмена веществ, вызывая необратимые изменения в жизнедеятельности живых организмов. Все радионуклиды подразделяют на четыре группы:

– группа А – особо токсичные (активность $3{,}7\cdot10^{6}$ Бк);
– группа Б – высоко токсичные (активность $3{,}7\cdot10^{5}$ Бк);
– группа В – средне токсичные (активность $3{,}7\cdot10^{4}$ Бк);
– группа Г – малотоксичные (активность $3{,}7\cdot10^{3}$ Бк).

Для каждого радионуклида установлены предельно допустимые газовые поступления (ПДП) через органы дыхания и предел годового поступления в организм (ПГП) (табл.3.6).

Таблица 3.6

Пределы годового поступления радионуклидов в организм человека для некоторых веществ

Вещество	Группа опасности	ПГП, Бк/год
Водород	Г	$5{,}6\cdot10^{12}$
Калий	В	$1{,}9\cdot10^{6}$
Цезий	Г	$9{,}6\cdot10^{7}$
Йод	Г	$3{,}5\cdot10^{7}$
Уран	А	$5{,}2\cdot10^{2}$
Уран	Б	$5{,}2\cdot10^{3}$
Радон	Г	$3{,}6\cdot10^{8}$

Накопление, перенос радионуклидов в биосфере является предметом специального изучения. При выбросах радионуклидов различными источниками происходит первичное заражение местности. Распределение концентраций можно рассчитать по обычным формулам для распределения токсичных веществ в приземном слое воздуха, но ожидаемая концентрация радионуклида может существенно отличаться от расчетной. Об этом свидетельствует авария на Чернобыльской АЭС. В результате выброса на земле образовались очаги повышенного уровня загрязнения, причем рассеивание приняло глобальный характер. Отметим, что при расчетах концентрация токсичного радионуклида должна увеличиваться на

некотором расстоянии $X_м$, и достигать максимального значения с постепенным снижением до фоновой концентрации на больших расстояниях.

Поражение организма под воздействием радионуклидов носит разнообразный характер. Радионуклиды первой группы равномерно распределяются по всему организму и вызывают повреждения органов, сходных с действием γ-излучения.

Радионуклиды второй группы (Ca, Sr, Ba) накапливаются в костной ткани, вызывая облучение костного мозга. Склонность элементов третьей группы к комплексообразованию приводит к их концентрации в крови с последующим перемещением в печень.

Факторы кинетики, обмена различного распределения в органах приводят к тому, что токсичность радионуклидов проявляется неодинаково при равных концентрациях. Следовательно, радионуклиды с одиноковой активностью, но с различными физико-химическими свойствами имеют различные пределы поступления в биосферу и отдельные организмы.

Основные методы защиты биосферы от радионуклидов:

– разработка безопасных ядерных технологий с минимальными выбросами и сбросами радиоактивных веществ;

– внедрение современных методов защиты, очистки воздуха, воды, почвы от радиоактивных отходов;

– длительные комплексные санитарно-гигиенические мероприятия по наблюдению за радиационным фоном, выявлением очагов радиоактивного заражения, ограничение облучения населения, животных, растений;

– разработка научно обоснованных уровней поступления радионуклидов в организм человека, уровней облучения и заражения местности для принятия экстренных мер по защите людей, животных, растений.

Экспериментально установлено, что формальная кинетика радиоактивного распада элементов подчиняется закономерностям необратимой реакции первого порядка. Закономерность радиоактивного распада, несмотря на сложнейшие внутриядерные процессы, соблюдается достаточно точно для всех элементов.

Структура электронных оболочек, состав атомов, тип кристаллической решетки, фазовое состояние вещества, температура не влияют или влияют на распад элементов настолько незначительно, что этими параметрами пренебрегают.

Очевидно, радиоактивный распад веществ будет зависеть от таких параметров системы, которые по энергии взаимодействия сравнимы с энергией взаимодействия нуклонов в ядре.

Процесс распада вещества можно представить в виде такой схемы:

$$\text{В} \xrightarrow{\text{К}} \text{продукты реакции}$$

Дифференциальное уравнение для скорости распада вещества получим, используя основной постулат химической кинетики: скорость пропорциональна концентрациям реагирующих веществ в степени стехиометрических коэффициентов реакции:

$$-\frac{d\left(m_0 - x\right)}{dt} = k\left(m_0 - x\right); \tag{3.27}$$

$$-\frac{dm}{dt} = km, \quad (m = m_0 - x), \tag{3.28}$$

где m_0 – количество вещества в начальный момент времени, кмоль/кг; x – количество вещества в произвольный момент времени t, кмоль/кг.

Интегрируя, находим выражение для скорости реакции:

$$k = \frac{1}{t} = \ln\frac{m_0}{m}; \quad k = \frac{1}{t} = \ln\frac{m_0}{m_0 - x}, \ \left[k\right] = c^{-1}. \tag{3.29}$$

Время, за которое распадается половина вещества, называют временем полураспада (период полураспада), и оно связано с константой скорости реакции:

$$T_{1/2} = ln\frac{2}{k}, \tag{3.30}$$

где $T_{1/2}$ – время полураспада, c^{-1}.

Приведенные уравнения являются основными для расчетов активности радионуклидов. Так, из дифференциального уравнения для скорости распада рассчитаем активность радионуклида:

$$\overline{A} = \frac{m}{M_0} \cdot \frac{N_A \cdot ln\,2}{T_{1/2}}, \tag{3.31}$$

где m – масса радионуклида, кг; M_0 – молярная или атомная масса радионуклида; N_A – число Авогадро, равное $6{,}022 \cdot 10^{26}$ кмоль$^{-1}$; A – активность, Бк.

В расчетах используют удельную активность радионуклида, отнесенную к единице массы или единице объема вещества:

$$\overline{A_m} = \frac{m}{M_0} \cdot \frac{N_A \cdot \ln 2}{T_{1/2} \cdot m_1}, \quad \overline{A_v} = \frac{m}{M_0} \cdot \frac{N_A \cdot \ln 2}{T_{1/2} \cdot V}, \tag{3.32}$$

где A_m, A_v – активности изотопов, Бк/кг, Бк/м^3; m_1 – масса вещества, в котором распадаются изотопы; V – объем вещества, в котором происходит распад, м^3.

Время полураспада не зависит от количества исходного вещества, так как превращение ядер одних элементов в другие происходит независимо друг от друга.

Величина, обратная константе скорости распада, характеризует среднее время жизни отдельного ядра:

$$\bar{t} = \frac{1}{m} \cdot \int_0^{\infty} t \cdot dm, \quad \bar{t} = 1/k, \tag{3.33}$$

где $\bar{t}$ – среднее время жизни ядра радионуклида, с.

Прогнозирование активности радионуклидов зависит от многих факторов и является предметом более сложных расчетов, чем прогноз ожидаемой концентрации загрязняющих веществ. Связано это с тем, что кроме распределения вещества в приземном слое или воде, почве, активность нестабильных веществ меняется с течением времени. Кроме того, нестабильные изотопы могут испытывать несколько распадов, образуя изотопы элементов различной активности.

3.9. Химические вредные факторы

Степень и характер вызываемых ими нарушений нормальной работы организма человека зависит от пути попадания в организм человека, дозы, времени воздействия, концентрации вещества и его растворимости, состояния воспринимающей ткани и организма в целом,

атмосферного давления, температуры и других характеристик окружающей среды.

При контакте с организмом человека пары, газы, жидкости, аэрозоли, химические соединения, смеси (далее – вещества) могут вызывать изменения в состоянии здоровья или заболевания.

Химические вещества в зависимости от их практического использования классифицируются на:

- промышленные яды – используемые в производстве органические растворители (например, дихлорэтан), топливо (например, пропан, бутан), красители (например, анилин) и др.;
- ядохимикаты – используемые в сельском хозяйстве (пестициды и др.);
- лекарственные средства;
- бытовые химикаты – применяемые в виде пищевых добавок (например, уксус), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.п.;
- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях, грибах, у животных и насекомых;
- отравляющие вещества – зарин, иприт, фосген и др.

В организм человека вредные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы. Основным путем проникновения вредных веществ в организм являются органы дыхания. Вредное действие химических веществ на организм человека изучает специальная наука – токсикология.

Токсикология – медицинская наука, изучающая свойства ядовитых веществ, механизм их действия на живой организм, сущность вызываемого ими патологического процесса (отравления), методы его лечения и предупреждения.

Токсичность – способность веществ оказывать вредное действие на живые организмы. Основным критерием (показателем) токсичности вещества является предельно допустимая концентрация - ПДК (мг/м^3).

Показатель токсичности вещества определяет его опасность. По характеру воздействия на человека вредные вещества подразделяются на:

- *общетоксические* – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы: центральную нервную систему, кроветворные органы, печень, почки (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути и др.);

- *раздражающие* – вызывающие раздражение слизистых оболочек, дыхательных путей, глаз, легких, кожи (органические азотокрасители, диметиламинобензол и др.);

- *сенсибилизирующие* – действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки и др.);

- *мутагенные* – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);

- *канцерогенные* – вызывающие злокачественные опухоли (хром, никель, асбест, бензопирен, ароматические амины и др.);

- влияющие на репродуктивную (детородную) функцию и нормальное развитие плода: вызывающие возникновение врожденных пороков, отклонений от нормального развития детей, (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы, борная кислота и др.).

На производстве, как правило, работают с несколькими химическими веществами и на работника могут воздействовать негативные факторы другой природы (физические - шум, вибрации, электромагнитные и ионизирующие излучения). При этом возникает эффект сочетанного (при одновременном действии негативных факторов различной природы) или комбинированного (при одновременном действии нескольких химических веществ) действия химических веществ.

Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути их поступления в организм.

Пыль. Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Многие виды производственной пыли представляют собой аэрозоль, т. е. дисперсную систему, в которой дисперсной средой является воздух, а дисперсной фазой – твердые пылевые частицы.

По размеру частиц (дисперсности) различают видимую *пыль* размером более 10 мкм, *микроскопическую* – от 0,25 до 10 мкм, *ультрамикроскопическую* – менее 0,25 мкм.

Согласно общепринятой классификации, все виды производственной пыли подразделяются на *органические, неорганические* и *смешанные.* Первые, в свою очередь, делятся на пыль *естественного* (древесная, хлопковая, льняная, шерстяная и др.) и *искусственного* (пыль пластмасс, резины, смол и др.) происхождения, а вторые – на *металлическую* (железная, цинковая, алюминиевая и др.) и *минеральную* (кварцевая, цементная, асбестовая и др.) пыль. К смешанным видам пыли относят каменноугольную пыль, содержащую частицы угля,

кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах. Специфика качественного состава пыли предопределяет возможность и характер ее действия на организм человека. Определенное значение имеют форма и консистенция пылевых частиц, которые зависят от природы исходного материала. Длинные и мягкие пылевые частицы легко осаждаются на слизистой оболочке верхних дыхательных путей и могут стать причиной хронических трахеитов и бронхитов. Степень вредного действия пыли зависит также от ее растворимости в тканевых жидкостях организма. Большая растворимость токсической пыли усиливает ее вредное влияние.

Влияние пыли на организм. Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения заболеваний. Обычно различают *специфические* (пневмокониозы, аллергические болезни) и *неспецифические* (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз и кожи) пылевые поражения.

Среди специфических профессиональных пылевых заболеваний большое место занимают *пневмокониозы* – болезни легких, в основе которых лежит развитие склеротических и связанных с ними других изменений, обусловленных отложением различного рода пыли и последующим ее взаимодействием с легочной тканью.

Среди различных пневмокониозов наибольшую опасность представляет *силикоз,* связанный с длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния. Силикоз – это медленно протекающий хронический процесс, который, как правило, развивается только у лиц, проработавших несколько лет в условиях значительного загрязнения воздуха кремниевой пылью. Однако в отдельных случаях возможно более быстрое возникновение и течение этого заболевания, когда за сравнительно короткий срок (2-4 года) процесс достигает конечной, терминальной, стадии.

Производственная пыль может оказывать вредное влияние и на верхние дыхательные пути. Установлено, что в результате многолетней работы в условиях значительного запыления воздуха происходит постепенное истончение слизистой оболочки носа и задней стенки глотки. При очень высоких концентрациях пыли отмечается выраженная атрофия носовых раковин, особенно нижних, а также сухость и атрофия слизистой оболочки верхних дыхательных путей. Развитию этих явлений способствуют гигроскопичность пыли и высокая температура воздуха в помещениях. Атрофия слизистой оболочки значительно нарушает защитные (барьерные) функции верхних дыхательных путей, что, в свою очередь, способствует глубокому проникновению пыли, т. е. поражению бронхов и легких.

Производственная пыль может проникать в кожу и в отверстия сальных и потовых желез. В некоторых случаях может развиться воспалительный процесс. Не исключена возможность возникновения язвенных дерматитов и экзем при воздействии на кожу пыли хромощелочных солей, мышьяка, меди, извести, соды и других химических веществ. Действие пыли на глаза вызывает возникновение конъюнктивитов. Отмечается анестезирующее действие металлической и табачной пыли на роговую оболочку глаза. Установлено, что профессиональная анестезия у токарей возрастает со стажем.

Понижение чувствительности роговицы обусловливает позднюю обращаемость рабочих по поводу попадания в глаз мелких осколков металла и других инородных тел. У токарей с большим стажем иногда обнаруживают множественные мелкие помутнения роговицы из-за травматизма пылевыми частицами.

Меры профилактики пылевых заболеваний. Эффективная профилактика профессиональных пылевых болезней предполагает гигиеническое нормирование, технологические мероприятия, санитарно-гигиенические мероприятия, индивидуальные средства защиты и лечебно-профилактические мероприятия.

Гигиеническое нормирование. Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование. Соблюдение установленных предельно допустимых концентраций – основное требование при проведении *предупредительного и текущего* санитарного надзора.

Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляют лаборатории центров санэпиднадзора, заводские санитарно-химические лаборатории. На администрацию предприятий возложена ответственность за поддержание условий, препятствующих повышению ПДК пыли в воздушной среде.

При разработке оздоровительных мероприятий основные гигиенические требования должны предъявляться к технологическим процессам и оборудованию, вентиляции, строительно-планировочным решениям, рациональному медицинскому обслуживанию работающих, использованию средств индивидуальной защиты.

Технологические мероприятия.

Устранение образования пыли на рабочих местах путем изменения технологии производства – основной путь профилактики пылевых заболеваний. Внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, устраняющих ручной труд, дистанционное управление значительно облегчают и улучшают условия труда. Широкое применение автоматических видов сварки с ди-

станционным управлением, роботов-манипуляторов на операциях загрузки, пересыпки, упаковки сыпучих материалов уменьшает контакт рабочих с источниками пылевыделения.

Для эффективной борьбы с пылью в технологическом процессе вместо порошкообразных продуктов используют брикеты, гранулы, пасты, растворы и т. д.; заменяют токсические вещества на нетоксические; переходят с твердого топлива на газообразное; широко применяют высокочастотный электронагрев, значительно снижающий загрязнение производственной среды дымами и топочными газами. Предотвращению запыленности воздуха способствуют следующие мероприятия: замена сухих процессов мокрыми; герметизация оборудования, мест размола, транспортировки; выделение агрегатов, запыляющих рабочую зону, в изолированные помещения с устройством дистанционного управления.

Санитарно-технические мероприятия.

Мероприятия санитарно-технического характера играют большую роль в предупреждении заболеваний, например, укрытие пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытия. Герметизация и укрытие оборудования сплошными пыленепроницаемыми кожухами с эффективной аспирацией – это рациональное средство предупреждения пылевыделения в воздух рабочей зоны. Удаление пыли должно происходить непосредственно из мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается. В ряде случаев вентиляцию создают в комплексе с технологическими мероприятиями.

Индивидуальные средства защиты.

Если мероприятия по снижению концентрации пыли не приводят к уменьшению пыли в рабочей зоне до допустимых пределов, применяют индивидуальные средства защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. То или иное средство защиты органов дыхания выбирают в зависимости от вида вредных веществ, их концентрации. Органы дыхания защищают фильтрующими и изолирующими приборами, например, респиратором типа «Лепесток». При контакте с порошкообразными материалами, неблагоприятно воздействующими на кожу, используют защитные пасты и мази.

Для защиты глаз применяют закрытые или открытые очки. Очки закрытого типа с прочными безосколочными стеклами используют при механической обработке металлов. В процессах, сопровождающихся образованием мелких и твердых частиц и пыли, брызг металла, рекомендуют очки закрытого типа с боковинками или маски с экраном. Из спецодежды применяются пылезащитные комбинезоны: женский и

мужской со шлемами для выполнения работ, связанных с большим образованием нетоксической пыли, костюмы – мужской и женский со шлемами, а также скафандр автономный для защиты от пыли, газов и низкой температуры.

Лечебно-профилактические мероприятия.

В системе оздоровительных мероприятий важен медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. В соответствии с действующими правилами обязательным является проведение *предварительных* (при поступлении на работу) и *периодических медицинских осмотров.*

Основная задача периодических осмотров – своевременное выявление ранних стадий заболевания и предупреждение развития пневмокониоза, определение профпригодности и проведение эффективных лечебно-профилактических мероприятий.

Среди профилактических мероприятий, направленных на повышение реактивности организма и сопротивляемости пылевым поражениям легких, наибольшую эффективность обеспечивают УФ-облучение в фотариях, тормозящее склеротические процессы; щелочные ингаляции, способствующие санации верхних дыхательных путей, дыхательная гимнастика, улучшающая функцию внешнего дыхания, диета с добавлением метионина и витаминов.

3.10. Биологические вредные производственные факторы

Биологические вредные производственные факторы характерны для работающих агропромышленного комплекса, здравоохранения и некоторых других категорий работающих, чья деятельность связана с биологическими объектами. При нарушении требований по охране труда у работающих указанных категорий могут возникать заболевания, вызванные растениями, животными, больными людьми.

Безопасность при работе с биологическими объектами, представляющими производственную опасность, обеспечивается выполнением требований, предъявляемых к производственным процессам, производственному оборудованию, средствам защиты, а также системой специальных профилактических мероприятий.

Производственные процессы должны допускать возможность обеззараживания или обезвреживания территории, помещений, оборудования, транспортных средств, одежды и средства защиты, контроля за условиями труда и соблюдением гигиенических требований, а также исключать неблагоприятное воздействие на работающих с биологическими объектами и др.

Средства защиты от воздействия биологических факторы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». К ним относятся: оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации; оградительные устройства; герметизирующие устройства; устройства для вентиляции и очистки воздуха; знаки безопасности.

Система специальных профилактических мероприятий должна обеспечивать:

- создание у работающих с патогенными микроорганизмами активного или пассивного иммунитета;
- нормирование продолжительности работы во вредных условиях труда;
- повышение сопротивляемости организма работающих (лечебно-профилактическое питание и др.).

Микроорганизмы

Микроорганизмы, или *микробы* (от греч. *mikos* – малый, маленький и *bios* – жизнь), – обширная группа преимущественно одноклеточных живых организмов, различимых только под микроскопом и организованных проще, чем растения и животные. Микроорганизмы широко распространены в природе. В 1г почвы или грунта водоеме может содержаться 2-3 млрд. микробов. В процессе эволюции микроорганизмы адаптировались к самым различным экологическим условиям. Необычная устойчивость микроорганизмов к различным факторам внешней среды позволяет им занимать крайние границы биосферы: их обнаруживают на поверхности снега и ледников в Арктике, Антарктике и высоко в горах, в почве пустынь, в грунте океана на глубине 11 км, в атмосфере на высоте 20 км и т.п.

Микроорганизмы выполняют полезную роль в кругообороте веществ в природе. Они используются в пищевой и микробиологической промышленности, при создании лекарств и т.д.

Все микроорганизмы делят на *патогенные,* или болезнетворные, и *непатогенные*. Патогенные микроорганизмы вызывают болезни растений, животных и человека. Такие порожденные микробами болезни, как чума, проказа, тиф, холера, малярия, туберкулез и многие другие в отдаленные времена уносили тысячи жизней, сея страх и суеверия среди населения. При отсутствии средств борьбы с заразными (инфекционными) болезнями последние иногда приобретали массовое распространение среди людей, именуемое *эпидемией,* или *пандемией.* Широкое распространение заразных болезней животных называется *эпизоотией,* а растений – *эпифитотией*.

К микроорганизмам относятся бактерии, риккетсии, спирохеты, микобактерии, микоплазмы, актиномацеты, микроскопические грибки (грибы) и водоросли. Иногда к микроорганизмам причисляются вирусы и простейшие.

Бактерии (от греч. *bakterion* – палочка) – большая группа микроскопических преимущественно одноклеточных организмов. Подавляющее число видов бактерий имеет палочковую форму. Распространены также шаровидная, нитевидная и извитая формы. Бактерии, имеющие форм правильных шариков, называются *кокками,* если же они располагают попарно, – *диплококками.* Если кокки образуют цепочки, их называю *стрептококками.* Скопления клеток в виде грозди винограда характера длят *стафилококков.* Палочковидные бактерии, образующие споры, называют *бациллами.* Большинство бацилл – *сапрофиты* (живые существа, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или выделениями живых). *Нитчатые бактерии,* обитающие преимущественно в воде образуют длинные нити. *Вибрионами называются* бациллы в форме запятой, *спириллами* - извитые формы с грубыми спиральными завитками. Некоторые бактерии вызывают заболевания человека, животных или растений. Бактериальными заболеваниями являются чума, холера, столбняк, проказа, дизентерия, менингит и др.

Риккетсии (от имени американского ученого Ricketts) – мелкие болезнетворные бактерии, размножающиеся в клетках хозяина (так же, к вирусы). Возбуждают у человека риккетсиозы – сыпной тиф, Кулихорадку, окопную лихорадку и др.

Спирохеты – бактерии, клетки которых имеют вытянутую спиральную извитую форму. Обитают в почве, стоячих и сточных водах. Патогенные спирохеты являются возбудителями сифилиса, возвратного тифа и других спирохетозов.

Микобактерии – род бактерий, родственных актиномицетам (см. ниже); по ряду признаков отличаются от истинных бактерий. Отдельные виды болезнетворны для человека, например микобактерии – возбудители туберкулеза, проказы.

Микоплазмы – очень мелкие организмы, отличающиеся от истинных бактерий отсутствием клеточной стенки. Обитают в водоемах, навозе. Патогенные микоплазмы вызывают болезни растений, животных (воспаление легких) и человека (пневмония).

Актиномицеты, или лучистые грибки, – группа микроорганизмов, соединяющая в себе черты бактерий и грибов. Имеют нитевидное или палочковидное и кокковидное строение и боковые выросты. Широко распространены в почвах или в водоемах, в воздухе и на расти-

тельных остатках. Патогенные, формы актиномицетов вызывают актиномикоз, дифтерию и др.

Микроскопические грибки по сравнению с бактериями имеют большие размеры клеток и более сложное строение. Большинство микроскопических грибков питается разлагающимися органическими веществами растительного или животного происхождения, т.е. является сапрофитами. По значению в патологии поражаемых ими живых существ (растений, насекомых, птиц, рыб, животных, человека) и в практическом промышленном использовании микроскопические грибки разделяют на три большие группы: плесневые, дрожжевые (и дрожжеподобные) и дерматомицеты.

Плесневые грибки образуют пушистые бархатистые налеты (колонии) различного цвета на пищевых продуктах, растительных остатках (в том числе кормах животных), а также на стенах сырых, плохо проветриваемых помещений. Плесневые грибки широко используются в промышленности: пищевой (например, изготовление сыров рокфор и каммамбер) и медицинской (производство пенициллина и др.). Некоторые из плесневых грибков вызывают различные болезни растений, насекомых, птиц, животных. У людей могут развиваться грибковые заболевания различных органов – плесневые микозы. Некоторые плесневые грибки способны выделять ядовитые вещества – митотоксины и вызывать у человека заболевания, называемые митотоксикозами.

Истинные дрожжевые грибки (дрожжи) не болезнетворны для человека. Многие из них обладают способностью сбраживать различные органические соединения, превращать сахар в спирт. Поэтому они используются в медицинской и молочной промышленности, в хлебопечении, пивоварении, при производстве спирта и глицерина и т.д.

Дрожжеподобные грибки, как и дрожжевые, обитают в почве, на растениях. Носителями этих грибков являются насекомые, птицы, животные и человек. У здоровых людей эти грибки – безвредные обитатели слизистых оболочек (рта и др.). При определенных условиях вредными для человека могут стать грибки рода кандида. Они вызывают у человека заболевание – кандиоз, поражающее кожу, слизистые оболочки, изредка внутренние органы.

Дерматомицеты, или дерматофиты, – возбудители грибковых заболеваний кожи, волос, ногтей. Одни из них паразитируют только на человеке, вызывая поверхностную трихофитию, фавус (паршу), микроспорию, микоз стоп. Другие дерматофиты паразитируют в основном на животных, вызывая трихофитию у мышей, крыс, телят и коров, микроспорию у кошек и собак; от животных могут заражаться люди.

Вирусы (от лат. *virus* – яд) – мельчайшие (мельче бактерий примерно в 50 раз) неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (РНК или ДНК) и белковой оболочки (кансида). Форма – палочковая, сферическая и другая. Они не видимы в оптическом микроскопе, их не задерживают тончайшие фарфоровые фильтры. Вирусы - внутриклеточные паразиты, размножающиеся только в живых клетках. В отличие от бактерий вирусы не способны существовать и размножаться самостоятельно. Вирусы распространены повсеместно и вызывают многочисленные вирусные болезни растений, животных и человека. К вирусным заболеваниям человека относятся: грипп, корь, оспа, свинка, краснуха, полиомиелит, энцефалит, бешенство, СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита) и др.

Простейшие – одноклеточные животные с размерами обычно 1/20-1/7 мм. Простейших можно видеть без микроскопа. Чаще всего они обитают в водоемах. Примерами простейших животных являются: амеба, радиолярия, грегарина, эвглена, трипаносома, миксоспоридия, порамеция. К заболеваниям человека, вызываемым простейшими, относятся малярия, лейтманиозы, трипаносомозы, лямблиозы, амебиозы и др. Простейшие паразитируют также на домашних и промысловых млекопитающих, птицах и рыбах.

Нормирование бактериологических загрязнений может быть реализовано на основе прямых и косвенных показателей. При прямом методе устанавливается зависимость между фактом заболевания и находкой соответствующих патогенных микробов. Однако в силу длительности инкубационного периода и малой частоты заболеваний прямые методы признаны недостаточно надежными. В связи с этим стали применяться косвенные показатели бактериального нормирования качества воды (норматив – не более 100 бактерий); количество кишечных палочек в 1 я воды (не более 3).

В человеческом организме находятся самые разнообразные микроорганизмы. Одни безвредны, другие даже полезны. Болезнетворные микробы отличаются тем, что выделяют ферменты, которые разлагают кровяные тельца, мышцы, слизистые оболочки, нарушая тем самым нормальное состояние организма. Особую группу образуют болезнетворные микробы, выделяющие сильнодействующие яды – токсины, отравляющие пораженный организм. Разрушающее действие на организм человека оказывают также агрессины – продукты жизнедеятельности болезнетворных микробов, усиливающие их вредоносное действие.

Микробы проникают в организм человека в основном тремя путями: через дыхательные органы, пищеварительный тракт и кожу.

Человек имеет *естественную защиту* от болезнетворных микробов, которая включает в себя: механизм защитного действия кожи и слизистых оболочек, врожденный и приобретенный иммунитет по отношению к опасностям, фагоцитоз (явление поглощения бактерий и инородных тел белыми кровяными тельцами – фагоцитами).

В борьбе с микроорганизмами большое значение имеет гигиена. Пот, пыль, грязь – хорошая питательная среда для микробов: Эффективным средством непосредственной борьбы с микробами является дезинфекция (обеззараживание). Дезинфицирующими средствами служат настойка йода, ультрафиолетовые лучи, хлор и др. Против переносчиков микробов направлена дезинсекция (уничтожение вредных насекомых) и дератизация (истребление грызунов-вредителей).

Макроорганизмы

Грибы – обособленная группа низших растений, лишенных хлорофилла и питающихся готовыми органическими веществами. Они обычно поселяются на растениях, животных и их останках. В зависимости от питательного субстрата (живого или мертвого) подразделяются на паразитов и сапрофитов, включающих съедобные и ядовитые для человека и животных грибы. Ядовитые грибы могут вызывать острые, иногда смертельные, отравления. Из шляпочных грибов особенно ядовиты бледная поганка и мухомор. Нередки случаи отравления неправильно приготовленными сморчками и строчками.

Растения. Издавна люди подмечали, что некоторые растения безвредны и полезны, другие – ядовиты. Ядовитыми называют растения, вырабатывающие и накапливающие в период вегетации ядовитые вещества, способные вызывать отравления человека и животных. Известно более 10000 видов ядовитых растений, распространенных практически повсеместно: в бывшем СССР – около 400 видов. Разные виды растений могут вырабатывать одно или несколько ядовитых соединений. При этом ядовитые вещества содержатся во всем растении целиком или только в отдельных его частях. Например, у веха ядовитого (цикуты), аконита, чемерицы особенно ядовито корневище, у картофеля – цветки и позеленевшие клубни, у белладонны (красавки), вороньего глаза, волчьего лыка, майского ландыша, сладко-горького паслена – ягоды, у белены – плоды, у наперстянки – листья, у болиголова – все растение. Ядовитые растения встречаются среди хвощей, плаунов, папоротников, голосеменных и покрытосеменных растений. В странах умеренного климата ядовитые растения широко представлены в семействах лютиковых, маковых, молочайных, ластовневых, кутровых, пасленовых, норичниковых, ароидных. Многие растительные яды в

небольших дозах – ценное лечебное средство (морфин, стрихнин, атропин и др.).

Животные. Определенную опасность для человека могут представлять некоторые животные, в частности ядовитые. Ядовитые животные содержат в организме постоянно или периодически вещества, токсичные для особей других видов. Введенный даже в малых дозах в организм другого животного яд вызывает болезненные расстройства, а иногда – смерть. Ядовитые животные встречаются среди простейших (амебы и др.), кишечно-полостных (медузы, гидры, актинии), членистоногих (скорпионы, пауки, осы, саранча, клещи и др.), моллюсков, или мягкотелых (корабельный червь, слизни), иглокожих (морские звезды, морские ежи), рыб (акулы, скаты, морской дракон), земноводных (тритон, жаба, лягушка кокон), пресмыкающихся (змеи, ящерицы, крокодилы), птиц (грифы, вороны), млекопитающих (ехидна, утконос). Хищные животные – львы, тигры, леопарды, гиены и другие – при определенных условиях также могут представлять опасность для человека.

ГОСТ 12.1.008-76 «Биологическая безопасность» обязывает принимать соответствующие меры при работе с биологическими объектами, чтобы предупредить возникновение у работающих заболевания, состояние носительства, интоксикации, сенсибилизации и травм, вызванных микро- и макроорганизмами.

3.11. Психофизиологические вредные производственные факторы

Физические перегрузки

Физическая нагрузка может быть связана с перемещением материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и т.п. на необходимые расстояния и обуславливать динамическую перегрузку.

Статическая нагрузка обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела. Она определяется весом удерживаемого груза (величиной прилагаемого усилия) и временем удержания.

При выполнении трудовых функций работающий может находиться в вынужденной позе (наклонные положения тела, вынужденные наклоны, выполнение работы только стоя, на коленях, на корточках и т.п.). Трудовая деятельность, связанная с выраженной двигательной активностью, при величинах нагрузок, превышающих физиологически обоснованные оптимальные и допустимые значения, оказывает неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающего.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.).

При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы как стоя, так и сидя. Особого внимания заслуживает проектирование кресел для лиц, постоянно выполняющих работу сидя за пультами управления. Конструкция кресла должна быть такой, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры. Это возможно тогда, когда кресло в наибольшей степени соответствует анатомическому строению человека.

В ряде отраслей промышленности (текстильная, легкая, приборостроение и т.п.), где преобладает конвейерный труд, на рабочих местах в двигательной активности работающих имеют место компонент крупных движений, а также компонент мелких стереотипных движений. К крупным относятся движения рук, плечевого пояса, к мелким – движения кистей и пальцев рук.

Отрицательно на состояние здоровья работающих отражается *гиподинамия* – нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц.

Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п. Организация комнат психологической разгрузки способствует снижению усталости и повышению производительности труда работающих, улучшает их настроение, что, в конечном счете, способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

Нервно-психические перегрузки

Напряженность внимания характеризуется длительностью сосредоточения наблюдения, числом объектов одновременного наблюдения, плотностью сигналов (световых, здоровых) и сообщений. Такой характер деятельности присущ работающим с видеодисплейными терминалами, водителям транспортных средств, поездным диспетчерам, операторам, наблюдающим за сигнализацией на пульте управления, и др.

Степень напряженности анализаторских функций для зрительного анализатора зависит от размера объекта различения и расстояния объекта от глаз, различия в контрастности объекта различения и фона, для слухового анализатора – от соотношения между уровнями речи и шума.

Эмоциональные напряжения вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы. Данный фактор имеет место при работе по напряженному графику; на поточной линии или конвейере; в потенциально опасных условиях в связи с возможностью аварийных ситуаций и риском для собственных жизни и здоровья (усугубляет ситуацию необходимость выполнения работ при дефиците времени); с ответственностью за безопасность других лиц (операторы, профессии управленческого труда и другие, деятельность которых предусматривает персональную ответственность); с материалами, сырьем, оборудованием, загрязненными химическими веществами, радионуклидами и др.

Эстетический дискомфорт имеет место при работе с трупными материалами, разложившимися биологическими тканями, естественными и патологическими компонентами, при наличии на рабочем месте стойких и труднопереносимых запахов и т.п.

Физиологический дискомфорт создает работа в респираторах, пневматических костюмах, резиновых сапогах, фартуках и рукавицах из просвинцованной резины и т.п.

Чередование работ по сменам требует определенной перестройки организма. Суточные дежурства, работа только в ночную смену, без естественного света и т.п. оказывает на работающего отрицательное психологическое влияние.

Многочисленные исследования влияния на организм человека работы в различные смены показали, что производительность труда, работоспособность, самочувствие, условия травмирования в первую и вторую половину рабочего дня почти одинаковы. В ночное же время труд протекает на фоне снижения функционального состояния центральной нервной системы, на фоне сонливости. Сонливость снижает производительность труда, его качество, а также защитные функции организма человека, т.е. человек становится менее «защищен» от несчастных случаев и аварий.

Установлено, что сонливость при работе в ночную смену является, как правило, следствием несоблюдения суточной нормы сна. Люди, работающие в ночные смены, часто мало спят: не более пятишести часов, а иногда и того менее. В течение свободного времени, т.е.

в дневное время, они занимаются домашней работой, для которой требуется большое напряжение физических сил.

У многих работающих постоянно ночью наблюдается расстройство сна. Люди, работающие в ночные смены, чаще имеют заболевания сердечно-сосудистой и нервной системы. Это объясняется тем, что функции человека в течение суток подвержены закономерным колебаниям. Одни из них активизируются в дневное время и ослабляются ночью, а другие, наоборот, усиливаются ночью. В организме человека вырабатывается суточная ритмика физиологических функций, характерная значительной инертностью и трудно поддающаяся перестройке.

Работа в ночное время приводит к «рассогласованию» внешнего и внутренних ритмов, что приводит к нервным расстройствам, сопровождающимися, в первую очередь, нарушением сна. Для профилактики вредного влияния *сонливости* следует учитывать, что трудовая деятельность связана не только с активностью мышечного аппарата и органов чувств (анализаторов), подчиняющихся сознательному управлению человеком, но и с сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной, эндокринной и другими системами, которые не находятся под контролем человека и выдерживают суточный ритм активности.

Профилактика сонливости при работе в ночные смены сводится к следующим основным мероприятиям:

- необходимо, чтобы работающие ночью соблюдали суточную норму сна – восемь часов;
- начало смен необходимо устанавливать в 8, 16 и 24 часа при трехсменном режиме работы и в 8, 14, 20, 2 часа при четырехсменном режиме работы;
- переход из смены в смену производить через неделю или две недели, причем чередование смен должно быть таким: утренняя – вечерняя – ночная;
- работающие в ночные смены должны в свободное время не заниматься тяжелым физическим трудом или трудом, требующим напряжения центральной нервной системы. Свободное время должно быть временем активного отдыха.

Монотонной работой называют такую работу, отличительными признаками которой служит однообразие рабочих действий, их многократное повторение и небольшая длительность.

Однако и длительная операция, состоящая из однообразных циклов, также может быть монотонной. Все зависит от структуры самой операции – количества, содержания и характера составляющих ее элементов. Если операция сводится к выполнению ограниченного круга действий (количество разнообразных элементов невелико), то она

является монотонной даже при значительной длительности. Установлено, что на конвейерном производстве длительность операции не должна быть менее 30 сек.

Соответственно этому различают два вида монотонности: монотонность за счет информационной перегрузки одних и тех же нервных центров в результате поступления одинаковых сигналов либо при многократном повторении единообразных движений (например, работа на конвейере с мелкими операциями и др.) и монотонность, вызванная однообразием восприятия, из-за постоянства информации и недостатка новой информации (например, длительное наблюдение за приборными пультами в ожидании важного сигнала и др.).

Таким образом, общим признаком для всех монотонных работ является перегрузка информацией при выполнении работ или, наоборот, ее недостаток, что накладывает отрицательный отпечаток на функциональное состояние человека – работающий теряет интерес к работе, и у него возникает состояние «производственной скуки». Аналогично, подобное состояние у водителей транспортных средств называют «дорожным гипнозом».

Монотонная работа отрицательно сказывается на эффективности производства: ухудшаются экономические показатели, повышается аварийность, травматизм, растет текучесть кадров.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности на человека:

- делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;
- осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;
- применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;
- устанавливать переменный ритм конвейера в течение рабочего дня; наиболее предпочтителен свободный темп конвейера;
- осуществлять эстетичность производства и функциональное музыкальное оформление производственного процесса.

Ритм и темп работы также в определенных условиях могут оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья работаю-

щего, производительность и качество труда. В процессе труда у работающих, имеющих профессиональный опыт, вырабатывается определенный ритм, экономный автоматизм движений, при которых достигается наивысшая работоспособность с наименьшими энергетическими затратами.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение «вредный производственный фактор» (ВПФ).
2. Как подразделяются вредные производственные факторы?
3. Какой документ устанавливает классификацию вредных производственных факторов?
4. Какие факторы относятся к физическим вредным производственным факторам?
5. Какие факторы относятся к химическим вредным производственным факторам?
6. Какие биологические объекты включают в себя биологические вредные производственные факторы?
7. Как подразделяются по характеру воздействия психофизиологические вредные производственные факторы?
8. Как подразделяются физические перегрузки?
9. Как подразделяются нервно-психические перегрузки?
10. Может ли один и тот же вредный производственный фактор по природе своего действия относится одновременно к различным группам?
11. Действие шума и вибрации на организм человека
12. Типы средств защиты от производственных факторов, понятие СИЗ и СКЗ?
13. Виды средств коллективной защиты
14. Виды средств индивидуальной защиты
15. Закон восприятия Вебера – Фехнера. Характеристика анализаторов: кожный анализатор, осязание, болевая чувствительность.
16. Взаимосвязь между изменением интенсивности раздражителя и ощущением человека.
17. Ионизирующее излучение. Внешнее и внутреннее облучение. Действие на организм человека.

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ РИСКОЛОГИИ. ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

4.1. Теория рисков и идентификация опасностей

Опасности носят потенциальный, скрытый характер, поэтому их нужно идентифицировать. Под ***идентификацией*** понимается процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных н иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности жизнедеятельности.

В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Основные понятия рискологии определены ниже.

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

Класс профессионального риска – уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по страхованию, сложившийся по видам экономической деятельности страхователей.

Производственный риск (в рамках настоящей лекции) – потенциальный ущерб (в том числе для здоровья работников) в результате наступления нежелательного события, связанного с производственной деятельностью предприятия, определяемый с учетом вероятности наступления этого события.

Анализ риска – систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и количественной оценки риска.

Оценивание риска – основанная на результатах анализа риска процедура проверки, не превышен ли допустимый риск.

Управление рисками – применение защитных мер, проведение организационных и технических мероприятий, основанных на результатах анализа и оценивания рисков.

Уровень профессионального риска для персонала, задействованного в производственной деятельности предприятия, может быть оценен целым рядом обобщенных показателей, например:

$K_ч$ – коэффициент частоты несчастных случаев — число несчастных случаев, произошедших на предприятии за один год на 1000 работающих;

$K_ч$* – коэффициент частоты несчастных случаев, используемый в ряде зарубежных стран, – число несчастных случаев, произошедших на предприятии за 1 000 000 отработанных человеко-часов;

$K_{см}$ – коэффициент частоты наступления несчастного случая со смертельным исходом — число несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших на предприятии за один год на 1000 работающих.

$K_т$ – коэффициент тяжести производственного травматизма — средняя продолжительность временной утраты трудоспособности на один про-изошедший несчастный случай в отчетном году;

$И_{пз}$ ~~ индекс профессиональной заболеваемости (риск профессионального заболевания).

4.2. Квантификация опасностей

Для сопоставления явлений применяется *квантификация*, то есть использование их количественных показателей. В определении опасности подчеркивается ее потенциальный характер. Отсюда естественным образом следует, что квантификация опасности должна обязательно включать вероятность или частоту события как элемент предсказательного описания для еще не произошедшего события. Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации. Наиболее распространенной оценкой опасности является риск.

Применение понятия риск, таким образом, позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий. Риск, фактически, есть количественная мера опасности, которая используются в настоящее время при анализе опасностей и управлении безопасностью (риском) технологических процессов и производств в целом. Классификация и характеристика видов риска приведена в табл. 4.1.

В настоящее время по международной договоренности принято считать, что действие техногенных опасностей (технический риск) должно находиться в пределах от 10^{-7}–10^{-6} в год, а величина 10^{-6} является максимально приемлемым уровнем индивидуального риска (травмы, заболевания, гибели человека). В национальных правилах эта величина используется для оценки пожарной и радиационной безопасности. В некоторых странах, например в Голландии, приемлемые риски установлены в законодательном порядке. Пренебрежимо малым считается индивидуальный риск гибели 10^{-8} в год. Для экосистем мак-

симально приемлемым риском считается тот, при котором может пострадать менее 5 % видов биогеоценоза.

Таблица 4.1

Классификация и характеристика видов риска

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации техничсеких систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	Чрезвычайные ситуации, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

Анализ риска базируется на собранной информации и определяет меры по контролю безопасности технологической системы, поэтому основная задача анализа риска заключается в том, чтобы обеспечить рациональное основание для принятия решений в отношении риска.

Анализ риска или риск-анализ – это систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды.

Существуют несколько методов оценки риска, например, основанный на статистике поломок и аварий, на вероятностном анализе безопасности (ВАБ). В этом методе проводят построение и расчет деревьев событий и деревьев отказов – процесс основан на ориентированных графах. Предсказывают, что может развиться при отказе техники. Деревья отказов помогают проследить причины, которые способны вызвать какое-то нежелательное явление. Когда деревья построены, рассчитывается вероятность реализации каждого из сценариев (каждой ветви), а затем – общая вероятность аварии на объекте.

В ***модельном*** методе проводят построение моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду. Эти модели могут описывать как последствия обычной работы предприятий, так и ущерб от аварий на них.

Первые два подхода основаны на расчетах, но для таких расчетов не всегда хватает надежных исходных данных. В этом случае приемлем третий подход – ***экспертный***: вероятности различных событий, связи между ними и последствия аварий определяют не вычислениями, а опросом опытных экспертов.

Имеется много неопределенностей, связанных с оценкой риска. Анализ неопределенностей – необходимая составная часть оценки риска. Как правило, основные источники неопределенностей – информация по надежности оборудования и человеческим ошибкам, а также допущения применяемых моделей аварийного процесса. Чтобы правильно интерпретировать величины риска, надо понимать неопределенности и их причины.

4.3. Оценка риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением окружающей среды

Для оценки воздействия техногенного загрязнения окружающей среды на здоровье населения урбанизированных регионов целесообразно применение современных методик оценки экологического риска.

Практическая потребность анализа и управления экологическим риском закономерно проявилась в России на рубеже XX-XXI вв. как основа принятия эффективных решений и целевых программ по устойчивому эколого-экономическому развитию крупных градопромышленных агломераций и обеспечению экологической безопасности населения. Концепция риска основана на том, что наличие в окружающей среде потенциально опасных химических веществ и других вредных экологических факторов создает угрозу здоровью человека – степень реальной опасности. Ключевое звено в данной концепции – здоровье человека и его охрана от вредного воздействия (снижение уровня риска) на основе анализа, выявления и устранения факторов риска.

Риск для здоровья – вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания.

Под факторами риска здоровью понимаются факторы, провоцирующие или увеличивающие риск развития определенных заболеваний. Применительно к неблагоприятному воздействию окружающей

среды выделяют ***факторы среды обитания***, к которым относят биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные и иные), химические (загрязняющие вещества), физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения), социальные (питание, водоснабжение, условия быта, труда, отдыха) и иные факторы среды обитания, оказывающие воздействие на человека.

Оценка риска для здоровья – это процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколении, обусловленных воздействием факторов среды обитания.

В последние годы быстро развивается новое научное направление, базирующееся на теории риска для здоровья, связанного с химическим загрязнением окружающей среды. Оно получило развитие на базе совместных разработок Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Федерального Центра экологической политики России и Американского агентства по охране окружающей среды (U.S. EPA). Базируясь на этой методологии, возможно идентифицировать и количественно оценивать уровни риска, а также планировать меры по организации мониторинга окружающей среды и снижению риска в экологически неблагополучных районах.

Основные положения этой методологии оценки риска здоровью населения закреплены в руководстве Р 2.1 10.19-2004 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (утверждено главным государственным санитарным врачом РФ 05.03.2004 г.).

В соответствии с данным «Руководством» процедуру оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических загрязнителей среды обитания, можно подразделить на пять взаимосвязанных этапов.

1. Идентификация опасности: выявление потенциально вредных факторов, оценка связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья человека, достаточности и надежности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды исследуемыми веществами; составление перечня приоритетных химических веществ, подлежащих последующей характеристике.

2. Оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека: характеристика источников загрязнения, маршрутов движения загрязняющих веществ от источника к человеку, путей и точек воздействия; определение доз и концентраций, воздействовавших в

прошлом, воздействующих в настоящем или тех, которые, возможно, будут воздействовать в будущем; установление уровней экспозиции для популяции в целом и ее отдельных субпопуляций, включая сверхчувствительные группы.

3. Оценка зависимости «доза-ответ»: выявление количественных связей между показателями состояния здоровья и уровнями экспозиции. Для этого, как правило, используются экспериментальные данные (токсикологический эксперимент, спланированное эпидемиолого-гигиеническое исследование и др.).

4. Характеристика риска: анализ всех полученных данных; расчет рисков для популяции и её отдельных подгрупп; сравнение рисков с допустимыми (приемлемыми) уровнями; сравнительная оценка и ранжирование различных рисков по степени их статистической, медико-биологической и социальной значимости; установление медицинских приоритетов и тех рисков, которые должны быть предотвращены или снижены до приемлемого уровня.

5. Управление риском: заключительный этап, связанный с мероприятиями по минимизации риска, которые осуществляются на основе выявленных приоритетов.

Все эффекты воздействия на организм человека с точки зрения ответной реакции экспонированного населения можно с некоторой долей условности разделить на две основные группы:

- канцерогенные;
- неканцерогенные (общетоксические).

Типичные графические модели «доза-ответ (эффект)» иллюстрирует рис. 4.1. По оси абсцисс (Х) – доза (концентрация) воздействующего вредного фактора; по оси ординат (У) – эффект (ответный отклик, т.е. % заболевших или лиц, у которых проявился токсический эффект от общего числа экспонированных лиц).

Под ***канцерогеном*** понимают любой химический, физический или биологический агент, способный вызвать развитие рака (злокачественной опухоли), а под ***канцерогенным эффектом*** – возникновение злокачественных новообразований при воздействии факторов окружающей среды. Известно, что канцерогенные эффекты приближаются к прямой (линейной) зависимости (см. рис.4.1, А): чем выше доза, тем сильнее эффект (тяжелые металлы, бенз(а)пирен). Определенный порог есть всегда (в малых дозах и радиация безвредна), но для канцерогенов он довольно низок. Как правило, канцерогены вызывают также побочные неканцерогенные эффекты.

Неканцерогенный эффект характеризует возрастание вероятности развития заболеваний различной природы, за исключением кан-

церогенных, и в отличие от канцерогенного эффекта проявляется по типу порогового эффекта, когда после определенного уровня воздействия эффект становится достоверным (проявляется не менее, чем у 1/6 части популяции, т.е. у 16,7 % экспонированных лиц). Рост патологических реакций проявляется по экспоненциальному закону, графическая модель напоминает сигмоидальную кривую (рис.4.1, Б).

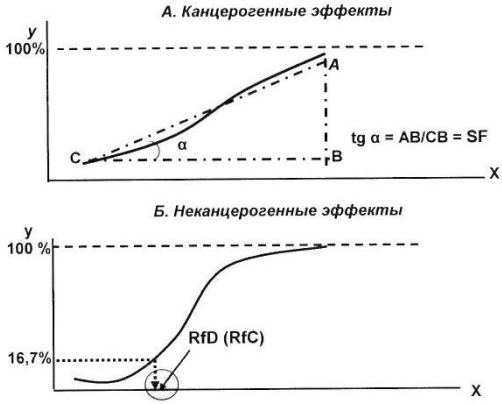

Рис. 4.1. Типичные модели «доза – эффект» (сплошная линия – зависимость возрастания числа токсических эффектов при увеличении воздействующей дозы вредного фактора)

SF – фактор канцерогенного потенциала (мг/(кг·сутки))$^{-1}$ – мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как тангенс угла наклона зависимости «доза – эффект» в нижней «линейной» части экспериментальной кривой. Факторы наклона канцерогенного потенциала разработаны в экспериментальных исследованиях на животных на основе использования линейной многоступенчатой модели и с учетом статистической экстраполяции с высоких доз, где наблюдаются эффекты в лабораторных условиях, на малые дозы, реально встречающиеся в объектах окружающей среды, при которых эффект в эксперименте не выявляется. Фактор канцерогенного потенциала – табличная (справочная) величина, определяемая экспериментальным путем с последующим применением математических методов экстраполяции воздействия «высоких» доз на воздействие «низких».

RfD – референтная доза – это суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое не приводит к возникнове-

нию неприемлемого риска для здоровья (*RfC*-концентрация). Как и фактор канцерогенного потенциала – это справочные величины.

Бывают эффекты особого рода (***эффекты оптимума***), которые проявляются особым образом, например, когда существует оптимальная доза, любые отклонения от которой вредны и вызывают патологические реакции (примеры: микроэлементозы – болезни, связанные с балансом макро- и микроэлементов (недостаток фтора способствует развитию кариеса)). Эффекты оптимума отражают видовую толерантность к воздействующему вредному фактору и типичны для большинства эссенциальных веществ, присутствующих в организме в микродозах. Однако, в «Руководстве по оценке риска» такие эффекты не рассматриваются.

Токсические эффекты могут иметь латентный период (контакт с фосфорорганическими пестицидами может приводить к ограничению подвижности и параличу нижних конечностей через несколько месяцев после контакта; длительное вдыхание паров асбеста может приводить к развитию рака легких спустя 20–25 лет).

Вредные эффекты характеризуют по локализации: поражение ЦНС, желудочно-кишечного тракта, органов кроветворения, репродуктивной системы и т.д. ***Критические органы и системы*** – те органы (системы), которые наиболее чувствительны к действию наименьших из эффективных доз или концентраций химических веществ; причем, при одновременном поражении нескольких органов эффекты носят название «***системные эффекты***». Так, для воздействующих аэрогенным путем диоксида азота критическими будут органы дыхания, фенола – органы дыхания и глаза, толуола – ЦНС.

Таким образом, модели зависимости «доза – эффект» отражают основные количественные закономерности между воздействующей дозой и частотой вредных эффектов в экспонированной популяции.

Уровень реакции организма зависит от дозы. Чем выше доза, тем больший процент населения реагирует на химическое воздействие и тем тяжелее реакция. Для канцерогенных эффектов пороговые дозы не признаются, а эффекты имеют линейный характер. Неканцерогенный эффект проявляется только после достижения пороговых (референтных) доз, а достоверным эффект считается в случае, если он проявляется не менее, чем у 16,7 % части экспонированной популяции.

При оценке риска потенциальные дозы загрязняющих веществ, как правило, усредняются с учетом массы тела и времени воздействия. Такая доза носит название ***средней суточной дозы (ADD).*** При этом обычно принимается допущение, что в среднем суточное потребление

атмосферного воздуха для взрослого человека составляет 20 $м^3$/сутки, а потребление питьевой воды – 2 л.

В «Руководстве по оценке риска» приведен расчет среднесуточных доз при ингаляционном воздействии загрязняющих веществ, поступающих с атмосферным воздухом, проводится по формуле (4.1):

$$ADD=((Ca \cdot Tout \cdot Vout)+(Ch \cdot Tin \cdot Vin)) \cdot EF \cdot ED/(BW \cdot AT \cdot 365) \qquad (4.1)$$

При этом, как правило, принимаются стандартные значения показателей (факторов экспозиции), приведенные в табл. 4.2.

Пример: рассчитать среднесуточную дозу поступления в организм диоксида азота при ингаляционном воздействии с атмосферным воздухом для детского и взрослого населения, если его среднесуточная концентрация в атмосферном воздухе составляет 0,05 мг/$м^3$, а в воздухе жилого помещения – 0,04 мг/$м^3$.

С использованием стандартных значений показателей имеем:

- для взрослого населения:

$ADD = ((0{,}05 \cdot 8 \cdot 1{,}4)+(0{,}04 \cdot 16 \cdot 0{,}63)) \cdot 350 \cdot 30/(70 \cdot 30 \cdot 365) = 0{,}013$ мг/кг в сутки;

- для детского населения:

$ADD = ((0{,}05 \cdot 8 \cdot 1{,}4)+(0{,}04 \cdot 16 \cdot 0{,}63)) \cdot 350 \cdot 6/(15 \cdot 6 \cdot 365) = 0{,}062$ мг/кг в сутки.

В «Руководстве по оценке риска» приведены также стандартные формулы для расчета средней суточной дозы и стандартные значения факторов экспозиции:

- при пероральном поступлении химических веществ в организм с питьевой водой;
- при пероральном поступлении химических веществ в организм с продуктами питания (при использовании методов индивидуального потребления продуктов питания);
- при ингаляционном поступлении химических веществ, испаряющихся из питьевой воды;
- при накожной экспозиции водопроводной (питьевой) воды (поглощенная доза);
- при поступлении химических веществ для детей первого года жизни с грудным молоком и продуктами прикорма;
- при пероральном поступлении веществ из почвы (для детей дошкольного возраста);
- при ингаляционном воздействии химических веществ, попадающих в воздух из почвы;
- при накожной экспозиции почвы.

Таблица 4.2

Стандартные значения факторов экспозиции, принимаемых для расчета среднесуточных доз при ингаляционном воздействии загрязняющих веществ

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
ADD	Среднесуточная доза (величина поступления), мг/(кг·день)	-
Ca	Концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/м^3	-
Ch	Концентрация вещества в воздухе жилища, мг/м^3	при отсутствии данных: ***Ch = Ca***
Tout	Время, проводимое вне помещений, час/день	8 ч/день
Tin	Время, проводимое внутри помещений, час/день	16 ч/день
Vout	Скорость дыхания вне помещений, м^3/ч	1,4 м^3/час
Vin	Скорость дыхания внутри помещения, м^3/ч	0,63 м^3/час
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дней/год
ED	Продолжительность воздействия, лет	взрослые:30 лет; дети:6 лет
BW	Масса тела, кг	взрослые: 70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции, лет	взрослые: 30 лет; дети: 6 лет; канцерогены: 70 лет (независимо от возраста)

Так, расчет среднесуточных доз при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой производится в соответствии с формулой (4.2) и данными, приведенными в табл. 4.3:

$$ADD = (Cw \cdot V \cdot EF \cdot ED)/(BW \cdot AT \cdot 365) \qquad (4.2)$$

Справочные величины (*SF, RfC, RfD*, критические органы и системы по веществам, стандартные значения факторов экспозиции), необходимые для расчета рисков, приводятся в приложении к «Руководству по оценке риска».

Канцерогенный риск (*CR*) в течение жизни определяется по формуле (4.3):

$$CR = ADD \cdot SF \qquad (4.3)$$

где *ADD* – средняя суточная доза в течение жизни, мг/(кг·денъ); *SF* – фактор канцерогенного потенциала.

Таблица 4.3

Стандартные значения факторов экспозиции при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
ADD	Поступление с питьевой водой, мг/(кг·день)	–
Cw	Концентрация вещества в воде, мг/л	–
V	Величина водопотребления, л/сут.	взрослые: 2 л/сут.; дети: 1 л/сут.
EF	Частота воздействия, дней/год	350 дней/год
ED	Продолжительность воздействия, лет	взрослые: 30 лет; дети:6 лет
BW	Масса тела, кг	взрослые: 70 кг; дети: 15 кг
AT	Период осреднения экспозиции,лет	взрослые:30 лет; дети:6 лет; канцерогены: 70 лет (независимо от возраста)

Неканцерогенный риск количественно оценивается на основе расчета коэффициента опасности *(HQ)* по формулам (4.4) и (4.5):

$$HQ = Ci/RfC \text{ (воздух)} \quad (4.4)$$

$$HQ = ADD/RfD \text{ (вода, продукты питания)} \quad (4.5)$$

где *HQ* – коэффициент опасности; *ADD* – средняя доза, мг/кг; *Ci* – средняя концентрация (для воздушной среды – мг/м^3, для водной среды – мг/дм^3, для почвы и продуктов питания – мг/кг); *RfD* – референтная (безопасная) доза, мг/кг; *RfC* – референтная (безопасная) концентрация, (для воздушной среды – мг/м^3, для водной среды – мг/дм^3, для почвы и продуктов питания – мг/кг).

С учетом однонаправленности воздействия веществ рассчитывается индекс опасности *(CI* или *HI)* в зависимости от характера суммируемых рисков, т.е. риск комбинированного эффекта по формулам (4.6) и (4.7):

$$CI = CR_1 + CR_2 + ... + CR_n \quad (4.6)$$

$$HI = HQ, + HQ_2 + ... + HQ_n \quad (4.7)$$

где *n* – число веществ; $CR_{1...n}$, $HQ_{1...n}$ – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

В практике расчета рисков определяют индивидуальный и популяционный риски для здоровья населения:

- ***индивидуальный риск*** – оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума, например, риск развития рака у одного индивидуума из 1 000 лиц, подвергавшихся воздействию (риск 1 на 1 000 или $1 \cdot 10^{-3}$). Обычно рассчитывается на период «в течение жизни».

- ***популяционный риск*** – риск токсических эффектов у экспонированной группы населения (обычно рассчитывается на 1 год).

Оценка неканцерогенного риска проводится суммарно, а также по отдельным критическим органам и системам. Как видно из табл. 4.4, наибольший вклад как в суммарную величину *HI*, так и в риск воздействия на печень вносит вещество Б. Наименее значимую роль в формировании риска играет вещество А.

Таблица 4.4

Пример расчета рисков по отдельным органам (системам)

Вещество	Доза, мг/кг	*RfD*, мг/кг	*HQ*	Орган
А	0,005	0,05	0,1	почки
Б	16,0	4,0	4,0	печень
С	0,12	0,4	0,3	почки
д	0,08	0,2	0,4	печень
Суммарный риск		*HI* общий	4,8	-
		HI почки	0,4	-
		HI печень	4,4	-

Шкала оценки рисков. При оценке индивидуального риска для здоровья ориентируются на систему критериев приемлемости (безопасности). Они различны для показателей канцерогенного и неканцерогенного рисков.

Канцерогенный риск (CR):

1. Первый диапазон риска (индивидуальный риск в течение всей жизни, равный или меньший $1 \cdot 10^{-6}$, что соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц) характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий (***риск допустимый***; не вызывающий беспокойства).

2. Второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$ соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю (***риск, вызывающий беспокойство***).

3. Третий диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий (***опасный риск***).

4. Четвертый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни, равный или более $1 \cdot 10^{-3}$) неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. Требует экстренной профилактики (***чрезвычайно опасный***, недопустимый риск).

Основные источники информации и характеристики при оценке риска здоровью, обусловленного воздействием химических загрязнителей атмосферного воздуха, приведены в табл. 4.5.

Неканцерогенный риск (HQ) количественно оценивается на основе расчета коэффициента опасности:

1. Если величина риска $HQ < 0,8$, то неканцерогенный риск считается допустимым (< 0,5 = целевой риск), не вызывающим беспокойства.

2. Если величина риска HQ от 0,8 до 1,0 – ***риск предельно допустимый***, вызывающий беспокойство.

3. Если $HQ > 1$ – опасный риск.

Управление риском – процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков. Является логическим продолжением оценки риска и направлено на обоснование наилучших в данной ситуации решений по его устранению или минимизации, а также динамическому контролю (мониторингу) экспозиций и рисков, оценке эффективности и корректировке оздоровительных мероприятий.

С целью снижения уровней риска могут использоваться следующие подходы: снижение числа и мощности воздействия источников опасности; повышение эффективности очистки выбросов загрязняющих веществ; уменьшение числа экспонированных лиц; снижение вероятности аварийных ситуаций.

Таблица 4.5

Основные источники информации и характеристики при оценке риска здоровью, обусловленного воздействием химических загрязнителей атмосферного воздуха

Этап оценки риска	Основные источники информации	Основные характеристики
Идентификация опасности	Проект ПДВ, результаты расчета приземных концентраций (составная часть проекта ПДВ), либо данные исследований о концентрациях загрязняющих веществ в приземном слое воздуха	Объем выбросов, перечень загрязняющих веществ, их концентрации в приземном слое воздуха (расчетные или лабораторно определенные)
Оценка зависимости «доза- ответ»	Справочные данные, нормативные документы (Санитарные нормы и правила, гигиенические нормативы, нормативы других стран)	Сведения о вредных эффектах, нормативные (безопасные уровни воздействия: ПДК, *RfC, RfD*), пропорции роста риска на единицу дозы вещества (*SFi, SFo*)
Оценка экспозиции	Установление пути поступления загрязняющего вещества в организм, времени воздействия, численности населения, подвергающегося воздействию	Путь поступления, время воздействия, среднесуточная доза поступления в организм (*ADD*)
4. Характеристика риска для здоровья населения	Результаты 1-3 этапа	Расчет индивидуального канцерогенного риска (*CR*), коэффициентов и индексов опасности (*HQ*, *HI*), характеризующих риск неканцерогенный, сравнение их с приемлемыми уровнями риска

4.4. Прогнозирование основных характеристик и особенностей развития аварий технологических процессов

Основная цель прогнозирования – выявление возможных ЧС, связанных с несовершенством применяемой технологии, методов и средств защиты от вероятных аварий и катастроф.

Выявление основных характеристик и особенностей технологических процессов и производимой на предприятии продукции является так же, как и характеристика местоположения объекта, одним из обязательных требований Декларации безопасности и Государственной

экспертизы. Порядок действий по оценке применяемой на потенциально (или особо) опасном объекте технологии включает:

- оценку соответствия применяемого оборудования, отдельных аппаратных узлов и блоков и действующей технологии в целом современным требованиям (технологическим, экологическим, в области безопасности);
- выявление наиболее опасных технологических узлов и аппаратов как источников возможных ЧС;
- оценку транспортных условий движения и хранения сырья и промышленных продуктов.

Результаты комплексной прогнозной оценки основных характеристик и особенностей технологических процессов и производимой на промышленном объекте продукции являются основой для создания нормативно-методической базы, регламентирующей деятельность предприятий с промышленно опасными объектами (узлами, блоками), которая включает:

- положение (инструкцию) по учету норм отклонений в соответствии с действующим технологическим регламентом;
- систему анализа причин отклонений от нормативных условий с разработкой мер по предупреждению аварий и ЧС;
- систему учета всех неполадок, временных остановок технологического процесса, оборудования.

Банки данных систематизированных отклонений служат для потенциально опасного объекта фактологической основой последующего прогнозного анализа риска возникновения техногенных ЧС.

4.5. Оценка риска последовательно развивающихся «каскадных» аварий

На основе нормативно-методической базы предприятия создаются банки данных отклонений, систематизированных по их причинам (по видам производства, по видам оборудования, по характеру произошедших и прогнозируемых аварий). В число рассматриваемых видов аварий входят:

- аварии, связанные с разрывом или разгерметизацией потенциально опасного технологического комплекса;
- аварии, обусловленные разрушением пожаро-, взрывоопасных блоков или агрегатов объекта и выбросом в окружающую среду за пределы объектов вредных веществ;
- техногенные и природные аварии и катастрофы, представляющие потенциальную и реальную опасность для территории региона;

- стихийные бедствия, приводящие к разрушению одного или нескольких потенциально опасных объектов (складов хранения опасных веществ, АХОВ).

Аварии, выходящие за пределы местного уровня на региональный, прогнозируются исходя из их характеристик и оценок, занесенных в Паспорт оценки состояния безопасности региона. Все виды аварий должны в обязательном порядке декларироваться и отражаться в перечне декларируемых объектов (Декларация безопасности промышленного объекта). К ***«каскадным» авариям*** относятся аварии, которые, как правило, возникают на близко расположенных опасных объектах, где каждая предыдущая авария служит причиной возникновения последующих аварий. В результате протекания «каскадных» аварий возникает перерастание локальных аварий в крупномасштабную катастрофу, охватывающую значительную территорию региона или несколько регионов.

Предусматривается следующий порядок действий при оценке «каскадных» аварий:

- анализ обстановки в районе расположения особо опасных объектов в пределах региона;
- анализ особенностей технологических процессов на предприятиях, где возможно протекание цепных (каскадных) аварий;
- анализ риска возникновения каскадных аварий на основе оценки вероятности возникновения и тяжести последствий аварий на каждом объекте и их последовательной совокупности («каскадности»);
- прогнозирование различных вариантов развития и наложения каскадных аварий в зависимости от условий протекания аварий на каждом из опасных объектов;
- последовательный анализ прогнозных вариантов и занесение каждого из них в банк данных;
- выбор наиболее вероятного и наиболее тяжелого из вариантов развития каскадных аварий;
- определение (прогнозирование) мероприятий, сил и средств, необходимых и достаточных для предупреждения и ликвидации последствий «каскадной» аварии.

Виды аварий на объекте, которые могут послужить причиной осуществления обширной «каскадной» аварии, особо отмечаются в Декларации безопасности промышленного объекта.

Прогнозный анализ риска возникновения ЧС. Анализ риска возникновения ЧС, связанной с деятельностью опасного предприятия, либо с проявлением опасного природного явления или процесса, производится путем совместной оценки тяжести (масштаба) прогнозируе-

мой ЧС и вероятности ее возникновения. Прогнозируемая тяжесть ЧС и масштаб ее проявления включает следующие показатели:

- величину прямого материального, социально-экономического и экологического ущерба;
- тяжесть полученных травм, число пострадавших и погибших;
- распространение (или нераспространение) аварии за пределы ОЭ;
- величину затрат на ликвидацию аварии;
- косвенные потери (затраты на пенсии и пособия пострадавшим и семьям погибших, стоимость непроизведенной продукции и т.д.).

Риск возникновения ЧС оценивается в следующем порядке:

- оценка реально допустимых показателей риска отдельных технологических звеньев на основе созданных банков данных систематизированных отклонений;
- прогнозная оценка всех возможных рисков возникновения ЧС, охватывающих риск возникновения ЧС природного характера, технологическую основу опасного объекта, системы жизнеобеспечения, условия жизнедеятельности людей, окружающую среду;
- прогнозная оценка риска наиболее крупных и запроектных аварий, выходящих за пределы территории, наносящих значительный материальный ущерб и угрозу жизни населению, проживающему в районе аварии.

Анализ риска возникновения ЧС природного и техногенного характера является важнейшим и обязательным требованием «Декларации безопасности промышленного объекта». Для оценки риска применяют некоторые модели теории надежности. Среди них модели высоконадежных систем, для которых аварийные ситуации представляют редкие события, а также модели стареющих систем, качество которых в процессе эксплуатации ухудшается вследствие ползучести, различных видов усталости, износа и т.д.

4.6. Оценка риска аварий по различным моделям

Прогнозирование аварийных ситуаций возможно на основе элементарной статистики и дискретного распределения Пуассона, часто применяемого к редким событиям и природным явлениям. Такую модель называют «высоконадежной системой». Функцией риска аварии из-за отказа нормального функционирования объекта называется вероятность отказа:

$$H(t) = 1 - P(t) \tag{4.8}$$

$$\lambda(t) = -P'(t)/P(t) \tag{4.9}$$

где *P(t)* – вероятность безотказной работы (функция надежности), *λ(t)* – интенсивность отказов, равная вероятности того, что после безотказной работы до момента времени *t* авария произойдет в последующем малом отрезке времени. Опыт показывает, что после небольшого начального периода эксплуатации (приработки) функция *λ(t)* длительный период достаточно стабильна, т.е. *λ(t) = const*. Влияние интенсивного старения за счет коррозионного износа, усталости и других факторов должно исключаться регламентированием допустимого срока службы.

Принимая для периода нормального (спокойного) функционирования *λ(t)=const*, получаем экспоненциальное распределение:

$$P(t) = exp(-\lambda\tau) \tag{4.10}$$

Здесь $\overline{\theta} = 1/\lambda$ – математическое ожидание срока службы (ресурса) или средняя наработка на отказ. Функцию риска *H(t)* можно записать в виде:

$$H(t) = 1 - exp(-t/\overline{\theta}) \tag{4.11}$$

Частота отказов в системе однотипных объектов (поток случайных событий) соответствует дискретному распределению Пуассона:

$$Q(N,\lambda\tau) = \frac{(\lambda\tau)^N}{N!} exp(-\lambda\tau), N = 0,1,2\ldots, \lambda\tau > 0 \tag{4.12}$$

Согласно данной формуле, аварии на временном интервале *τ(t,t+τ)* произойдут *N* раз с вероятностью *Q(N,λτ),* а отсутствие аварийных ситуаций (отсутствие отказов) – с вероятностью:

$$Q(0,\lambda\tau) = exp(-\lambda\tau) \tag{4.13}$$

Вероятность того, что аварии произойдут *n* раз при *n* < *N* (т.е. менее *N* раз), определяется функцией распределения:

$$Q_0\left(n < N = \sum_{i=0}^{N-1} Q(i,\lambda\tau) = 1 - \varphi(N,\lambda\tau)\right), \qquad (4.14)$$

где $\varphi(N,\lambda\tau) = Q_0(n \geq N) = \sum_{i=0}^{\infty} Q(i,\lambda\tau)$

Вероятность возникновения хотя бы одной аварии представляет оценку риска аварий $\overline{Q}$ на объекте в период τ:

$$\overline{Q} = 1 - Q(0,\lambda\tau) = 1 - exp(-\lambda\tau) \qquad (4.15)$$

Значения вероятности аварий $Q(N,\lambda\tau)$ и риска возможной аварии $\overline{Q}$ для числа $N \leq 5$ приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Вероятность *N* аварий и оценка риска аварийности *Q* в зависимости от параметра *λτ* согласно распределению Пуассона

N \ $\lambda\tau$	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3	4	5
0	0,905	0,819	0,741	0,607	0,368	0,135	0,05	0,01	0,007
1	0,091	0,164	0,222	0,303	0,368				
2	0,0045	0,016	0,033	0,013	0,061	0,271			
3	0,0002	0,0011	0,0033	0,013	0,061	0,18	0,224		
4		0,0001	0,0003	0,0016	0,015	0,09	0,168	0,195	
5				0,0002	0,003	0,036	0,101	0,156	0,176
6	0,095	0,181	0,259	0,393	0,632	0,865	0,95	0,982	0,993

Распределение Пуассона является частным случаем биноминального распределения при большом числе маловероятных событий. В связи с этим формулу Пуассона называют законом редких явлений. При больших значениях $\lambda\tau(\lambda\tau \geq 10)$ распределение приближается к нормальному распределению при $\mu = \sigma^2 = \lambda\tau$:

$$f = (x,\mu,\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \qquad (4.16)$$

Распределение Пуассона используется на практике в различных областях техники и природных процессах. Распределение Пуассона применимо также к событиям (авариям), разбросанным на площадях. В этом случае параметр λ имеет смысл средней плотности, отнесенной не к временному интервалу, а к некоторой площади.

Оценку надежности производственных участков и различной аппаратуры, а также обслуживания персоналом можно провести с использованием биноминального распределения подсчетом вероятности как частоты r успешных событий при их общем числе n. Доверительный интервал для фактической вероятности P_T определяется уравнением:

$$\sum_{j=r}^{n} (n_j)\ P^j (1-P)^{n-1} = 1-\alpha\,, \qquad (4.17)$$

где $n_j = n!/[j!(n-j)!]$ – биноминальные коэффициенты; P – нижняя граница искомой надежности P_T; α – достоверность того, что фактическая вероятность P_T находится в интервале P...1.

Таблица 4.7

Вероятность успешных (безаварийных) событий с достоверностью 0,8 при различных значениях *r*

n \ r	2	4	6	8	10	12	14	16	13	20
10	0,083	0,24	0,418	0,619	0,851					
15	0,056	0,157	0,272	0,394	0,524	0,662	0,813			
20	0,041	0,117	0,201	0,291	0,384	0,481	0,528	0,686	0,798	0,922

Рассмотрим альтернативный подход с привлечением модели, учитывающей некоторые физические процессы, полагая, что авария на взрывоопасном объекте возникает в результате накопления элементарных повреждений y при достижении некоторого предельно допустимого износа M. Процесс накопления повреждений фиксируется функцией износа $\eta(t)$. Отказ наступает при условии $\eta(t) \geq M$ числе элементарных повреждений $r=M/y$. Такая модель называется «стареющей системой».

Расчет вероятности отказа (аварии) возможен с использованием модели монотонно стареющих систем, т.е. с накапливающимися повреждениями, на основе гамма-распределения:

$$F(T) = \frac{1}{\Gamma(r)} \lambda^r T^{r-1} exp\ (-\lambda T), \qquad (4.18)$$

где $\Gamma(r)$ – гамма-функция; $\lambda = y^{-1} dM\left[\eta(t)\right]/dt$ – скорость износа.

Для целых значений r гамма-функция $\Gamma(r)=(r-1)!$, λ – средняя скорость износа и функция гамма-распределения имеет вид:

$$Q(N,\lambda\tau) = 1 - \sum_{k=0}^{r-1} \frac{(\lambda T)^k}{k!} exp(-\lambda T) =$$

$$= 1 - exp(-\lambda T) \cdot \left[1 + \lambda T + (\lambda T)^2 / 2! + \ldots + (\lambda T)^{r-1} / (r-1)!\right] \quad (4.19)$$

При r=1 выражение (4.19) соответствует плотности экспоненциального распределения (мгновенный выход из строя при однократном повреждении). Приведем примеры оценки риска аварий.

Пример 1. Расчет риска аварии по модели «высоконадежных систем».

Задание: На опасном производственном объекте за 20 лет произошло 4 аварии. Оценить вероятность возникновения двух аварий (N=2) в течение двух лет (t=2); вероятность безаварийной работы в течение года.

Решение.

1. Определим интенсивность отказа оборудования и параметр λt:

$$\lambda = 4/20 = 0{,}2 \text{ лет}^{-1}$$
$$\lambda t = 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}4$$

2. Находим искомую вероятность $Q\ (N,\ \lambda t)$ двух аварий по распределению Пуассона:

$$Q\ (2;0{,}4) = (0{,}2 \cdot 2)^2 \cdot e^{-0{,}4}/2! = 0{,}054,$$

3. Проводим расчет безаварийной работы (N=0, λt = 0,2):

$$Q\ (0;0{,}2) = e^{-0{,}2} = 0{,}82.$$

Пример 2. Расчет взрыва трубопровода с газом по модели

«стареющей системы»

Задание: Средняя скорость износа λ трубопровода с взрывоопасным газом составляет 0,02 $ч^{-1}$. Предельное число повреждений, после которых наступит взрыв, равно r = 6. Определить риск аварии в течение недели, если трубопровод работает три часа в день.

Решение.

1. Определяем срок работы трубопровода и параметр λt:

$$t = 3 \cdot 7 = 21 \text{ час};$$
$$\lambda t = 21 \cdot 0{,}02 = 0{,}42$$

2. Проводим расчет риска взрыва трубопровода:

$$Q\left(1;0{,}42\right) = 1 - e^{-0{,}42}\left(1 + 0{,}42 + \frac{0{,}42^2}{2} + \frac{0{,}42^3}{6} + \frac{0{,}42^4}{24} + \frac{0{,}42^5}{120}\right) =$$
$$= 5{,}33 \cdot 10^{-6}$$

Пример 3. Провести расчет риска взрыва трубопровода по модели стареющей системы, если число предельных повреждений равно 1 (r = 1). См. условие примера 2.

Решение.

Проводим расчет риска, если N=1:

$$Q\,(1;0{,}42) = 1 - e^{-04{,}2} \cdot (1+0{,}42) = 6{,}7 \cdot 10^{-2}$$

Рассмотренные методологические подходы позволяют произвести количественную оценку степени безопасности населения, проживающего в районе расположения ПОО, и расчет ежегодных платежей за риск в страховой фонд ЧС. Кроме того, выполненное по специальной методике картирование риска позволяет идентифицировать все места возможного скопления большого числа лиц на территории вероятного поражения и определить количество смертельных исходов в год в зонах недопустимо высокого риска $R(L) > 10^{-5}$.

4.7. Оценка риска гибели людей при пожарах. Методы снижения рисков

Оценку пожарного риска проводят на основе расчёта воздействия на людей поражающих факторов пожара и принятых мер по снижению частоты их возникновения и последствий. При этом необ-

ходимо рассмотреть все возможные способы уменьшения пожарного риска. Вероятность воздействия опасных факторов пожара (ОФП) определяют для пожароопасной ситуации, при которой место возникновения пожара находится на первом этаже вблизи одного из эвакуационных выходов из здания или сооружения.

Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение 10^{-6} год$^{-1}$ при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода точке:

$$Q_B \le Q_B^H \qquad (4.20)$$

где Q_B^H – нормируемый индивидуальный риск, Q_B^H = 10^{-6} год$^{-1}$; Q_B – расчетный индивидуальный риск.

Расчетный индивидуальный риск Q_B в каждом здании (помещении) рассчитывают по формуле:

$$Q_B = Q_n\, P_{пр}\, (1 - P_э)\, (1 - P_{п.з}). \qquad (4.21)$$

где Q_n – вероятность возникновения пожара в здании в год, определяется расчетом или на основании статистических данных; $P_{пр}$ – вероятность присутствия людей в здании, при функционировании (0,33 – в одну смену; 0,67 – в две смены; 1,00 – в три смены); $P_э$ – вероятность эвакуации людей; $P_{п.з}$ – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей.

Вероятность эвакуации $P_э$ рассчитывают по формуле:

$$P_э = 1 - (1 - P_{э.п})(1 - P_{д.в}) \qquad (4.22)$$

где $P_{э.п}$ – вероятность эвакуации по эвакуационным путям; $P_{д.в}$ – вероятность покидания здания по через аварийные выходы или с помощью иных средств спасения.

Вероятность $P_{э.п}$ рассчитывают по формуле:

$$P_{Э.П.} = \begin{cases} \dfrac{\tau_{бл} - t_p}{\tau_{нэ}}, \ если \ t_p < \tau_{бл} < t_p + \tau_{нэ}; \\ 0{,}999, \ если \ t_p + \tau_{нэ} \le \tau_{бл}; \\ 0, \ если \ t_p + \le \tau_{бл}; \end{cases} \qquad (4.23)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин; $\tau_{н.э.}$ – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, мин; $\tau_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

При наличии в здании системы оповещения о пожаре $\tau_{н.э}$ принимают равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения $\tau_{н.э}$ следует принимать равным 0,5 мин – для этажа пожара и 2 мин – для вышележащих этажей.

Если местом возникновения пожара является зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то $\tau_{н.э}$ допускается принимать равным нулю. В этом случае вероятность $P_{э.п}$ вычисляют по зависимости:

$$P_{Э.П.} = \begin{cases} 0{,}999, \ \textit{если} \ t_p < \tau_{бл}; \\ 0, \ \textit{если} \ t_p \geq \tau_{бл}; \end{cases} \qquad (4.24)$$

Время $\tau_{бл}$ вычисляют путем расчета допустимой концентрации дыма и других ОФП на эвакуационных путях в различные моменты времени. Вероятность покидания здания через аварийные выходы или с помощью иных средств спасения $P_{д.в}$ принимают равной 0,03 – при наличии таких путей; 0,001 – при их отсутствии.

Вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты $P_{п.з}$, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывают по формуле:

$$P_{ПЗ} = 1 - \prod_{i=1}^{n} \left(1 - R_i\right), \qquad (4.25)$$

где n – число технических решений противопожарной защиты в здании; R_i – вероятность эффективного срабатывания i-го технического решения.

Для проектируемых зданий и сооружений индивидуальный риск первоначально оценивают по формуле (2), принимая: $P_э = 0$; $P_{п.з} = 0$. Если при этом выполняется условие $Q_B \leq Q_B^H$, то принимается, что безопасность людей в зданиях (сооружениях) обеспечена на требуе-

мом уровне системой предотвращения пожара. Если это условие не выполняется, то расчет индивидуального риска $Q_в$ следует проводить по расчетным зависимостям.

Для общественных зданий и сооружений с массовым пребыванием людей безопасность людей при пожаре считается обеспеченной, если выполняется условие:

$$t_р+\tau_{нэ} \leq 0{,}8\cdot \tau_{бл} \qquad (4.26)$$

Расчет социального пожарного риска.

Социальный риск оценивается как вероятность гибели в результате пожара 10 и более человек в течение года в следующем порядке:

1. Определяют вероятность Q_{10} гибели 10 и более человек в результате пожара.

Для зданий и помещений величину Q_{10} рассчитывают по формуле:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, \ \textit{если} \ \ t_р + \tau_{нэ} < t_{нб}; \\ 0, \ \textit{если} \ \ t_р < t_{нб} < t_р + \tau_{нэ}, \ \ N < 10 \\ \dfrac{M-9}{M}, \ \textit{если} \ \ t_р < t_{нб} < t_р + \tau_{нэ}, \ \ M \geq 10 \end{cases} \qquad (4.27)$$

где М – максимально возможное количество погибших в результате пожара, чел.

$$M = N \cdot \frac{t_р + \tau_{нэ} - \tau_{нб}}{t_р} \qquad (4.28)$$

где N – количество работающих в помещении (здании), чел.

2. Вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года R_{10} рассчитывают по формуле:

$$R_{10} = Q_n P_{пр} (1 - P_э) (1 - P_{пз}) \cdot Q_{10} \qquad (4.29)$$

3. Для эксплуатируемых здании (сооружений) расчетное значение социального риска проверяют по формуле:

$$R_{10} = \frac{N_{10}}{TN_{об}}, \qquad (4.30)$$

где N_{10} – число пожаров, повлекших за собой гибель 10 и более человек в течение периода наблюдения T, лет; $N_{об}$ – число наблюдаемых объектов.

Порядок учета дополнительных противопожарных мероприятий при расчете пожарного риска.

В случае если условие (8) не выполнено, в проекте необходимо предусмотреть одно или несколько дополнительных противопожарных мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем автоматического обнаружения пожара (автоматических установок пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) от воздействия опасных факторов пожара;
- применение средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- ограничение количества людей в здании или сооружении до значений, гарантирующих безопасность их эвакуации из здания или сооружения при пожаре;

Эффективность каждого из перечисленных выше противопожарных мероприятий определяется степенью воздействия на параметры $t_р$ и $t_{нб}$, а также надежностью – вероятностью выполнения задачи при пожаре (R_i).

4.8. Организация работ по снижению рисков получения травм

Под механическими негативными факторами производственной среды понимают такие отрицательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел. Источниками механических опасностей могут являться: движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, разрушающиеся кон-

струкции, изделий, инструментов и оборудования, подъемно-транспортное оборудование, падение предметов с высоты. К перечисленным выше источникам можно добавить воздействия, связанные с коррозией металлов, являющейся причиной ослабления прочности конструкции и способствующей внезапному ее разрушению, действием сосудов, работающих под давлением, которые в случае разрушения воздействуют на окружающую среду и людей; падением на скользких поверхностях, действием нагрузок при подъеме тяжестей и т. д.

При работах, выполняемых на высоте, опасной зоной считают участок, расположенный под рабочей площадкой, границы которого определяют горизонтальной проекцией, увеличенной на безопасное расстояние, м:

$$L_{без} = 0{,}3 \cdot H, \qquad (4.31)$$

где H – высота, на которой выполняют работу, м.

Максимальное расстояние, от строящегося объекта, в пределах которого могут возникать опасности:

$$l = \frac{S_c}{9{,}81m}\left(20h + 0{,}235h_П^2\right) + 0{,}45\nu\sqrt{h_П}\ , \qquad (4.32)$$

где S_c – эффективная площадь поперечного сечения падающего предмета, м^2 (определяют как среднее арифметическое значений площадей наибольшего и наименьшего сечений); m – масса падающего предмета, кг; $h_п$ – высота падения предметов, м; v – горизонтальная составляющая скорости падения предмета, м/с.

При работе грузоподъемной машины (электротельфера, кран-балки и т. п.) возможное расстояние, м, на которое отлетает груз при обрыве одной из строп (рис. 7.1), определяют по формуле:

$$L_{от} = 2\sqrt{h_г\left[l_c\left(1 - cos\,\alpha\right) + a\right]}\ , \qquad (4.33)$$

где $h_г$ – высота подъема груза, м; l_c – длина ветви стропа, м; α – угол между стропами и вертикалью, град; a – расстояние от центра тяжести груза до его края, м.

Для стреловых кранов дополнительно учитывают вылет стрелы при расчете расстояния, на которое отлетает груз в случае обрыва стропы:

$$L_{от} = l_в + 2\sqrt{h_г\left[l_c\left(1-\cos\alpha\right)+a\right]} \qquad (4.34)$$

где $l_в$ – вылет стрелы крана, м.

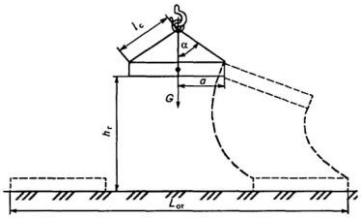

Рис. 4.2. Схема определения границ опасной зоны при обрыве стропы грузоподъемной машины: *G* – сила тяжести

При перемещении механических транспортных средств по ходу их движения возникает опасная зона, границы которой определяют скоростью движения, массой транспортного средства, временем реакции водителя, эффективностью тормозного устройства и коэффициентом сцепления шин с поверхностью дороги.

4.9. Опасности поражения электрическим током

Действие электрического тока на организм человека протекает сложно. Если человек оказывается под электрическим напряжением, то электрический ток производит различные воздействия: *термическое* (ожог отдельных участков тела, нагрев тканей и крови), *электролитическое* (разложение крови и плазмы с последующим изменением физико-химического состава крови и тканей); *биологическое* (раздражение и возбуждение тканей организма, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе сердца и легких). При биологическом действии могут возникнуть различные нарушения жизнедеятельности организма, и даже полное прекращение деятельности (параличи) органов дыхания и кровообращения. При параличе дыхания кожа пострадавшего приобретает *синий* цвет. У многих пострадавших бывают спазмы гортани: они не могут позвать на помощь.

Вследствие воздействия тока на сердечную мышцу может произойти остановка сердца или наступить его *фибрилляция,* хаотические разновременные сокращения волокон (фибрилл) сердечной мышцы. Опасность фибрилляции заключается в том, что сердце не может само-

стоятельно выйти из этого состояния и восстановить свою нормальную деятельность. Поэтому без квалифицированной врачебной помощи пораженный электрическим током погибает в течение нескольких минут от кислородного голодания. При остановке сердца и при фибрилляции сердечной мышцы нарушается кровообращение и работа органов дыхания. В результате может наступить *клиническая смерть*. Человек, находящийся в состоянии клинической смерти, не имеет внешних признаков жизни: не дышит, сердце не работает, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет, болевые раздражения не вызывают никаких реакций. В этот период жизнь в организме еще полностью не угасла. Человек может находиться в состоянии клинической смерти от 4-5 до 8-10 минут в зависимости от вида и тяжести поражения и индивидуальных, особенностей организма. После клинической смерти путем *реанимации* можно оживить человека. При несвоевременном оказании медицинской помощи наступает *биологическая смерть* – необратимое прекращение биологических процессов в клетках и тканях организма и распад белковых структур.

Любое из рассмотренных воздействий электрического тока может привести к *электрической травме* – повреждению организма, вызванному действием электрического тока или электрической дуги. Различают: *общие электротравмы* – электрические удары, поражающие внутренние органы человека, и *местные электротравмы* – местные повреждения внешних частей (тканей) тела.

Электрический удар – это возбуждение тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исходя воздействия тока на организм электрические удары делят на 4 степени: I – судорожное сокращение мышц без потери сознания; II – сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца; III – потеря сознания и нарушение дыхания или работы сердца либо того и другого вместе; IV – клиническая смерть (отсутствие дыхания и кровообращения).

К *местным* электротравмам относят: *электрический ожог* – результат термического воздействия электрического тока (токовый ожог) или электрической дуги (дуговой ожог) в месте контакта с токоведущей частью; *электрические знаки* – четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета круглой или эллипсовидной формы размером не более 5 мм, обычно безболезненные, возникающие при контакте кожи человека с токоведущей частью; *металлизацию кожи* – результат проникновения в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, испарившегося или расплавившегося под действием электриче-

ской дуги; пораженный участок кожи имеет шероховатую, жесткую поверхность и приобретает окраску в зависимости от металла электрода: при контакте с красной медью – зеленую, с латунью – сине-зеленую, со свинцом – серо-желтую; *электроофтальмию* – воспаление наружных оболочек глаз из-за воздействия ультрафиолетовых лучей электрической дуги; *механические повреждения* – разрывы кожи, сухожилий, кровеносных сосудов, вывихи суставов, переломы костей, возникающие вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием проходящего через тело человека тока.

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока определяет ряд факторов: электрическое сопротивление тела человека, сила тока, продолжительность действия тока, род тока, частота тока, напряжение в сети. Путь тока через тело, фаза сердечной деятельности, состояние организма, условия внешней среды.

Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивления внутренних органов (тканей) и сопротивления кожи. При сухой чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека может достигать 100000 Ом. При увлажнении, загрязнении и повреждении кожи сопротивление тела снижается до 500-700 Ом. Человеческое тело имеет определенную емкость (емкостное сопротивление), которой при расчетах пренебрегают, рассматривая тело как активное сопротивление. В расчетах по электробезопасности сопротивление тела человека принимается равным $R_ч$=1000 Ом.

Сила тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, влияющим на исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее его действие.

Принято различать три ступени воздействия тока на организм человека и три пороговых значения тока: ощутимый, неотпускающий и фибрилляционный. *Ощутимый ток* вызывает мало- или безболезненное раздражение. Управление мышцами не утрачено. Возможно освободиться от токоведущей части, находящейся под напряжением. Такие раздражения вызывает переменный ток (с частотой 50 Гц) силой 0,6-1,5 мА и постоянный – силой 5-7 мА, эти значения являются *пороговыми ощутимыми токами. Неотпускающий ток* вызывает непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник. Человек не может самостоятельно разжать руку, которая удерживает токопровод, и оказывается как бы прикованным к нему. *Пороговый неотпускающий ток* составляет 10-15 мА переменного тока и 50-80 мА – постоянного. *Фибрилляционный ток* вызывает фибрилляцию сердца. *Пороговый фибрилляционный ток* составляет 100 мА переменного тока и 300 мА – постоянного при длительности дей-

ствия 1-2 с. Фибрилляционный ток может достичь 5 А. Ток больше 5 А фибрилляцию сердца не вызывает. При таких токах происходит мгновенная остановка сердца.

Длительность воздействия тока влияет на исход поражения: чем больше время воздействия тока, тем серьезнее поражение. Поэтому необходимо как можно быстрее помочь пострадавшему освободиться от контакта с установкой, находящейся под опасным напряжением. При времени воздействия тока менее 0,1-0,2 с обеспечивается достаточная безопасность.

Род тока. Переменный ток промышленной частоты (50 Гц) при напряжении менее 500 В опаснее равного ему но напряжению постоянного тока. При напряжениях около 400-500 В опасность токов обоих родов одинакова. При напряжениях более 500 В опаснее постоянный ток.

Частота тока. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20-100 Гц. При частоте меньше 20 или больше 100 Гц опасность поражения током заметно снижается. Токи частотой более 500 Гц не вызывают электрического удара; однако они могут вызвать термические ожоги.

Напряжение в сети. Наибольшая степень безопасности достигается, при напряжении 6-36 В. Величину безопасного напряжения можно определить по выражению:

$$U_{без} = I_{без} \cdot R_ч \,, \qquad (4.35)$$

где $I_{без}$ – безопасная сила тока, А; $R_ч$ – сопротивление тела, Ом.

При $I_{без}=12$ мА= 0,012 А и $R_ч$ =1000 Ом значение безопасного напряжения составляет 12 В. Именно это напряжение допускается применять в проводах, не имеющих изоляции.

Путь тока через тело человека, («петля тока поражения») существенно влияет на исход поражения: чем больше жизненно важных органов (сердце, легкие, головной мозг и др.) подвергается действию тока, тем тяжелее поражение. Любой, даже самый короткий, путь тока опасен для организма. Наиболее опасными (по статистическим данным) являются петли «голова-руки» и «голова-ноги», а наименее опасна петля «нога-нога».

Фаза сердечной деятельности. Фибрилляция и остановка сердца могут возникнуть, если время протекания тока через сердце совпадает с так называемой фазой *Т* на электрокардиограмме человека, когда сердце находится в расслабленном состоянии и наиболее чувствительно к воздействию электрического тока. Фаза *Т* в общем периоде

кардиоцикла (0,75–1с) занимает 0,2 с. Поэтому все отключающие устройства тока должны проектироваться со временем срабатывания менее 0,2 с.

Состояние организма – физическое и психическое – влияет на исход поражения. Здоровые и физически крепкие люди легче переносят воздействие электрического тока, чем больные люди, алкоголики, люди с нарушенной психикой. Женщины и дети более подвержены поражению, чем мужчины. Повышенной восприимчивостью к электротоку отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечнососудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервными болезнями и др. Поэтому к обслуживанию электроустановок допускаются лица, прошедшие специальный медицинский осмотр.

Условия внешней среды. Среда, окружающая человека (сырость, высокая температура, токопроводящая пыль, едкие пары и газы, токопроводящие полы, близко расположенные к электрическому оборудованию металлические конструкции, имеющие связь с землей, изменения атмосферного давления и др.), может усиливать или уменьшать опасность поражения током.

Критерии безопасности электрического тока. При проектировании способов и средств защиты от поражения электрическим током руководствуются безопасными значениями тока при данной длительности и пути его прохождения через тело в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82. При длительном воздействии допустимый безопасный ток принят в 1 мА, при продолжительности воздействия до 30 с – 6 мА. При воздействии 1 с и менее принимаются значения тока, представленные в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Нормативные значения силы тока

Длительность воздействия, с	1,0	0,7	0,5	0,2
Ток, мА	50	70	100	250

Эти токи считаются допустимыми для наиболее вероятных путей их протекания в теле человека: рука-рука, рука-ноги и нога-нога.

Схемы включения человека в электрическую цепь. Поражение человека электрическим током возможно лишь при прикосновении его не менее чем к двум точкам электрической цепи, между которыми существует некоторое напряжение, называемое *напряжением прикосновения.* Опасность такого прикосновения, оцениваемая током $I_ч$, проходящим через тело человека, или напряжением прикосновения $U_{пр}$, зависит от ряда факторов: схемы прикосновения человека к цепи (схемы замыкания цепи тока через тело человека), напряжения в сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (т.е. заземлена или изолирована

нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, значения емкости токоведущих частей относительно земли и т.п.

Различают 3 основных случая замыкания цепи тока через тело: двухфазное прикосновение, когда человек касается одновременно двух проводов; однофазное прикосновение, когда человек касается лишь одного провода; включение под напряжение шага.

Двухфазное прикосновение является, как правило, наиболее опасным, тик как тело человека в этом случае находится под действием наибольшего в данной сети напряжения – линейного $U_л$, а ток $I_ч$ проходящий через человека, оказываясь независимым от схемы сети, режима нейтрали и других факторов, имеет наибольшее значение.

Например, при $U_л$ =380 В и $R_ч$ =1000 Ом через человека проходит ток $I_ч$ =380/1000=0,38 А = 380 мА. Такой ток смертельно опасен для человека. При двухфазном прикосновении опасность поражения не уменьшается и в том случае, если человек надежно изолирован от земли, так как электроток проходит по пути «рука-рука».

Однофазное прикосновение является менее опасным, чем двухфазное, так как человек находится в этом случае под действием фазного напряжения $U_ф$, которое в $\sqrt{3}$ раз меньше линейного. Поэтому и ток, проходящий через тело человека при однофазном прикосновении меньше, чем при двухфазном.

Кроме того, этот ток в значительной мере зависит от режима нейтрали: нейтральная точка трансформаторов или генераторов может быть заземлена или изолирована. Если нейтраль не присоединена к заземляющему устройству или присоединена через аппараты или устройства с большим сопротивлением, то она называется *изолированной.* Если же нейтраль присоединена к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление, то она называется *заземленной* или *глухозаземленной.*

При однофазном прикосновении сила тока, проходящего через тело человека, может быть вычислена по формулам:

а) для трехфазной трехпроводной сети переменного тока с изолированной нейтралью:

$$I_ч = \frac{U_ф}{R_ч + R_{об} + R_п + \left(R_{из}/3\right)}, \qquad (4.36)$$

б) для трехфазной четырехпроводной сети переменного тока с заземленной нейтралью:

$$I_ч = \frac{U_ф}{R_ч + R_{об} + R_н + R_п}. \qquad (4.37)$$

где $R_{об}$ – сопротивление обуви, Ом; $R_п$ – сопротивление пола, м; $R_{из}$ – сопротивление изоляции одной фазы относительно земли, Ом; $R_н$ – сопротивление заземления нейтрали источников тока, Ом.

Если принять для примера $U_{ср}$=220 В, $R_ч$ =1000 Ом, $R_{об}$=45000 Ом, $R_п$=100000 Ом, $R_{из}$=90000 Ом, $R_н$=10 Ом, то ток через человека будет:

а) в сети тока с изолированной нейтралью:

$I_ч$=220/(1000+45000+100000+90000/3)=0,00125 А=1,25 мА;

б) в сети тока с заземленной нейтралью:

$I_ч$=220/(1000+45000+100000+10)=0,0015 А=1,5 мА.

Эти токи не опасны для человека. В наиболее неблагоприятных условиях (токоведущая обувь – сырая или подбитая металлическими гвоздями, и человек стоит на сырой земле или металлическом полу, через тело человека проходит ток:

а) в сети с изолированной нейтралью:

$I_ч$=220/(1000+9000/3)=0,007 А=7 мА, такой ток является ощутимым;

б) в сети с заземленной нейтралью $I_ч$=220/1000=0,22 А=220 мА, такой ток смертельно опасен для человека.

Таким образом, при прочих равных условиях прикосновение человека к одной фазе сети с изолированной нейтралью менее опасно, чем в сети с заземленной нейтралью. Однако это справедливо лишь для безаварийных (нормальных) условий работы сети. В случае же аварии, когда одна из фаз замкнута на землю, сеть с изолированной нейтралью может оказаться более опасной, так как в этом случае напряжение неповрежденной фазы относительно земли может возрасти с фазного до линейного, в то время как в сети с заземленной нейтралью повышение напряжения может быть незначительным. Выбор режима нейтрали источника тока производится исходя из условий безопасности. При напряжении до 1000 В в период нормального режима работы сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период – сеть с заземленной нейтралью. При напряжении сети выше 1000 В для человека одинаково опасным является прикосновение к проводу сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Шаговым напряжением (напряжением шага) называется напряжение между двумя точками цепи, находящимися одна от другой на расстоянии шага (0,8 м) и на которых одновременно стоит человек.

Такой случай может возникнуть, если человек окажется в *зоне растекания тока,* которая образуется вокруг любого проводника, попавшего на землю или в землю (например, в результате обрыва провода электролинии и падения его на землю, замыкания токоведущей части на заземленный корпус, пробоя кабеля, проходящего под землей и т.д.). Наибольшее значение шагового напряжения возникает в случае, когда одна нога человека находится непосредственно в месте соприкосновения проводника с землей, а другая - на расстоянии шага. Опасность возникновения шагового напряжения практически исчезает на расстоянии более 20 м от заземлителя. Поражение при шаговом напряжении усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек может упасть, после чего цепь тока замыкается вдоль тела через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека больше длины его шага, и это обусловливает большее значение напряжения шага. Чтобы выйти из зоны растекания тока, необходимо или передвигаться мелкими шагами (менее длины ступни), чтобы уменьшить разность потенциалов между ногами, или прыгать на одной ноге либо на сомкнутых вместе ногах в сторону от места растекания тока.

Основные причины поражения электрическим током:

1) случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ, неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей и др.;

2) появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей, замыкания фазы сети на землю, падения провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.;

3) появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения отключенной установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями; разряда молнии в электроустановку и др.;

4) возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами), неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

4.10. Опасности поражения статическим электричеством

Статическое электричество – это совокупность явлений, связанных с возникновением, перемещением свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках. Постоянное *электростатическое поле* (ЭСП) – это поле неподвижных зарядов, осуществляющее взаимодействие между ними. Возникновение зарядов статического электричества происходит при деформации, дроблении (разбрызгивании) веществ, относительном перемещении двух находящихся в контакте тел, слоев жидких и сыпучих материалов, при интенсивном перемешивании, кристаллизации, а также вследствие индукции. ЭСП характеризуется напряженностью (E), определяемой отношением силы, действующей в поле на точечный электрический заряд, к величине этого заряда. Единицей измерения напряженности ЭСП является вольт на метр (В/м). Электрические поля создаются в энергетических установках и при электротехнологических процессах. В зависимости от источников образования они могут существовать в виде собственно электростатического поля (поля неподвижных зарядов) или стационарного электрического поля (электрическое поле постоянного тока).

В радиоэлектронной промышленности статическое электричество образуется при изготовлении, испытаниях, транспортировке и хранении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, в помещениях вычислительных центров, на участках множительной техника, а также в ряде других процессов, где применяются диэлектрические материалы, являясь побочным нежелательным фактором. В химической промышленности при производстве пластических материалов и изделий из них также происходит образование электростатических зарядов и полей напряженностью 240-250 кВ/м. При изготовлении гибких грампластинок в момент выхода пластинки из-под штампа создается ЭСП высокой напряженности (до 280 кВ/м). При обработке пластмассовых застежек и молний (насадка и закрепление ограничителя на молнии и спуск ленты с молнией в бункер) происходит трение ленты металлическими пластинками, между которыми она проходит, напряженность электростатического поля на рабочих местах может достигать 240 кВ/м.

Исследования биологических эффектов показали, что наиболее чувствительны к электростатическим полям нервная, сердечно-сосудистая, нейро-гуморальная системы организма. У людей, работа-

ющих в зоне воздействия электростатического поля, встречаются разнообразные жалобы: на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита. Характерны своеобразные «фобии», обусловленные страхом ожидаемого разряда. Склонность к «фобиям» обычно сочетается с повышенной эмоциональной возбудимостью.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены в ГОСТ 12.1.045-84 «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Допустимые уровни напряженности электростатических полей зависят от времени пребывания на рабочих местах.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{пред}$) равен 60 кВ/м в 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты определяется по формуле:

$$t_{доп} = \left(\frac{E_{пред}}{E_{факт}} \right)^2, \qquad (4.38)$$

где $E_{пред}$, $E_{факт}$ – предполагаемое и фактическое значение напряженности электрического поля, кВ/м.

Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м. При выборе средств защиты от статического электричества (экранирование источника поля или рабочего места, применение нейтрализаторов статического электричества, ограничение времени работы и др.) должны учитываться особенности технологических процессов, физико-химические свойства обрабатываемого материала, микроклимат помещений и др., что определяет дифференцированный подход при разработке защитных мероприятий.

Одним из распространенных средств защиты от статического электричества является уменьшение генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала, что достигается:

- заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования;

- увеличением поверхностной и объемной проводимости диэлектриков;

- установкой нейтрализаторов статического электричества.

Заземление проводится независимо от использования других методов защиты. Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65-75 %, если позволяют условия технологического процесса. В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

4.11. Пожаровзрывоопасность

Классификация зданий, сооружений, строений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности проводится для выработки требований к устройствам пожарной сигнализации, оснащению средствами пожаротушения и установлению правил пожарной безопасности.

Исходя из пожароопасных свойств веществ и материалов, находящихся в помещении, их количества и условий применения, все помещения по взрыво- и пожароопасности делятся на пять категорий:

Взрывопожароопасная категория А: производства, связанные с применением горючих газов, легковоспламеняющиеся жидкостей с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси. При их воспламенении развивается избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. К этой категории также относятся помещения, связанные с применением, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом веществ в таком количестве, что избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа. К объектам данной категории можно отнести нефтеперерабатывающие и химические предприятия, цеха фабрик искусственного волокна, склады бензина и др.

Взрывопожароопасная категория Б: производства, связанные с применением горючих пылей и волокон, легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки более 28 °С, горючих жидкостей в таком количестве, что они могут образовывать взрывоопасные смеси. При их воспламенении развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. К объектам этой категории можно отнести цеха приготовления и транспортировки угольной пыли и древесной муки, цеха обработки синтетического каучука и др.

Пожароопасная категория В: производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и

трудно горючих веществ, способных при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых этих вещества находятся, не относятся к категориям А или Б. К объектам этой категории можно отнести лесопильные, деревообрабатывающие, столярные цеха, цеха текстильного производства.

Пожароопасная категория Г: производства, связанные с применением негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. Также возможно применение горючих газов, жидкостей и твердых веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива. К объектам этой категории можно отнести термические цеха, котельные, предприятия металлообработки.

Пожароопасная категория Д: производства, связанные с применением негорючих веществ и материалов в холодном состоянии. Определение категорий помещений следует проводить путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

Определение категорий помещений и зданий предприятий производится на стадии проектирования в соответствии с требованиями НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности». Отнесение помещения к категориям А и Б (взрывопожароопасным) производится на основании анализа физико-химических свойств хранящихся в нем веществ и материалов, а также по величине избыточного давления ΔP, кПа. Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных веществ, состоящих из атомов C, H, N, O, Cl, Br, J, F, определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0)\frac{m \cdot z}{V_{\text{св}} \cdot \rho} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_н}, \qquad (4.39)$$

где P_{max} – максимальное давление взрыва стехиометрической ГВС или ПВС в замкнутом объеме, при отсутствии данных, кПа (при отсутствии данных принимать P_{max} = 900 кПа); P_0 – начальное давление, кПа (принимать P_0 = 101 кПа); m – масса горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедшей в результате аварии в помещение, кг (задается преподавателем); z – коэффициент участия горючего во взрыве (табл. 4.9); $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м^3 (принимается равным 80 % от геометрического объема помещения); ρ – плотность вещества, кг/м^3 (табл. 4.9); $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность поме-

щения, $K_н$ = 3; $C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, об. %:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4{,}84 \cdot \beta}, \qquad (4.40)$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, определяемый по формуле:

$$\beta = n_c + \frac{n_н - n_х}{4} - \frac{n_о}{2}, \qquad (4.41)$$

где n_c, $n_н$, $n_о$, $n_х$ – число атомов C, H, O и галогенов в молекуле горючего (табл. 4.10, при отсутствии данных принимать β = 1);

Таблица 4.9

Значения коэффициента участия горючего во взрыве

Вид горючего вещества	Значение
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей, может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_т \cdot P_0 \cdot z}{V_{св} \cdot \rho_в \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_н}, \qquad (4.42)$$

где H_m – теплота сгорания, Дж/кг (табл. 4.10); $\rho_в$ – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0, кг/м^3 ($\rho_в$=1293 кг/м^3); C_p – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К), C_p = 1,01·10^3 Дж/(кг·К); T_0 – начальная температура воздуха, К (T_0 = 293 К).

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей необходимо проводить по методике, изложенной в пп. 3.12 – 3.18 НПБ 105-95. После вычисления избыточного давления по формулам (4.39) и

(4.42) необходимо сравнить полученное значение с 5 кПа и на основании анализа свойств вещества сделать один из следующих выводов:

- в случае, если $\Delta P > 5$ кПа, то помещение относят к категории А либо Б в зависимости от физико-химических свойств хранящихся горючих веществ и их количества;
- в случае, если $\Delta P < 5$ кПа, то помещение относят к категориям В1–В4 в таких случаях:
- вещества, хранящиеся в помещении могут только гореть;
- помещение не относится к категориям А или Б.

Таблица 4.10

Пожароопасные свойства некоторых веществ и материалов

Вещество	Плотность, кг/м^3	Теплота сгорания, МДж/кг	Химическая формула
Бензин	710 - 750	46	Смесь веществ
Бумага	8000	18	
Водород	0,0695	120	H_2
Войлок строительный	100 – 150	35	
Дуб	760	8,4 – 11	
Дуб срубленный	1020	8,4 – 11	
Ель	450	8,4 – 11	
Ель свежесрубленная	800	8,4 – 11	
Сосна	520	8,4 – 11	
Сосна свежесрубленная	860	8,4 – 11	
Опилки	150 – 200		
Ксилол	860	43,15	C_8H_{10}
Лак	750 – 800	45	Смесь веществ
Масло машинное	900 – 920	41,87	То же
Растворитель	840 – 900		М – $C_2H_7O_2$ РМЛ – C_2H_7O РМЛ-218 – C_5H_8O РМЛ-315 – $C_6H_{10}O$
Уголь древесный	850	31,5 – 34,4	
Эмаль	700 – 750	40 – 45	Смесь веществ
Керосин	790 – 820	45	То же
Резина	910 – 1400	33,52	
Ацетон	790,8	18,2	C_3H_6O
Древесина	800	18 – 20	
Толуол	867	37	C_7H_8
Полиэтилен	920	47,14	$[-CH_2-CH_2-]\cdot n$
Метиловый спирт	787	45 – 50	CH_{40}

Определение пожароопасной категории помещения В1–В4 осуществляется исходя из значения удельной пожарной нагрузки, т.е. теплоты сгорания всех имеющихся в помещении горючих и трудногорючих материалов, приходящихся на единицу площади пола помещения.

Величину постоянной пожарной нагрузки (количество находящихся в помещении веществ постоянно) определяют по формуле:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_i \cdot H_{\text{т}i}}{F}, \qquad (4.43)$$

где n – количество горючих и трудногорючих веществ, находящихся в помещении, кг (задается преподавателем); M_i – масса i-го материала пожарной нагрузки, кг (задается преподавателем); $H_{\text{т}i}$ – теплота сгорания i-го материала пожарной нагрузки, МДж/кг (табл. 4.10); F – площадь помещения, м^2 (определяется по плану здания).

Рассчитанное по формуле (4.43) значение удельной пожарной нагрузки P сравнивают с нормативным значением удельной пожарной нагрузки (табл. 4.11) и в зависимости от этого относят помещение к категориям В1–В4.

Таблица 4.11

Значение удельной пожарной нагрузки для определения категорий В1 – В4

Категории	Удельная пожарная нагрузка на участке, МДж·м$^{-2}$	Способ размещения
В1	более 2200	Не нормируется
В2	1401 – 2200	Допускается несколько участков с указанной пожарной нагрузкой
В3	181 – 1400	То же
В4	1 – 180	На любом участке пола помещения площадью 10 м^2

Категории остальных помещений в здании определяются исходя из назначения помещения. Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д). Категорию здания определяют в зависимости от суммарной площади помещений различных категорий, расположенных в здании согласно требованиям п. 4 НПБ 105-95.

4.12. Системы, работающие под высоким давлением

Сосудами, работающими под давлением, называются герметически закрытые емкости, предназначенные для ведения химических и тепловых процессов, а также хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жидкостей под давлением.

Эти сосуды относятся к объектам повышенной опасности, поскольку нарушение их герметичности может привести к взрыву, а, следовательно, и к разрушению оборудования, зданий и тяжелым травмам.

Наиболее частые причины аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением: несоответствие конструкции максимально допустимым значениям давления и температуры; превышение давления сверх предельного значения; потеря механической прочности аппарата вследствие коррозии, внутренних дефектов металла, местных перегревов и др.; неисправность контрольно-измерительных приборов и защитных устройств; несоблюдение установленного режима работы; недостаточная квалификация обслуживающего персонала; отсутствие технического осмотра.

К оборудованию, работающему под давлением, относятся: *баллоны,* предназначенные для хранения и транспортирования газов в различных агрегатных состояниях – в сжатом (кислород, водород, азот, воздух и др.), в сжиженном (хлор, аммиак, пропан, бутан, сероводород, диоксид углерода и др.), в растворенном (ацетилен); *цистерны* и *бочки* для перевозки сжиженных газов; *компрессорные установки; паровые* и *водогрейные котлы; барокамеры.*

Для предотвращения разрушения сосудов, цистерн, бочек и баллонов, работающих под давлением больше атмосферного, они должны изготовляться и эксплуатироваться в соответствии с действующими Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Правилами предусматриваются требования к проектированию, устройству, изготовлению, монтажу, ремонту и эксплуатации таких сосудов.

Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и возможность полного опорожнения, очистки, промывки, продувки, осмотра и ремонта сосудов. Нормируются вес конструктивные элементы устройства сосудов. *Материалы,* применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока службы с учетом заданных условий эксплуатации (в частности давления, температуры, агрессивности среды). *Изготовление* таких сосудов разрешается на предприятиях, располагающих техническими средствами, обеспечивающими их качественное изготовление. Правилами предъявляются специальные требования к методам механической и термической обработки металлов и сварки швов, контролю сварных соединений (дефектоскопия, радиационный анализ, металлографические исследования, механические испытания и др.), нормам оценки качества изготовления

и способам устранения дефектов, выявленных при испытаниях. Па каждый сосуд составляется и передается заказчику технический паспорт с чертежами и расчетами. На корпусе сосуда прикрепляется табличка с данными о нем. Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуды оснащаются: запорной или запорно-регулирующей арматурой; обратными клапанами, автоматически закрывающимися давлением из сосуда в случае вредных веществ или взрывоопасных сред; приборами для измерения давления (манометры) и температуры (термометры), указателями уровня жидкости, предохранительными устройствами (пружинные и рычажно-грузовые предохранительные клапаны, разрывные пластины или мембраны и др.). Сосуды должны *устанавливаться* на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельно стоящих зданиях. До пуска в работу сосуды регистрируются в органах Ростехнадзора РФ. После монтажа до пуска в работу, а также периодически в процессе эксплуатации сосуды подвергаются *техническому освидетельствованию:* наружному и внутреннему осмотру и гидравлическому испытанию. Гидравлическое испытание проводится пробным давлением, превышающим рабочее в 1,25-2 раза, и зависит от рабочего давления и температуры, а также способа изготовления сосуда. При невозможности выполнять гидравлические испытания Правила допускают замену его пневматическим испытанием, но при условии соблюдения предохранительных мер. *Разрешение на* ввод сосуда в *эксплуатацию* выдается инспектором Ростехнадзора России после его регистрации, технического освидетельствования, проверки организации обслуживания и надзора, о чем делается отметка в паспорте сосуда. Руководство предприятия обязано обеспечивать *содержание сосудов* в исправном состоянии и безопасные условия их работы. В этих случаях из числа ИТР назначается ответственный за исправное состояние и безопасные действия сосудов, а также ответственный по *надзору* за техническим состоянием и эксплуатацией сосуда. К *обслуживанию* сосудов допускаются здоровые лица не моложе 18 лет, имеющие удостоверение на право обслуживания сосудов. Правила регламентируют порядок аварийной остановки сосуда и последующего ввода его в работу. Для поддержания сосуда в исправном состоянии администрация обязана своевременно проводить его *ремонт.* Правила содержат дополнительные требования к цистернам, бочкам и баллонам.

Цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов представляют большую опасность при взрыве, чем другие сосуды, вследствие больших размеров и значительного количества хранящихся и перевозимых в них газов, Цистерны и бочки для сжиженных газов (за исклю-

чением криогенных жидкостей) рассчитывают на давление, которое может возникнуть в них при температуре +50 °С (максимальная летняя температура). Цистерны для сжиженного кислорода и других криогенных жидкостей рассчитывают на давление, при котором должно производиться их опорожнение. Цистерны оборудуют лазами или люками, а при необходимости – лестницами с помостами. На цистернах устанавливаются: вентили с сифонной трубкой для слива и налива среды; вентиль для выпуска паров из верхней части цистерн; пружинный предохранительный клапан; манометр, указатель уровня жидкости. Цистерны и бочки можно заполнять только, тем газом, для перевозки и хранения которого они предназначены. В цистернах и бочках при наполнении их сжиженным газом над жидкостью должно оставаться Достаточное свободное пространство (газовая, или паровая, подушка), иначе при повышении температуры окружающей среды может произойти разрушение сосуда. Поэтому величина наполнений цистерн и бочек сжиженными газами должна определяться взвешиванием или другим надежным способом контроля.

Баллоны могут взрываться по разным причинам. Основными среди них являются:

1) повреждение корпуса баллона в случае его падения, соударения баллонов между собой или удара по стенкам;

2) повышение температуры (перегрев) газа в баллоне, что приводит к резкому повышению давления и разрыву сосуда;

3) попадание масел и других жировых веществ во внутреннюю полость баллона или применение необезжиренных прокладок, которые способны самовоспламеняться к струе выходящего из баллона кислорода и сгорать при высокой температуре;

4) нарушение работы вентилей;

5) совместное хранение баллонов, наполненных разными газами (в частности баллонов с кислородом и горючими газами), что может привести к образованию в помещении взрывоопасной среды;

6) переполнение баллонов сжатыми и особенно сжиженными газами, что приводит к повышению давления выше допустимого;

7) отсутствие четкой окраски и маркировки баллонов.

Баллоны должны изготавливаться по государственным стандартам или нормативно-технической документации, согласованной с Ростехнадзором России. Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов емкостью более 100 л снабжаются паспортом по форме, установленной для сосудов, работающих под давлением. Боковые штуцера вентилей для баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, должны иметь левую резьбу, а для баллонов, напол-

няемых кислородом и другими негорючими газами, – правую. На верхней сферической точке каждого баллона выбиваются технические данные о нем. Каждый баллон предназначен только для определенного газа. Чтобы легко и быстро распознать баллоны и предупредить ошибочное наполнение, их наружная поверхность окрашивается в установленные стандартом цвета с соответствующими надписями. В связи с большой взрывоопасностью ацетилен содержится в баллонах в растворенном состоянии; при этом баллоны заполняют соответствующим количеством специальной пористой массы и растворителя. Баллоны, находящиеся в эксплуатации, подвергаются периодическому освидетельствованию (осмотр внутренней и наружной поверхности баллонов, проверка массы и вместимости, гидравлическое испытание). Результаты освидетельствования баллонов записывают в специальный журнал испытаний. Эксплуатация, хранение и транспортировка баллонов на предприятии производятся по инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия. Баллоны с газом должны храниться в специально спроектированных для этого открытых и закрытых складах. Хранение в одном. помещении баллонов с кислородом и горючими газами запрещается. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, должны находиться от радиаторов отопления и других отопительных приборов и печей на расстоянии не менее 1 м, а от источников теплоты с открытым огнем – не менее 5 м. При эксплуатации баллонов находящийся в них газ запрещается использовать полностью. Остаточное давление газа в баллоне должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) для обеспечения возможности взятия пробы газа и проведения контрольных анализов перед наполнением баллонов, а также исключения подсоса воздуха из атмосферы. Выпуск Газов из баллонов в емкости с меньшим давлением должен производиться через редуктор. Наполнение баллонов сжиженными газами производят на заводах-изготовителях. Перемещение баллонов в пунктах наполнения и потребления газов должно производиться на предназначенных для этого тележках или при помощи других специальных средств.

Компрессорные установки проектируют, изготовляют и эксплуатируют в соответствии с действующими Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов, а также ГОСТ 12.2.016-76, в которых изложены общие требования безопасности, требования к элементам конструкций и систем управления, к средствам защиты и сигнализации, к выполнению монтажных, наладочных работ, транспортированию и хранению. При неправильной эксплуатации компрессорных станций могут взрываться не только, компрессоры, но и воздухосбор-

ники-ресиверы, служащие для выравнивания давления воздуха, его охлаждения, и также отделения капель влаги и масла. Взрыв компрессора или ресивера возможен в результате перегрева стенок компрессора, загорания паров масла, превышения допускаемого давления в воздухосборнике, накопления статического электричества на корпусе компрессора или воздухосборника и других факторов, проявляющихся чаще всего из-за неисправности приборов и устройств безопасности: манометров, термометров, предохранительных клапанов. Для предупреждения взрыва компрессора предусматривается воздушное или водяное охлаждение сжатого воздуха, применение специального тугоплавкого компрессорного масла, обеспечение герметичности сосудов, очистка забираемого из атмосферы воздуха от пыли и обязательное заземление агрегата.

Паровые и водогрейные котлы также относятся к аппаратам, работающим при высокой температуре и большом избыточном давлении. Причинами взрыва этих котлов являются либо перегрев стенок котла (вследствие пуска воды), либо недостаточное охлаждение внутренних стенок из-за накопления накипи, а также внезапное разрушение стенок котла от появившихся на них трещин или усталостных образований при превышении давления против расчетного в случае неисправности предохранительных устройств. Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов определяются требования к устройству, изготовлению и эксплуатации котлов, а также к оборудованию их необходимыми контрольно-измерительными приборами и предохранительными устройствами. Здания котельных должны строиться из несгораемых материалов, а двери открываться наружу. Расстояние от рабочего места до выхода составляет не более 50 м. Котлы устанавливаются на прочные фундаменты.

Трубопроводы являются источником повышенной опасности из-за разрушения материала труб и разгерметизации фланцевых соединений вследствие тяжелых условий эксплуатации, а также из-за большой протяженности и разветвленности сети, затрудняющих контроль за ее состоянием. Чтобы отличить один трубопровод от другого, их окрашивают в специальные опознавательные цвета (по ГОСТ 14202-69): например, трубопровод для воды красят в зеленый цвет, пара – в красный, воздуха – в синий, горючих и негорючих газов – в желтый. Противопожарные трубопроводы, независимо от их содержания (вода, пена, пар для тушения пожара, инертный газ и др.), окрашиваются в красный цвет (сигнальный).

4.13. Высота как опасный производственный фактор

Падение работников с высоты является одним из наиболее распространённых видов несчастных случаев на производстве. Примерно каждый пятый случай с тяжкими последствиями происходит из-за падений с высоты, и каждый второй из них заканчивается летальным исходом.

Особенно такой опасности подвержены работники строительных профессий. Согласно Межотраслевым правилам по охране труда при ***работе на высоте*** (ПОТ РМ 012-2000) к работам на высоте относятся работы, выполняемые на высоте 1,3 м и выше от поверхности грунта, перекрытия, настила. Работы на высоте 5 м и более относятся к ***верхолазным***, при которых основным средством предохранения от падения является предохранительный пояс. Требования безопасности изложены и в СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования».

Места работы на высоте, производимые с наружной или внутренней стороны зданий и сооружений, где не исключено падение предметов с высоты на людей, машины или механизмы необходимо ограждать защитными ограждениями на необходимую глубину, но не менее одного метра.

Работу вблизи открытых проемов, перепадов по высоте необходимо выполнять, только при наличии защитных ограждений.

Рабочие всех специальностей, назначенные для выполнения работ без подмостей на высоте 1,3 м и выше, должны быть снабжены индивидуальными предохранительными поясами, обувью с нескользящей подошвой и защитной каской.

Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола) и связанный с этим риск падения работника или падения предметов на работника.

Причины падения работника с высоты:

а) технические – отсутствие ограждений, предохранительных, поясов; недостаточная прочность и устойчивость лесов, настилов, люлек, лестниц и стремянок;

б) технологические – неправильная технология ведения работ;

в) человеческие – нарушение координации движений, потеря самообладания, потеря равновесия, неосторожное или небрежное выполнение работ, резкое ухудшение состояния здоровья;

г) метеорологические – сильный порывистый ветер, низкая и высокая температуры воздуха, дождь, снег, туман, гололед.

Сопутствующие опасные производственные факторы:

- опасность порезов о стекло или другие острые кромки,
- опасность электротравм при нарушении норм электробезопасности;
- опасность ожогов при нарушении мер пожарной безопасности.

В режиме повседневной деятельности в больнице выполняются следующие виды работ на высоте:

- протирка стекол,
- проведение мероприятий поддержания санитарно- эпидемиологического режима и ухода за интерьерами,
- проведение ремонтно-эксплуатационных работ.

При всех видах работ в больнице в качестве средства подъема на высоту разрешается использовать лестницы следующих типов: приставные одноколейные и раздвижные трехколенные, стремянки. На всех лестницах, находящихся в эксплуатации, на тетивах должны быть указаны: инвентарный номер, дата следующего испытания, принадлежность структурному подразделению.

Расстояние между ступенями лестниц должно быть от 300 до 340 мм (кроме раздвижных трехколенных, а расстояние от первой ступени до уровня установки (пола, земли и т.д.) – не более 400 мм.

Тетивы приставных лестниц и стремянок для обеспечения устойчивости должны расходиться внизу. Ширина приставной лестницы и стремянки вверху должна быть не менее 300 мм, внизу – не менее 400 мм.

Приставные лестницы и стремянки должны быть снабжены устройством, предотвращающим возможность сдвига и опрокидывания при работе. На нижних концах приставных лестниц и стремянок должны быть металлические оковки с острыми наконечниками для установки на грунте, а для использования на гладких поверхностях (паркете, металле, плитке, бетоне) на них должны быть надеты башмаки из резины или другого нескользящего материала.

Упоры, которыми заканчивается тетива, должны быть плотно закреплены и не иметь люфта. При истирании резиновых башмаков последние должны быть заменены, затупившиеся наконечники должны быть заточены. Лестницы и стремянки перед применением осматриваются производителем работ.

При осмотре металлических лестниц следует убедиться в отсутствии деформации узлов, трещин в металле, заусенцев, острых краев, нарушений крепления ступенек к тетивам.

Все переносные лестницы и стремянки должны испытываться статической нагрузкой после изготовления и капитального ремонта, а также в процессе эксплуатации:

- лестницы и стремянки металлические – один раз в 12 месяцев
- лестницы и стремянки деревянные – один раз в 6 месяцев

При статическом испытании приставные и раздвижные лестницы и стремянки устанавливаются на твердом основании. Приставные – под углом 75 град, к горизонтали. Трехколенные должны быть полностью раздвинуты.

Испытания лестниц и стремянок проводятся путем подвешивания к ступенькам и тетивам статического груза. Продолжительность каждого испытания – 2 мин. Для испытания на прочность ступеньки раздвижной лестницы в середине неусиленной ступеньки нижнего колена подвешивается груз 2 кН (200 кг).

Испытания тетив проводятся в два приема. Сначала к каждой тетиве прикладывается посередине груз 1,0 кН (100 кг). Испытанию подвергаются все колена поочередно. После снятия груза к обеим тетивам в середине среднего, звена прикладывают груз 2 кН (200 кг) – груз может подвешиваться к средней ступеньке. При испытании приставной лестницы к одной неусиленной ступеньке в середине пролета подвешивается груз 1,2 кН (120 кг). После удаления груза на ступеньках и в местах врезки их в тетиву не должно обнаруживаться повреждений. Ступеньки лестниц, состояние которых при осмотре вызывает сомнение, должны быть испытаны дополнительно подвешиванием к ним груза. Обнаруженные в процессе испытания неисправности лестниц устраняются, после чего испытание повторяется в полном объеме.

Стремянки перед испытанием устанавливаются в рабочее положение на ровной горизонтальной площадке. К неусиленной ступеньке в средней части лестницы подвешивается груз 1,2 кН (120 кг). Если ступеньки имеются на обоих смежных коленах стремянки, то после испытания первого колена аналогично испытывается второе: Если второе колено не является рабочим и служит только для упора, то его испытывают грузом 1 кН (100 кг), подвешенным к каждой из тетив в средней части колена. Дата и результаты периодических осмотров и испытаний лестниц и стремянок фиксируются в «Журнале учета и осмотра такелажных средств, механизмов и приспособлений».

Ответственность за правильность ведения и хранения «Журнала учета и осмотра такелажных средств, механизмов и приспособлений» несет назначенное приказом должностное лицо.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое опасный производственный фактор? Приведите примеры.

2. В чем заключается отличие опасных производственных факторов от вредных?

3. Квантификация опасностей

4. Основные понятия рискологии.

5 .Электробезопасность: факторы, определяющие опасность поражения от электрического тока, однофазное включение человека в электрическую сеть в нормальном и аварийном режимах сети.

6. Защитные меры в электроустановках; коллективные защитные средства и индивидуальные средства защиты; классификация помещений но электробезопасности; квалификационные группы персонала по электробезопасности.

7. Взрывоопасность и пожароопасность как фактор производственной среды.

8. Причины пожаров и взрывов в технологических процессах. Оценка пожароопасности веществ и материалов. Показатели пожароопасности.

9. Статическое электричество.

10. Какие работы считаются верхолазными?

11. Требования безопасности при работах на высоте

12. Безопасность автоматизированного и роботизированного производства.

7. Что такое риск? Оценка и анализ риска.

8. Индивидуальный и приемлемый риск. Как определяется ожидаемый риск?

9. Как определяется уровень риска действия опасных факторов?

10. Методы оценки пожарного риска. Определение социального пожарного риска

11. Как классифицируются категории риска по степени доказанности?

ГЛАВА 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Условия, в которых трудится человек, влияют на результаты производства – производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции. Производительность труда повышается за счет сохранения здоровья человека, повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека.

Комфортные условия создаются благодаря рациональной организации труда, соблюдению эргономических, социально-психологических и гигиенических требований охраны труда.

5.1. Микроклимат помещений

Тепловой гомеостаз является основным условием жизнедеятельности. Образование тепла неразрывно связано с энергетическим обменом. Фактором, обеспечивающим непрерывное течение метаболизма в органах и тканях, является определенная температура крови, которая поддерживается специализированными механизмами саморегуляции. Человек способен переносить температурные колебания внутренней среды в диапазоне от 25 до 43 °С. Температурный фактор определяет скорость протекания ферментативных процессов, всасывания, проведения возбуждения и мышечного сокращения. Температура тела человека поддерживается на постоянном уровне (37±0,5 °С) независимо от её изменения в окружающей среде. Причём эта температура выше средней температуры окружающей среды. Этот процесс называется терморегуляцией и осуществляется нервно-эндокринным путём.

Терморегуляция подразделяется на химическую (регуляция интенсивности теплообразования в организме) и физическую (теплообмен организма с окружающей средой). Теплообмен и его интенсивность изменяются в организме за счёт физиологических процессов. В состоянии покоя взрослый человек вырабатывает за 1 час 88-105 Вт тепловой энергии, при тяжёлой работе 300-400 Вт, а при максимально возможных кратковременных нагрузках – до 1000 Вт. Избыточная тепловая энергия, выделяемая человеком, должна быть передана окружающей среде за счёт физических процессов теплообмена. Интенсивность теплообмена организма с окружающей средой зависит от параметров (показателей) микроклимата и осуществляется следующими основными путями: конвекция; радиационный теплообмен; испарение воды с поверхности кожного покрова и др.

Конвекция представляет собой процесс передачи тепла от более нагретого тела (тело человека) менее нагретому телу (окружающая среда) веществом (воздухом). Если температура окружающей среды выше температуры тела человека, то процесс идёт в обратном направлении. Тепло, поступающее в производственное помещение от различных источников, влияет на температуру воздуха в нем. В производственных помещениях с большим тепловыделением приблизительно 2/3 тепла поступает за счет излучения, а практически все остальное количество приходится на долю конвекции. Количество тепла, переданного окружающему воздуху конвекцией (Q_K, Вт), при непрерывном процессе теплоотдачи может быть рассчитано по закону теплоотдачи Ньютона, который для непрерывного процесса теплоотдачи записывается в виде:

$$Q_к = \alpha S(t - t_в), \tag{5.1}$$

где α – коэффициент конвекции, Вт/(м^2·град); S – площадь теплоотдачи, м^2; t – температура источника, °С; t_B, – температура окружающего воздуха, °С.

Источником теплового излучения в производственных условиях является расплавленный или нагретый металл, открытое пламя, нагретые поверхности оборудования.

Количество тепла, переданного посредством излучения (Q_u, Дж) от более нагретого твердого тела с температурой T_1 к менее нагретому телу с температурой T_2, определяется по уравнению:

$$Q_u = C_{1-2} S\tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \Theta, \tag{5.2}$$

где S – поверхность излучения, м^2; τ – время, с; C_{1-2} – коэффициент взаимного излучения, Вт/(м^2·К^4); Θ – средний угловой коэффициент, определяемый формой и размерами участвующих в теплообмене поверхностей, их взаимным расположением в пространстве и расстоянием между ними.

Радиационный теплообмен представляет собой процесс передачи тепла от более нагретого тела (тело человека) менее нагретому телу (окружающая среда) инфракрасным электромагнитным излучением. Тепло при этом передаётся не воздуху, а предметам (например, стенам, полу, оборудованию и т. п.), температура которых меньше температуры тела человека. Если температура окружающих предметов

выше температуры тела человека, то процесс идёт в обратном направлении.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит следующими путями: в результате теплопроводности через одежду (Q_t); конвекции тела (Q_K) излучения на окружающие поверхности ($Q_И$), испарения влаги с поверхности кожи ($Q_{исп}$), а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха (Q_B), т. е.:

$$Q_{общ} = Q_T + Q_K + Q_И + Q_{исп} + Q_B. \qquad (5.3)$$

Представленное уравнение носит название уравнения *теплового баланса*. Вклад перечисленных выше путей передачи тепла непостоянен и зависит от параметров микроклимата в производственном помещении, а также от температуры окружающих человека поверхностей (стен, потолка, оборудования). Если температура этих поверхностей ниже температуры человеческого тела, то теплообмен излучением идет от организма человека к холодным поверхностям. В противном случае теплообмен осуществляется в обратном направлении – от нагретых поверхностей к человеку. Теплоотдача конвекцией зависит от температуры воздуха в помещении и скорости его движения на рабочем месте, а отдача теплоты путем испарения – от относительной влажности и скорости движения воздуха. Основную долю в процессе отвода тепла от организма человека (порядка 90 % общего количества тепла) вносят излучение, конвекция и испарение.

Теплоотдача испарением воды с поверхности кожного покрова происходит за счёт большой теплоты испарения воды ($2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг). Испарительная же теплоотдача регулируется достаточно эффективно, так как количество воды, подаваемой через поры кожного покрова для испарения, изменяется в широком диапазоне. При температуре воздуха ~30 °С и тяжёлой мышечной работе за один рабочий день может выделиться ~10÷12 л жидкости, при испарении которого в окружающую среду рассеивается ~ $2{,}5 \cdot 10^7$ Дж тепловой энергии, что соответствует затрачиваемой мощности ~ 870 Вт. К поверхности тела потоки тепла переносятся в основном кровью. Кровоток значительно варьирует при изменении просвета сосудов, в частности, состояния артериоловенулярных анастомозов. Механизмы теплоотдачи в условиях пониженной и повышенной температуры окружающей среды представлены на рис. 5.1.

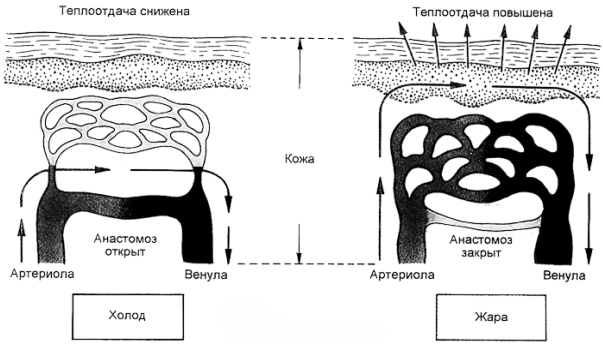

Рис. 5.1. Механизмы теплоотдачи в условиях пониженной и повышенной температуры окружающей среды

Конвективный и радиационный теплообмены являются пассивными, так как на их интенсивность организм человека влиять практически не может (за исключением применения одежды с различными теплоизоляционными свойствами).

Поскольку, как было отмечено выше, температуры тела человека выше средней температуры окружающей среды, он практически всегда отдаёт ей избыточное тепло. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Установлено, что при температуре воздуха более 25 °С работоспособность человека начинает падать. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек, в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116 °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 t_{oc} > 30 °С, так как при этом почти вся 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. Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей, микроэлементов и водорастворимых витаминов (С, B_1, B_2).

При неблагоприятных условиях потеря жидкости может достигать 8...10 л за смену и с ней до 40 г поваренной соли (всего в организме около 140 г NaC1). Потери более 30 г NaCl крайне опасны для организма человека, так как приводят к нарушению желудочной секреции, мышечным спазмам, судорогам. Компенсация потерь воды в организме человека при высоких температурах происходит за счет распада углеводов, жиров и белков. Для восстановления водносолевого баланса работающих в горячих цехах устанавливают пункты подпитки подсоленной (около 0,5 % NaCl) 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. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания. 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. Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. При этом наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Лучи могут вызвать ожог кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз вследствие воздействия инфракрасных лучей является катаракта глаза.

Тепловой удар возникает в особо неблагоприятных условиях работы: выполнение тяжелой физической работы в условиях высокой температуры, инфракрасного излучения и высокой влажности, в одежде, затрудняющей теплоотдачу; работы на открытом воздухе в жарком климате. Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма – *гипотермии.* В начальный период воздействий умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объема вдоха. При про-

должительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращаете; в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются холодовые травмы.

Действие *теплового излучения* на организм имеет ряд особенностей, одной из которых является способность инфракрасных лучей различной длины волны проникать на различную глубину и поглощаться соответствующими тканями, оказывая тепловое действие.

Короткие инфракрасные лучи (до 1,5 мкм) проникают в ткани на глубину нескольких сантиметров, поглощаются кровью и водой в слоях кожи и подкожной клетчатки, а также способны проникать через кости черепной коробки и воздействовать на мозговые оболочки, мозговую ткань. Длинные инфракрасные лучи (более 1,5 мкм) поглощаются верхним 2-миллиметровым слоем кожи. Особенно сильно поглощаются лучи с длиной волны 6-10 мкм, вызывая «калящий эффект». Воздействие инфракрасного излучения на организм проявляется как общими, так и местными реакциями. Местная реакция сильнее выражена при облучении длинноволновыми инфракрасными лучами. Коротковолновое инфракрасное излучение обладает более выраженным общим действием. Степень повышения температуры кожи в ответ на инфракрасное облучение находится в зависимости от его интенсивности. Тепловое облучение интенсивностью до 350 Вт/м^2 не вызывает неприятного ощущения, при 1050 Вт/м^2 уже через 3...5 мин на поверхности кожи появляется неприятное жжение (температура кожи повышается на 8...10°С), а при 3500 Вт/м^2 через несколько секунд возможны ожоги.

Наряду с ростом температуры облучаемой поверхности тела наблюдается также рефлекторное изменение частоты пульса на фоне неизменной температуры тела. При облучении интенсивностью 700...1400 Вт/м^2 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).

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. Изменения в организме под воздействием инфракрасного излучения зависят от его интенсивности, спектрального состава, пло-

щади и зоны облучения. Так, наибольший эффект наблюдается при облучении области шеи, верхней половины туловища.

При действии инфракрасной радиации могут развиваться патологические состояния у отдельных лиц в связи с профессиональной деятельностью: повреждения кожи; повреждения глаз; солнечный удар. Изменения на коже характеризуются эритемой, при интенсивном облучении может быть ожог, при длительном воздействии на коже может развиваться коричнево-красная пигментация. К патологическим изменениям глаз относятся коньюктивиты, помутнение роговицы и др. Длительное воздействие (10-20 лет) коротковолновой инфракрасной радиации большой интенсивности на глаза может вызвать поражение хрусталика - катаракту (у сталеваров, прокатчиков, кузнецов, кочегаров, стеклодувов).

Солнечный удар может возникнуть при работах на открытом воздухе (строители, геологи, сельскохозяйственные рабочие и др.) в результате интенсивного прямого облучения головы инфракрасным излучением коротковолнового диапазона (1-1,4 мкм), следствием чего является тяжелое поражение оболочек и мозговой ткани вплоть до выраженного менингита и энцефалита. Клиническая картина солнечного удара характеризуется общей слабостью, головной болью, головокружением, шумом в ушах, беспокойством, расстройством зрения, тошнотой, рвотой. В тяжелых случаях - помрачнение сознания, резкое возбуждение, судороги, галлюцинации, бред, потеря сознания. Температура тела при этом в отличие от теплового удара нормальная или незначительно повышена.

Когда среднесуточная температура окружающего воздуха +10 °С – *теплый период*; равна или ниже +10 °С – *холодный период*. Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (табл.5.1).

В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и других помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха (22... 24 °С), его относительной влажности (40...60 %) и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Таблица 5.1

Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

При обеспечении оптимальных показателей микроклимата температура внутренних поверхностей, ограждающих рабочую зону конструкций или устройств, а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или его ограждающих устройств не должны выходить за пределы оптимальных величин температуры воздуха более чем на 2 °С; при обеспечении соответствующих допустимых показателей не должны выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха, установленных СанПиН 2.2.4.548-96 для отдельных категорий работ.

Рабочие места при температуре внутренних поверхностей ограждающих конструкций ниже или выше оптимальных величин температуры воздуха должны быть удалены от них на расстояние не менее 1 м. Перепад температуры воздуха по высоте рабочей зоны при всех категориях работ допускается до 3 °С. Во всех случаях температура нагретых поверхностей технологического оборудования или его ограждающих устройств в целях профилактики типовых травм не должна превышать 45 °С. В холодный период года необходимо предусматривать мероприятия по защите рабочих мест от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период – от попадания прямых солнечных лучей.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов при обеспечении допустимых величин показателей микроклимата на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 (при облучении 50 % и более поверхности тела), 70 Вт/м^2 (при облучении от 25 до 50 % поверхности тела) и 100 Вт/ м^2 (при облучении не более 25 % поверхности тела). Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя) не должна превышать 140 Вт/м^2 при облучении не более 25 % поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют следующие основные мероприятия: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления. Кроме того, важное значение имеет правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы или работы в горячих цехах. Для этих категорий работников устраивают специальные места отдыха в помещениях с нормальной температурой, оснащенных системой вентиляции и снабжения питьевой водой. Основными средствами для обеспечения соответствующих метеорологических условий являются системы вентиляции, кондицинирования и отопления.

Вентиляция. Параметры микроклимата связаны с воздухом, поэтому большое значение имеет уровень его загрязненности. В процессе производства в воздух могут выделяться вредные вещества, которые через дыхательные пути попадают в организм человека. Самым действенным и широко распространенным методом защиты воздуха рабочей зоны от загрязнений является вентиляция – комплекс взаимосвязанных процессов и устройств, обеспечивающих необходимый воздухообмен в производственных помещениях.

Общеобменная вентиляция предназначена для поддержания в помещении на постоянном уровне температуры или влажности. В зависимости от тяжести труда выделение теплоты взрослыми людьми меняется (табл. 5.2).

Основное требование к любой системе вентиляции – обеспечение необходимой кратности воздухообмена, обеспечивающей удаление из производственного помещения всех вредных составляющих, то есть избытков тепла, влаги, паров различных веществ. Кратность воздухообмена, ч$^{-1}$, определяется как отношение фактического объема поступающего в помещение воздуха к объему этого помещения:

$$K = \frac{V_{возд}^{факт}}{V_{пом}} \qquad (5.4)$$

Таблица 5.2

Тепловыделения при разных условиях труда

Категория труда	Категория работ	Количество выделяющейся теплоты, Вт, при температуре в помещении, °С			
		20	25	30	35
Покой	—	70,0	58,0	40,7	5,8
Легкая	I	75,6	64,0	40,7	6,5
Средней тяжести	II	81,4	70,0	40,7	8,5
Тяжелая	III	104,7	93,0	53,3	11,6

При наличии избытков тепла (например, помещения телевизионных студий, вычислительных центров) количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения:

$$L_в = \frac{Q_{изб}}{C_в \Delta t \gamma_в}, \qquad (5.5)$$

где $Q_{изб}$ – избыточное тепло, ккал/ч; $C_в$ – теплоемкость воздуха (0,24 ккал/кг·К); Δt – разность температур входящего и поступающего воздуха; $\gamma_в$ = 1,206 кг/м^3 – удельная масса приточного воздуха.

Избыточное тепло:

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд}, \qquad (5.6)$$

где $Q_{об}$, $Q_{осв}$, $Q_л$ – тепло, выделяемое производственным оборудованием, системой искусственного освещения и работающим персоналом соответственно; $Q_р$ – тепло, вносимое солнечной радиацией; $Q_{отд}$ – теплоотдача естественным путем.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием:

$$Q_{об} = 860 P_{об} \eta, \qquad (5.7)$$

где 860 – тепловой эквивалент 1 кВт/ч; $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; η – коэффициент перехода тепла в помещение

(0,75-0,95 – в зависимости от оборудования, например для ремонтных участков цехов η = 0,75, а для участков телеграфных каналов η = 0,95).

Тепло, выделяемое осветительными установками:

$$Q_{осв} = 860 P_{осв} \alpha \beta cos\varphi, \quad (5.8)$$

где $P_{осв}$ – мощность осветительных установок, кВт; α – КПД перевода электрической энергии в тепловую (например, для ламп накаливания а = 0,92-0,97); β – КПД одновременности работы аппаратуры в помещении (если работает вся аппаратура, то β = 1); cos φ = 0,7-0,8 – электротехнический коэффициент; φ – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Тепло, выделяемое людьми:

$$Q_л = K_л (q - q_{исп}), \quad (5.9)$$

где $K_л$ – количество рабочих; (q – $q_{исп}$) – явное тепло, ккал/ч, где q – тепловыделение одного человека для соответствующей категории работ; $q_{исп}$ – тепло, затраченное на испарение телом.

Тепло, создаваемое солнечной радиацией:

$$Q_p = mFq_{ост}, \quad (5.10)$$

где m – количество окон в помещении; F – площадь одного окна, м^2; $q_{ост}$ – количество тепла, вносимого за один час через остекленную поверхность площадью 1 м^2 (табличная величина), Ккал/ч·м^2.

В помещениях с большими теплоизбытками $Q_{отд} = Q_p$.

Объем воздуха, отсасываемого или нагнетаемого в производственное помещение в течение часа:

$$L = 3600 V F_c, \quad (5.11)$$

где F_c – площадь сечения воздуховода вентилятора, м^2; V – скорость движения воздуха в канале воздуховода, м/с, которая обычно задается в пределах 1-5 м/с в зависимости от технических возможностей создания скоростного напора в вентиляционном канале.

Местную приточную вентиляцию широко используют для создания требуемых параметров микроклимата в ограниченном объеме, в частности, непосредственно на рабочем месте. Это достигается созданием воздушных оазисов, воздушных завес и воздушных душей.

Воздушный оазис (рис. 5.2) создают в отдельных зонах рабочих помещений с высокой температурой. Для этого рабочую площадку ограниченной площади закрывают легкими передвижными перегородками высотой 2 м и в огороженное пространство подают со скоростью 0,2... 0,4 м/с более холодный воздух.

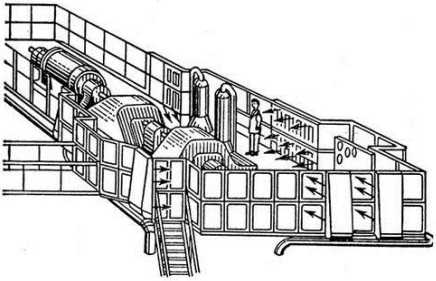

Рис. 5.2. Воздушный оазис

Воздушные завесы создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путем подачи воздуха (без подогрева или с подогревом) с большой скоростью (10... 15 м/с) через воздухораспределители с пола снизу вверх, либо от стен сбоку и под некоторым углом навстречу холодному потоку; в результате происходит смешивание потоков и на расстоянии до 20 м от входа создается повышенное давление более теплого воздуха (рис. 5.3).

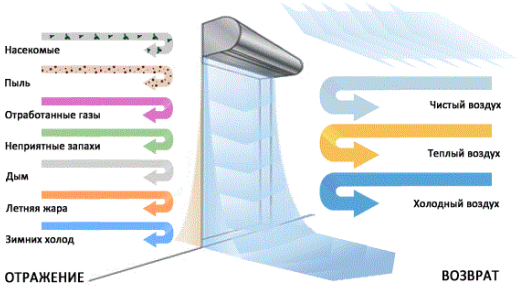

Рис. 5.3. Принцип действия воздушно-тепловой завесы

Воздушные души (рис. 5.4) применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (350 Вт/м^2 и более). Воздух, выходящий из душирующего патрубка, должен омывать голову и туловище человека с равномерной скоростью и иметь одинаковую температуру.

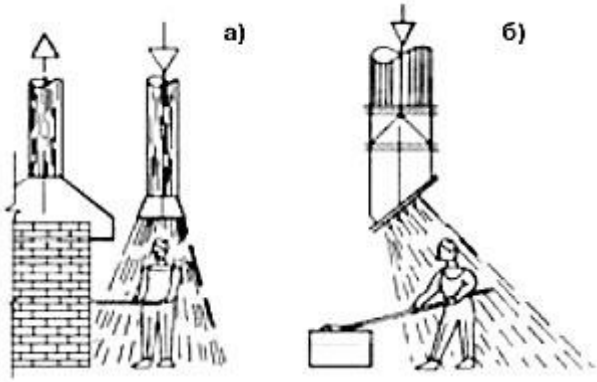

Рис. 5.4. Воздушный душ: вертикальный (*а*); наклонный (*б*)

Поток воздуха, направленный непосредственно на рабочего, позволяет увеличить отвод теплоты от его тела в окружающую среду за счет усиленного движения воздуха. Выбор скорости потока зависит от тяжести выполняемой работы, а также интенсивности облучения, но она не должна, как правило, превышать 5 м/с, так как в этом случае у рабочего возникают неприятные ощущения (шум в ушах). Эффективность воздушных душей возрастает при охлаждении направляемого на рабочее место потока воздуха или при подмешивании к нему мелко распыленной воды (водовоздушный душ). В практике нашли применение стационарные воздушные души и передвижные. Стационарные воздушные души представляют собой общий воздуховод с приточными (душирующими) насадками, которые направляют струю воздуха на рабочие места. В этом случае забор воздуха производится либо снаружи, либо с рециркуляцией (полной или частичной) воздуха помещения. Передвижные воздушные души состоят из вентилятора, двигателя и различных приспособлений (подставки, ограждения вентилятора). В них используется наружный воздух или воздух помещения.

Укрытия с отсосом характеризуются тем, что источник вредных выделений находится внутри них, в результате чего искусственно создаваемого разрежения, вредные вещества не могут попасть в воздух помещения. Большое значение такие укрытия имеют при борьбе с пылью, так как применение общеобменной вентиляции в этом случае малоэффективно. Наиболее распространены различные защитно-обеспыливающие кожухи, которыми снабжаются шлифовальные, обдирочные, полировальные, заточные, деревообрабатывающие и другие станки.

Для эффективной работы вентиляции нужно, чтобы еще на стадии проектирования были выполнены следующие технические и санитарно-гигиенические требования:

1) система вентиляции должна обеспечивать требуемый метеорологический режим, а также достаточную чистоту воздуха по СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

2) соотношение между количеством подаваемого (приточного) в рабочую зону воздуха и удаляемого из нее должно быть, как правило, минимальным. В отдельных случаях допускается отклонение от этого требования;

3) размещение вентиляционных систем должно производиться таким образом, чтобы подача свежего воздуха осуществлялась в рабочую зону или в те части помещения, где количество вредных выделений минимально, а удаление – максимально;

4) система вентиляции должна быть проста по устройству, надежна в эксплуатации, электро-, пожаро- и взрывобезопасна, не должна создавать шум, превышающий допустимые уровни.

Кондиционирование. При кондиционировании воздуха обеспечивается поддержание в рабочих помещениях определенных, заданных параметров воздушной среды, т. е. температуры и относительной влажности воздуха. При этом заданные параметры поддерживаются в течение всех периодов года как зимой, так и летом. Режим работы систем кондиционирования воздуха обычно поддерживается автоматически с помощью специальной системы автоматического регулирования.

В некоторых случаях при кондиционировании воздуха требуется обеспечить также высокую чистоту притока, т.е. полное отсутствие пыли.

На рис. 5.5 приведена схема кондиционера, предназначенного для полной обработки воздуха с первой и второй регулируемой рециркуляцией. Наружный воздух забирается через жалюзийную решетку *1* и очищается от пыли в фильтре *2*. Затем, проходя клапан *4*, часть воздуха поступает в калориферы первого подогрева *3* или проходит, минуя калориферы, без подогрева. Далее свежий подогретый воздух смешивается с некоторым объемом рециркуляционного воздуха, возвращаемого из обслуживаемого кондиционером помещения, минуя клапан *8*. Специальные клапаны *5*, установленные на подаче горячей воды в калориферы, регулируют степень нагрева воздуха в них.

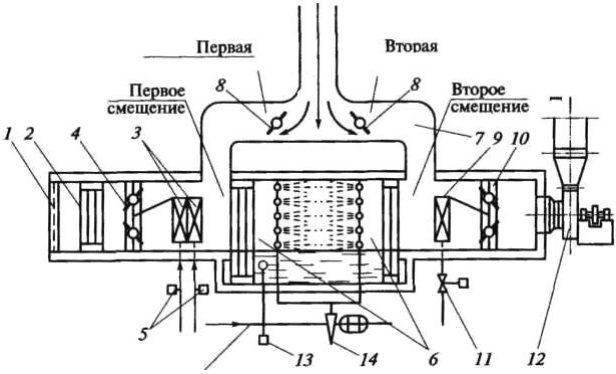

Рис. 5.5. Схема кондиционера с первой и второй регулируемой рециркуляцией

Смесь наружного и рециркуляционного воздуха проходит оросительную камеру *6*, воздух увлажняется, и температура его понижается. После этого воздух вновь смешивается с рециркуляционным, проходит по воздуховоду *7* и, если необходимо, часть воздуха подогревается в калорифере второго подогрева *9*, который регулируется клапаном *11*. Объемы воздуха, проходящего через калорифер или минуя его, регулируются сдвоенным створчатым клапаном *10*. Приготовленный в кондиционере воздух забирается вентилятором *12* и подается в обслуживаемое помещение. Регулирование режима подачи воды в оросительную камеру кондиционера осуществляется клапаном *13* и трехходовым смесительным краном *14*.

Системы кондиционирования позволяют поддерживать в производственных помещениях такие условия, при которых можно достичь высокой производительности труда, а также создать условия для оптимального ведения технологических процессов. Это особенно важно в производствах, где даже небольшое количество пыли отрицательно влияет на качество изделий, например в производстве радиодеталей, кинескопов, изделий из полупроводников и др. Устройство систем кондиционирования является в этих случаях технически необходимым и экономически оправданным.

Отопление. В производственных зданиях, сооружениях и помещениях любого назначения с постоянным или длительным (более 2 ч) пребыванием людей, в помещениях во время проведения основных и ремонтно-вспомогательных работ, а также в помещениях, в которых поддержание температуры необходимо по технологическим условиям,

следует предусматривать соответствующую систему отопления для поддержания требуемых температур внутреннего воздуха в холодный период года.

Система отопления должна компенсировать потери теплоты через ограждающие конструкции зданий и сооружений за счет снижения температуры воздуха в помещениях в результате естественного испарения влаги с открытых водных поверхностей, а также идущие на нагревание поступающих снаружи воздуха (через ворота, двери, вентиляционные отверстия и другие проемы и неплотности в ограждающих конструкциях), материалов, оборудования и транспорта.

Расчет системы отопления проводится с учетом поступлений теплоты от технологического оборудования, коммуникаций, нагретых материалов и изделий, людей, искусственного освещения и других источников. Систему отопления, вид и параметры теплоносителя, а также типы нагревательных приборов следует предусматривать с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций и в соответствии с характером и назначением зданий и сооружений (СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха»).

В зависимости от используемого теплоносителя системы отопления бывают водяные, паровые, воздушные, газовые и электрические. Наиболее эффективны в санитарно-гигиеническом отношении системы водяного и парового отопления, где в качестве теплоносителя используются соответственно горячая вода и водяной пар при температуре теплоносителя: воды – не более 150 °С, пара – не более 130 °С.

Не допускается установка таких систем в помещениях, где хранятся или применяются карбид кальция, калий, натрий, литий и другие вещества, способные при взаимодействии с водой загораться, взрываться или разлагаться с выделением взрывоопасных концентраций, а также в помещениях, в которых возможно выделение в воздух или осаждение на поверхности строительных конструкций и оборудования веществ, способных к самовоспламенению при прикосновении с горячими поверхностями нагревательных приборов и трубопроводов (пары сероуглерода).

Поверхности нагревательных приборов во всех случаях не должны иметь температуру выше 150 °С. Нагревательные приборы должны иметь гладкую поверхность, удобную для систематической очистки. Нагретые поверхности отопительных приборов представляют опасность при наличии пыли органических веществ, например целлулоида, диэтилового эфира и других легковоспламеняющихся и разделяющихся веществ. Наиболее безопасным является воздушное отопление, при котором нагрев воздуха производится в калориферах. В таких

системах в качестве теплоносителя обычно используется горячая вода или пар. Однако в отдельных случаях для подогрева воздуха допускается применение газа (в здания I и II степеней огнестойкости с производствами категорий Г и Д при условии удаления продуктов горения непосредственно наружу) и электрической энергии (электрокалориферы).

По способу подачи и распределения воздуха система воздушного отопления может быть центральной (как правило, совмещенной с приточной вентиляцией) и местной, при которой нагрев и подачу воздуха в определенное место помещения производят специальными отопительными агрегатами.

К *местным системам* относят такие, в которых генератор теплоты, нагревательные приборы и теплопроводы находятся непосредственно в отапливаемом помещении и конструктивно объединены в одной установке (печное, воздушное, панельное (лучистое), а также отопление местными газовыми, электрическими приборами или котлами, работающими на различных видах топлива).

При *панельном* (лучистом) отоплении нагревательные приборы либо совмещены с ограждающими конструкциями (находятся в междуэтажных перекрытиях, стенах, перегородках), либо расположены свободно в виде плоских панелей, плафонов, излучателей. В качестве теп-лоносителя используется вода с температурой 50-60 °С, нагретый воздух и реже пар.

К *системам центрального отопления* относятся такие, в которых генераторы теплоты расположены вне отапливаемых помещений, т.е. отдалены от нагревательных приборов. Теплоноситель нагревается в генераторе, находящемся в тепловом центре (ТЭЦ, котельная), перемещается по теплопроводам в обогреваемые здания и помещения и, передав теплоту через нагревательные приборы, возвращается в тепловой центр.

Важное значение для самочувствия человека имеет *аэроионный состав воздуха*, нормируемыми показателями которого по СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» являются минимально допустимая и максимально допустимая концентрации аэроионов (ион/см^3) положительной ρ^+ и отрицательной ρ^- полярностей, а также минимально и максимально допустимые значения коэффициента униполярности *У*, определяемого как отношение их концентраций (ρ^+/ρ^-). Отклонения от нормируемых значений, которые могут привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека,

могут быть устранены применением аэроионизаторов или деионизаторов.

Аэроионизаторы воздуха (наиболее широко известна «люстра Чижевского» (рис. 5.6) предназначены для обогащения воздуха в помещениях отрицательно заряженными аэроионами и очистки его от атмосферных аэрозолей (микрочастицы различного происхождения, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии).

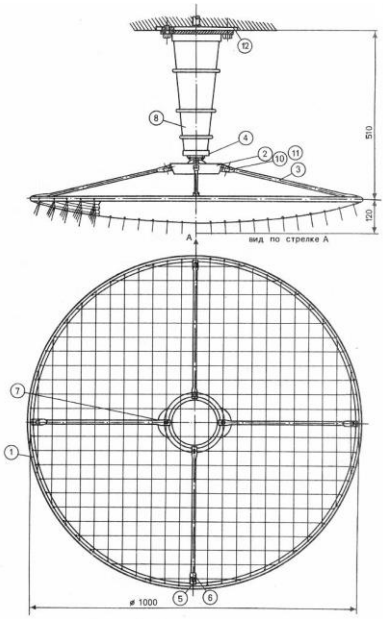

Рис. 5.6. Схема электроэффлювиальной люстры типа ЭЭФФ-5:
1 – обод электроэффлювиальной люстры; *2* – держатель; *3* – растяжка; *4* – планка-держатель; *5* – хомут; *6* – хомут наружный; *7* – хомут; *8* – высоковольтный изолятор; *9* – стопорный винт; *10,11* – винты; *12* – крепление к потолку.

Такой воздух по своим свойствам приближается к природному горному воздуху и оказывает профилактическое и терапевтическое воздействие на организм человека, приводит к повышению работоспособности и комфортности труда, способствует быстрому восстановлению сил в период отдыха. В них используется, предложенный Чижевским А. JI., принцип генерации отрицательных аэроионов посредством электрического коронного разряда постоянного тока с острия коронирующего электрода. В процессе разряда с острия стекают свободные электроны, которые уносятся электрическим полем в окружающее

пространством и, прилипая к молекулам, создают отрицательно заряженные аэроионы. В *деионизаторах* происходит процесс лишения носителя своего заряда посредством присоединения аэроионов к аэрозолям или рекомбинации аэроионов различной полярности друг с другом, или осаждения аэроионов на предметах (материалах), генерирующих (способных накапливать) электрический заряд. Оргтехника, видеодисплейные терминалы, воздушные фильтры, воздуховоды, системы кондиционирования воздуха способствуют деионизации воздуха.

Защита от теплового излучения. Для защиты от теплового излучения используют различные теплоизолирующие материалы, устраивают теплозащитные экраны и специальные системы вентиляции (воздушное душирование). Перечисленные выше средства защиты носят обобщающее понятие теплозащитных средств. Теплозащитные средства должны обеспечивать тепловую облученность на рабочих местах не более 350 Вт/м^2 и температуру поверхности оборудования не выше 35 °С при температуре внутри источника тепла до 100 °С и не выше 45 °С – при температуре внутри источника тепла выше 100 °С.

Основным показателем, характеризующим эффективность теплоизоляционных материалов, является низкий коэффициент теплопроводности, который составляет для большинства из них 0,025-0,2 Вт/м·К.

Для теплоизоляции используют различные материалы, например, асбестовую ткань и картон, специальные бетон и кирпич, минеральную и шлаковую вату, стеклоткань, углеродный войлок и др. Так, в качестве теплоизоляционных материалов для трубопроводов пара и горячей воды, а также для трубопроводов холодоснабжения, используемых в промышленных холодильниках, могут быть использованы материалы из минеральной ваты.

Теплозащитные экраны используют для локализации источников теплового излучения, снижения облученности на рабочих местах, а также для снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Часть теплового излучения экраны отражают, а часть поглощают.

Для количественной характеристики защитного действия экрана используют следующие показатели: кратность ослабления теплового потока (m), а также эффективность действия экрана ($\eta_э$). Эти характеристики выражаются следующими зависимостями:

$$m = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{и} \quad \eta_э = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\%, \qquad (5.12)$$

где E_1 и E_2 – интенсивность теплового облучения на рабочем месте соответственно до и после установки экранов, Вт/м^2.

Таким образом, показатель m определяет, во сколько раз первоначальный тепловой поток на рабочем месте превышал тепловой поток на рабочем месте после установки экрана, а показатель $\eta_э$ – какая часть из первоначального теплового потока доходит до рабочего места, защищенного экраном. Эффективность $\eta_э$ для большинства экранов лежит в пределах 50 – 98,8 %.

Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. Теплоотражающие экраны изготавливаются из алюминия или стали, а также фольги или сетки на их основе. Теплопоглощающие экраны представляют собой конструкции из огнеупорного кирпича (типа шамота), асбестового картона или стекла (прозрачные экраны). Теплоотводящие экраны – это полые конструкции, охлаждаемые изнутри водой.

Своеобразным теплоотводящим прозрачным экраном служит так называемая водяная завеса, которую устраивают у технологических отверстий промышленных печей и через которую вводят внутрь печей инструменты, обрабатываемые материалы, заготовки и др.

Средства индивидуальной защиты. В производственных условиях не всегда полностью удается устранить выделение вредных веществ и ограничить их распространение в рабочих зонах до величин, не превышающих предельно допустимых, за счет технических и объемно-планировочных решений. В этих случаях, а также при кратковременных работах в чрезвычайных случаях (например, аварийные ситуации) необходимо пользоваться СИЗ.

Защита тела человека обеспечивается применением спецодежды, спецобуви, средств защиты органов дыхания (рис. 5.7), глаз, головных уборов и рукавиц. Для защиты от тепловых воздействий используют спецодежду, изготовленную из сукна, брезента, льняных тканей, а при наличии опасности воздействия пламени и искр – из металлизированной или стеклянной ткани с огнестойкой пропиткой.

Для защиты головы от перегревов применяют шляпы с широкими полями из войлока, фетра или грубошерстного сукна; от кислот, щелочей и органических растворителей – капюшоны, наголовники, маски.

Для защиты глаз от воздействия светового излучения используют очки со светофильтрами. Светофильтр подбирают по спектральной характеристике, соответствующей спектральному диапазону потока излучения.

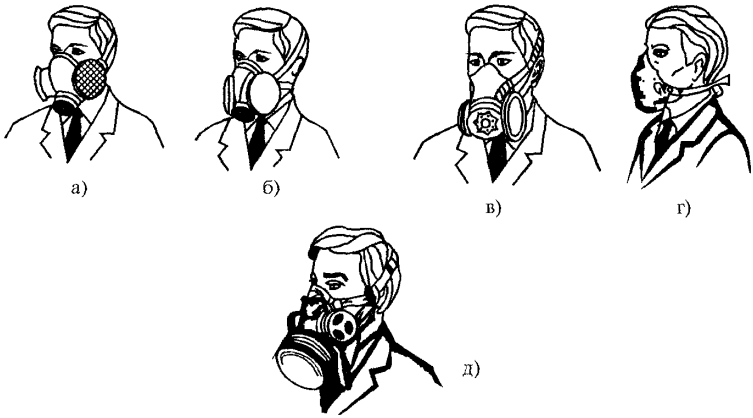

Рис. 5.7. Противопылевые респираторы:
а – Ф-46 с бумажным складчатым фильтром; *б* – Ф-45 с бумажным пластинчатым фильтром; *в* – РН-19; *г* – ШБ-1 «Лепесток»; *д* – ПРБ-1 с бумажным складчатым фильтром

Для работы у металлургических печей при температуре до 1800 °С в качестве светофильтров используют стекла СС4, СС11; у прокатных станов, в кузнечных цехах – стекла СС14; при газовой сварке – темные стекла ТС2; при электросварке – ТС3.

5.2. Освещение помещений и рабочих мест

Рациональное освещение имеет большое значение для здоровья человека и правильной организации труда. Под влиянием светового излучения ускоряются процессы высшей нервной деятельности, повышается общая активность и деятельность дыхательных органов. Недостаток света вызывает напряжение глаз, затрудняет различение предметов, замедляет темп работы. Благоприятные световые условия оказывают благотворное общее психофизиологическое воздействие на работоспособность и активность человека, а также на качество выполнения работы.

Классификация производственного освещения приведена на рис. 5.9. Естественное освещение наиболее благоприятно как для органов зрения, так и для организма человека в целом. При недостаточности естественного освещения применяют искусственное или совмещенное.

Рис. 5.8. Виды производственного освещения

Естественное освещение производственных помещений через световые проемы в наружных стенах (окна) называют боковым, через световые проемы в перекрытии зданий (фонари) – верхним, а через окна и фонари одновременно – комбинированным. Если расстояние от окон до наиболее удаленных от них рабочих мест менее 12 м, то предусматривают боковое одностороннее освещение, при большем расстоянии – боковое двустороннее.

Большинство производственных помещений оборудуют системами *общего искусственного* освещения – когда светильники расположены в верхней (потолочной) зоне. Если расстояние между светильниками одинаковое, то освещение считают равномерным, при размещении светильников ближе к оборудованию – локализованным.

Комбинированным называют такое искусственное освещение, когда к общему добавляется местное. Местным считают освещение, при котором световой поток светильников концентрируется непосредственно на рабочих местах. В соответствии со Строительными нормами и правилами (СНиП) применение только одного местного освещения в производственных помещениях не допускается.

Рабочее освещение устраивают во всех помещениях и на территориях для обеспечения нормальной работы и прохода людей, движения транспорта при отсутствии или недостатке естественного освещения.

*Аварийно*е освещение необходимо для продолжения работ при внезапном отключении рабочего освещения, что может вызвать нарушение процесса обслуживания оборудования или непрерывного технологического процесса, пожар, взрыв, отравление людей, травматизм в местах большого скопления людей и т. п. Наименьшая освещенность

рабочих поверхностей, требующих обслуживания в аварийном режиме, должна быть не менее 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и 1 лк на открытых площадках.

Дежурным считают освещение производственных объектов в нерабочее время.

Искусственное освещение, создаваемое вдоль границ охраняемых в ночное время территорий, называют *охранным*.

Эвакуационное освещение устраивают в местах, опасных для прохода людей, а также в основных проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей из производственных зданий при численности работающих более 50, в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма вследствие продолжения работы производственного оборудования, а также в производственных помещениях с численностью работающих более 50 независимо от степени опасности травматизма. Эвакуационное освещение должно обеспечивать минимальную освещенность основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях 0,2 лк.

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к производственному освещению: приближенный к солнечному оптимальный состав спектра; соответствие освещенности на рабочих местах нормативным значениям; равномерность освещенности и яркости рабочей поверхности, в том числе и во времени; отсутствие резких теней на рабочей поверхности и блесткости предметов в пределах рабочей зоны; оптимальная направленность светового потока, способствующая улучшению различения рельефности элементов поверхностей.

Источники света являются важнейшими составными частями осветительных установок промышленных предприятий. Правильный выбор типов и мощности ламп оказывает решающее влияние на эксплуатационные качества и экономическую эффективность осветительных установок, на соответствие искусственного освещения предъявленным к нему требованиям. В осветительных установках, предназначенных для освещения производственных помещений и территорий предприятий, в качестве источников света применяют:

- лампы накаливания;
- газоразрядные лампы низкого давления (люминесцентные) и высокогодавления.

Основные характеристики ламп:

- электрическая мощность W, Вт;

- световой поток F, лм;
- удельная световая отдача h, лм/Вт:

$$h = F \cdot W, \tag{5.13}$$

Световая отдача показывает, с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет:
- номинальное напряжение питающей сети U, В;
- средний срок службы t, ч.

В системах производственного освещения предпочтение отдается газоразрядным лампам. Использование ламп накаливания допускается в случае невозможности или экономической нецелесообразности применения газоразрядных ламп.

Лампы накаливания. Они относятся к тепловым источникам света, в которых свечение возникает путем нагревания нити накала (как правило, вольфрамовой) до высоких температур. Устройство современной лампы накаливания показано на рис. 5.8. Лампы накаливания мощностью до 150 Вт выполняются пустотными (вакуумными). Отсутствие воздуха в колбе лампы предохраняет вольфрамовую нить от окисления и тем самым увеличивает ее срок службы. Кроме того, отсутствие воздуха снижает тепловые потери посредством конвенции.

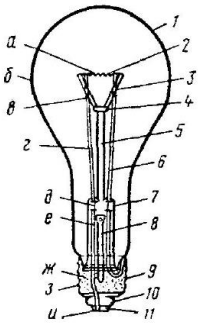

Рис. 5.8. Конструкция осветительной лампы накаливания общего назначения:

1 – колба; *2* – спираль; *3* – крючки; *4* – линза; *5* – штабик; *6* – электроды; *7* – лопатки; *8* – штенгель; *9* – цоколь; *10* – изолятор; *11* – нижний контакт; *а* – вольфрам; *б* – стекло; *в* – молибден; *г* – никель; *д* – медь, сталь, никель; *е* – медь; *ж* – цокольная мастика; *з* – латунь или сталь; *и* – свинец, олово.

Лампы накаливания применяются в помещениях, где проводят грубые работы или осуществляют общий надзор за работой оборудования, например установок вентиляции и кондиционирования воздуха.

Сохраняется определяющее значение ламп накаливания в светильниках местного освещения, хотя при организации местного освещения могут использоваться люминесцентные лампы небольшой мощности. В системах производственного освещения применяются лампы накаливания общего назначения с номинальным напряжением 127 В и 220 В и лампы накаливания местного освещения с напряжением 24 В и 40 В.

Достоинства ламп накаливания:

- относительно низкая стоимость;
- простота в изготовлении;
- удобство и надежность в эксплуатации (не требуют включения в сеть дополнительных пусковых устройств);
- незначительный период разгорания;
- компактность;
- практически не зависят от условий окружающей среды;
- световой поток к концу срока службы снижается незначительно.

Недостатки ламп накаливания:

- низкая световая отдача (не более 20 лм/Вт), а следовательно, неэкономичность эксплуатации;
- небольшой срок службы (до 1 000 ч);
- неблагоприятный спектральный состав (преобладание желтой и красной частей спектра при недостатке в синей и фиолетовой по сравнению с естественным светом, что искажает цветовое восприятие);
- нерациональное распределение светового потока для большинства ламп, что требует применения осветительной арматуры (светильников).

Галогенные лампы накаливания (ГЛН) наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары галогена (йод, бром), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. По сравнению с лампами накаливания они имеют значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность, продолжительный срок службы (до 2 000 ч) и повышенную светоотдачу (до 22 лм/Вт). ГЛН применяются в системах общего освещения, прожекторах и т. п.

Газоразрядные лампы низкого давления. Иначе их называют люминесцентными. Люминесцентная лампа – газоразрядный источник света, световой поток которого определяется в основном свечением люминофоров под воздействием электрических зарядов, проходящих через него.

Люминесцентная лампа низкого давления представляет собой цилиндрическую стеклянную трубку, на концах которой в цоколях смонтированы вольфрамовые биспиральные электроды. На внутреннюю поверхность по всей ее длине нанесен тонкий слой твердого кристаллического порошкообразного вещества –люминофора. Длина и диаметр трубки определяется мощностью лампы и напряжением, на которое она рассчитана (рис. 5.9).

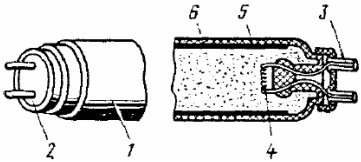

Рис. 5.9. Внешний вид и разрез люминесцентной лампы:
1 – колба; *2* – цоколь; *3* – контактные штырьки цоколя; *4* – электрод; *5* – слой люминофора; *6* – ртутные пары

При работе люминесцентной лампы между двумя электродами, находящимися в противоположных концах лампы, возникает электрический разряд (рис. 5.10). Стеклянная трубка заполнена парами ртути под низким давлением, проходящий ток приводит к появлению ультрафиолетового излучения. Это излучение невидимо для человеческого глаза, поэтому его преобразуют в видимый свет с помощью явления люминесценции. Внутренние стенки лампы покрыты специальным веществом – люминофором, которое поглощает ультрафиолетовое излучение и выделяет видимый свет. Изменяя состав люминофора, можно изменять оттенок получаемого света.

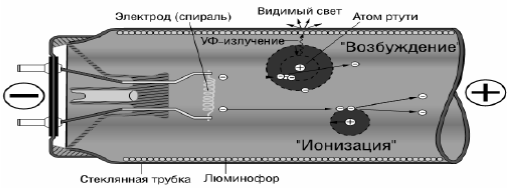

Рис. 5.10. Принцип генерации света в люминесцентных лампах на примере лампы с термокатодом

В зависимости от марок люминофора различают несколько типов люминесцентных ламп (ЛЛ). Например, лампы дневного света (ЛД); дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ); холодного белого света (ЛХБ); теплого белого света (ЛТБ); белого света (ЛБ);

холодного естественного света (ЛХЕ); естественного света с улучшенной цветопередачей (ЛЕЦ); с внутренним отражающим слоем (ЛБР); естественного света (ЛЕ); компактные (КЛЛ); белового света с улучшенной цветопередачей трехполосные (ЛБЦТ) и другие.

Выбор типа люминесцентных ламп для освещения того или иного рабочего помещения зависит от особенностей работы и окраски помещения. Лампы ЛЕ и ЛДЦ следует применять в тех случаях, когда предъявляются специальные требования к определению цвета. Лампы ЛТБ, излучающие розоватый свет, можно применять в помещениях для отдыха. Во всех остальных случаях рекомендуются лампы типа ЛБ как наиболее экономичные, дающие более теплый свет.

Компактная люминесцентная лампа – лампа, имеющая меньшие размеры по сравнению с колбчатой лампой и меньшую чувствительность к механическим повреждениям. Разновидность люминесцентных компактных ламп имеет возможность установки в стандартный патрон для ламп накаливания. Основное их преимущество – экономичность в компактной форме. Они позволяют снизить расходы на электричество до 80 % по сравнению с лампами накаливания, причем срок службы может быть больше в 15 раз. Существуют варианты ламп со встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом и резьбовым цоколем для прямой замены обычных ламп накаливания, применяются в профессиональных и бытовых осветительных установках.

Достоинства КЛЛ по сравнению с лампами накаливания:

- высокая световая отдача (до 75 лм/Вт);
- большой срок службы (до 10 000 ч);
- экономичность;
- возможность применения источника света различного спектрального состава при лучшей для большинства типов цветопередаче;
- относительно малая (хотя и создающая ослепленность) яркость;
- выделение значительно меньшего тепла.

Недостатки:

- относительная сложность схемы включения;
- ограниченная единичная мощность;
- зависимость от условий эксплуатации (при низкой температуре и большой влажности они плохо загораются и быстро выходят из строя). Для оптимальной работы лампы температура в помещении должна быть 18–25 °С, а влажность не более 70 %);
- значительное снижение светового потока к концу срока службы;

- вредные для зрения пульсации светового потока с частотой 100 Гц (могут быть устранены или уменьшены только при совокупности действий нескольких ламп и соответствующих схемах включения);

- стробоскопический эффект – искажение зрительного восприятия в пульсирующем световом потоке (например, вращающиеся части оборудования могут восприниматься как неподвижные или движущиеся в обратном направлении), что создает травмоопасную ситуацию.

Газоразрядные лампы высокого давления. Различают дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ), дуговые ртутные лампы с добавкой металлов (ДРИ), ксеноновые газоразрядные лампы (ДКсТ), натриевые газоразрядные лампы (ДНаТ).

Устройство дуговой ртутной лампы (ДРЛ) показано на рис. 5.11. Разрядная кварцевая трубка 1, называемая горелкой, закреплена держателями 2 на ножке 3, герметично впаянной во внешнюю колбу 5. Стеклянная колба в виде грушеобразного баллона служит для изоляции горелки от окружающей среды. Пространство между горелкой и колбой заполняется техническим аргоном. На внутренней поверхности колбы нанесен люминофор. У мощных ламп горелка поддерживается еще и пружинящим держателем, упирающимся во внешнюю колбу. Для облегчения зажигания и улучшения условий работы электродов 7, установленных по концам разрядной трубки, в горелку вводится дозированное количество ртути и аргона. Кроме основных электродов, в лампе имеются поджигающие электроды 8, расположенные вблизи основных и электрически соединенные с противоположными электродами через ограничительные сопротивления 9. На внешней колбе с помощью высокотемпературной мастики крепится стандартный резьбовой цоколь 4. Между горелкой и цоколем установлен тепловой экран 6.

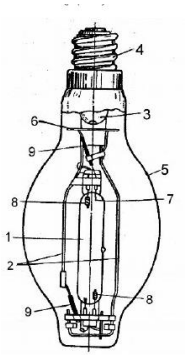

Рис. 5.11. Ртутная лампа высокого давления ДРЛ

Лампы ДРЛ позволяют создать большие уровни освещенности без значительных затрат на электроэнергию и применяются в высоких цехах при наличии пыли, дыма и копоти в воздухе. Используются для освещения территорий предприятий, населенных пунктов, а также производственных помещений большой высоты.

Достоинства ДРЛ по сравнению с люминесцентными лампами:

- более высокая световая отдача (до 55 лм/Вт);
- больший срок службы (10 000 – 15 000 ч);
- компактность;
- устойчивость к условиям внешней среды;
- меньшая чувствительность к колебаниям напряжения.

Недостатки:

- длительность разгорания при включении (до 7 мин);
- большая пульсация светового потока;
- значительное снижение светового потока к концу срока службы;
- преобладание в спектре лучей сине-зеленой части (что исключает их применение, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности).

В тех случаях, когда нельзя использовать лампы ДРЛ, применяются дуговые ртутные лампы с добавкой йодидов металлов (ДРИ), их часто называют металлогалогенными. Они являются одним из наиболее экономичных источников света общего назначения, что позволяет использовать их для освещения производственных помещений большой высоты и площади, строительных площадок, карьеров, а также других мест работы под открытым небом.

Достоинства ДРИ по сравнению с ДРЛ:

- высокая световая отдача (75 – 100 лм/Вт);
- лучшая цветопередача.

Недостатки:

- небольшой срок службы (2 000 – 5 000 ч);
- сложная система включения.

Ксеноновые газоразрядные лампы (дуговые ксеноновые трубчатые). Спектр излучения ксеноновых ламп почти полностью воспроизводит спектр солнечного света, что позволяет правильно воспринимать цветовые оттенки. Лампы применяются только для освещения территорий предприятия в связи с опасностью ультрафиолетового облучения работающих в помещении.

Достоинства: лампы ДКсТ выпускаются на единичные мощности от 5 до 10 кВт и имеют самый близкий к естественному свету

спектральный состав. Но это их достоинство не используется, поскольку внутри зданий они не применяются.

Недостатки: большая пульсация светового потока, избыток в спектре ультрафиолетовых лучей, вызывающий необходимость создания защитных колб; малая надежность пусковых устройств и сравнительно низкая отдача светового потока (по сравнению с ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и галогенными источниками повышенной мощности).

Натриевые газоразрядные лампы обладают наивысшей эффективностью и удовлетворительной цветопередачей. Их применяют для освещения цехов большой высоты, где требования к цветопередаче невысоки.

Достоинства: высокая световая отдача (80 – 150 лм/Вт); большой срок службы (16 000 – 28 000 ч); одна лампа ДНаТ мощностью 250 Вт заменяет по световому потоку две лампы ДРЛ мощностью 250 Вт или три лампы накаливания мощностью по 500 Вт.

Недостатки: низкая цветопередача, поэтому в первую очередь они применяются для освещения автомагистралей, туннелей, протяженных складских помещений, растений в теплицах, в архитектурной подсветке и для освещения больших открытых пространств.

Целью **нормирования освещения** является создание в освещаемом помещении световой среды, обеспечивающей светотехническую эффективность систем освещения с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда, техники безопасности и т. п. при минимальных затратах электроэнергии и других материальных ресурсов. Световая (цветосветовая) среда помещения определяется спектральными характеристиками и распределением во времени и пространстве прямых и отраженных световых потоков, излучаемых источниками света, и ее психофизиологическое действие оценивается по критериям, характеризующим общее состояние человека. Нормирование искусственного, естественного и совмещенного освещения осуществляется по СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Естественное освещение. Вследствие непостоянства естественное освещение в течение дня и в различное время года нормируется по относительной величине – коэффициенту естественной освещенности КЕО (е). *КЕО* – это отношение естественной освещенности, создаваемой в заданной точке внутри помещения светом неба E_B, к освещенности горизонтальной поверхности, создаваемой в то же время светом полностью открытого небосвода $E_н$:

$$e = (E_B / E_н) \cdot 100\ \%. \qquad (5.14)$$

Нормируемое значение КЕО $e_н$ определяется в зависимости от характеристики зрительной работы и системы освещения. Для учета особенностей светового климата в разных районах Российской Федерации КЕО следует определять по формуле:

$$e_N = e_н \cdot m_N, \qquad (5.15)$$

где e_N – номер группы обеспеченности естественным светом; $e_н$ – нормированное значение КЕО; m_N – коэффициент светового климата.

Величина N зависит от ориентации световых проемов по сторонам горизонта, m_N зависит от номера группы административного района. При одностороннем боковом естественном освещении нормируется КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1,0 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (как правило, 0,8 м от пола). При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещений и условной рабочей поверхности. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1,0 м от поверхности стен или перегородок.

Искусственное освещение. В действующих нормах установлены количественные величины – минимальная освещенность E, а также качественные – показатель ослепленности P и коэффициент пульсации $КП$. Абсолютное значение уровня освещенности E нормируется в зависимости от характеристики зрительной работы, которая определяется линейным размером объекта различения, контрастом между объектом различения и фоном, характеристикой фона, типом источника света и системы освещения.

Для промышленных условий установлено восемь разрядов зрительной работы (строительные нормы и правила СНиП 23-05-95), которые зависят от наименьшего или эквивалентного размера объекта различения: I – работа наивысшей точности, II – очень высокой, III – высокой, IV – средней, V – малой точности, VI – грубая работа (очень малой точности), VII – работа с самосветящимися объектами и изделиями в горячих цехах, VIII – общее наблюдение за ходом производственного процесса и общее наблюдение за инженерными коммуникациями (табл. 5.3).

Подразряды зрительной работы зависят от контраста объекта с фоном и характеристики фона, например подразряд «а» означает малый контраст и темный фон.

Таблица 5.3

Нормы освещенности производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Характер фона	Искусственное освещение. Освещенность, лк: При комбинированном освещении	Искусственное освещение. Освещенность, лк: При общем освещении
1	2	3	4	5	6	7	8
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	– –
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	1250 1000
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2500	750 600
			г	Средний Большой	Светлый Средний	1500 1250	400 300
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	Малый	Темный	4000 3500	– –
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	750 600
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	500 400
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	1000 750	300 200
Высокой точности	Св. 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000 1500	500 400
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	300 200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	400	200
Средней точности	Св. 0,5 до 1	IV	а	Малый	Темный	750	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	–	200

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	–	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	–	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	–	200
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	200
Работа со светящимися материалами, изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		–	200
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании общее наблюдение за инженерными коммуникациями	–	VIII	а	«		–	200
			б	«		–	75
			в	«		–	50
			г	«		–	30

Для непромышленных и бытовых условий принята следующая характеристика зрительной работы: различение объектов при фиксированной и нефиксированной линиях зрения (А – очень высокой точности, Б – высокой точности и В – средней точности), обзор окружающего пространства при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов независимо от размера объекта различения (Г – при высокой насыщенности, Д – при нормальной насыщенности и Е – при низкой насыщенности помещений светом), общая ориентировка в пространстве интерьера — Ж и общая ориентировка в зонах передвижения – З.

Одной из характеристик зрительной работы является объект различения. Это рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы. Как правило,

этот параметр используется при условии, что объект различения расположен на расстоянии не более 0,5 м до глаз.

Количественной характеристикой освещения является освещенность рабочей поверхности, на которой непосредственно расположены объекты различения. Она нормируется в зависимости от отражающих свойств, точности и сложности зрительной работы.

Нормированные значения освещенности, отличающиеся на одну ступень, принимаются по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1 000; 1 250; 1500; 2 000; 2 500; 3 000; 3 500; 4 000; 4 500; 5 000 лк. Повышение или понижение освещенности на одну или две ступени необходимо в некоторых частных случаях, определяемых в СНиП 23-05-95. Условия зрительной работы зависят не только от освещенности, но и от качества освещения. Поэтому в нормативах всех стран приводятся требования к разным характеристикам качества освещения.

Нормирование слепящего действия. Рекомендации МКО и ряда стран дают понятие физиологической слепимости (ослепленности) и психологической слепимости (дискомфорта). Оценка ослепленности позволяет принять меры для избежания дискомфорта или ухудшения видимости в прямой или в косвенной зоне зрения. В России в качестве оценки слепящего действия промышленного освещения используется показатель ослепленности, который может находиться в диапазоне от 10 или 20 – для работ наивысшей и очень высокой точности, до 40 – для работ более низкой точности. Этот показатель при любой системе освещения регламентируется только для общего освещения.

Метод оценивания дискомфорта при слепящем действии источников света в ряде стран и в России используется для нормирования слепящего действия в помещениях общественных зданий. Показатель дискомфорта может быть от 40...60 при точных зрительных работах до 90 или не регламентироваться вообще при грубых зрительных работах. В спальных комнатах детских садов, яслей или санаториев, в дисплейных классах и т.д. при выполнении зрительных работ в помещениях с повышенными требованиями к качеству освещения показатель дискомфорта составляет 15...25. Он не ограничивается для помещений, длина которых не превышает двойной высоты установки светильников над полом.

Нормирование неравномерности распределения яркости и освещенности в поле зрения. Рекомендации для этих видов нормирования достаточно близки между собой и могут быть сформулированы следующим образом. Центральная часть поля зрения, где производится

зрительная работа, не должна быть темнее окружения или много светлее его. В обоих случаях снижается видимость объекта различения, отвлекается внимание, появляются повышенное утомление и дискомфорт. В то же время яркость поля зрения не должна быть полностью равномерна, это вызывает неприятное ощущение монотонности. Наилучший вариант, когда яркость окружения немного меньше яркости центра. В ряде стран, в том числе и в России, приводится соотношение освещенности от общего и от местного освещения, причем общее освещение в системе комбинированного освещения должно создавать освещенность не менее 10... 20 % суммарного значения, но не менее 140... 160 лк. При этом при выполнении зрительной работы средней и малой точностей, когда суммарная освещенность не превышает 300 лк, доля освещенности от общего освещения поднимается до 50...70 %. В производственных помещениях доля общего освещения должна быть не менее 10 % и освещенность должна быть не менее 200 лк при газоразрядных лампах и не менее 75 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность от общего освещения в системе комбинированного более 500 лк при разрядных лампах и более 150 лк при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований этого.

В помещении без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения, следует повышать на одну ступень. Отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать для работ I —III разрядов при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света 1,5, для работ разрядов IV-VII – 1,5 и 2,0 соответственно. Освещение проходов или участков, в которых работа не производится, должно составлять не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не ниже 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

Ограничение пульсации светового потока. Работа в условиях пульсирующей освещенности снижает работоспособность органа зрения, вызывает повышенное утомление, головные боли и т.д.

Значение коэффициента пульсации регламентируется в зависимости от точности зрительной работы и наличия в поле зрения движущихся или вращающихся объектов. Согласно СНиП 23-05-95 коэффициент пульсации может составлять от 10 до 20...40 % для промышленных предприятий и от 10 до 15...20 % для жилых, общественных и административно-бытовых зданий. Специальные, более жесткие требования к коэффициенту пульсации, который не должен превышать 5 %, предъявляются санитарно-эпидемиологическими нормативами

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 только для работ с видеодисплейными терминалами персональных ЭВМ. При питании источников света током частотой 300 Гц и более, например за счет использования различных высокочастотных пускорегулирующих аппаратов, коэффициент пульсации не определяется и не нормируется.

Коэффициент естественного освещения. В зависимости от характера зрительной работы при совмещенном освещении КЕО для промышленных предприятий может быть от 6,0 или 2,0 % для работ наивысшей точности до 0,2 или 0,1 % при наблюдении за коммуникациями при использовании верхнего и комбинированного освещения или при боковом освещении соответственно. Для помещений жилых и общественных зданий КЕО может быть от 4,0 или 1,5 % для работ высокой точности до 2,0 или 0,5 % при низкой насыщенности помещения светом и кратковременном различении объектов во время обзора окружающего пространства соответственно при верхнем и боковом или только при боковом освещении. КЕО менее точных работ не нормируется.

Требования к спектральному составу излучения. В нормах разных стран большое внимание уделяется созданию благоприятного цветового климата в помещении, особенно при выполнении точных зрительных работ. В зависимости от нормируемой освещенности и требований к цветопередаче в СНиП 23-05-95 даются рекомендации по выбору индекса цветопередачи, цветовой температуры с перечислением конкретных типов источников света.

Комплексный показатель (КП) светоцветовой среды. В качестве КП, %, принята относительная производительность труда, зависящая от яркости рабочей поверхности и качества освещения. Комплексный показатель определяется как произведение относительных уровней производительности труда в функции яркости рабочей поверхности при идеальном качестве освещения $П_L$ и производительности труда в функции качества освещения при оптимальной яркости $П_q$: $КП = 100П_L/П_q$. Значения КП лежат в пределах 88... 97 % в зависимости от системы освещения, разряда и подразряда зрительной работы. Иными словами, допускается получить производительность труда в пределах 0,88...0,97 максимально возможного уровня, имеющего место при оптимальных условиях освещения. Предполагается, что с учетом строгой экономии электроэнергии для систем комбинированного освещения КП = 95 %, для систем общего освещения КП = 85...95 %. Признано целесообразным использовать КП светоцветовой среды только для зрительных работ разрядов Iа – IIIа, так как для более грубых работ снижение освещенности ниже 200 лк недопустимо по гиги-

еническим соображениям. Требования к освещению помещений промышленных предприятий (КЕО, нормируемая освещенность, допустимые сочетания показателей ослепленности и коэффициента пульсации освещенности), а также жилых, общественных и административно-бытовых зданий (КЕО, нормируемая освещенность, цилиндрическая освещенность, показатель дискомфорта и коэффициент пульсации освещенности) приведены в СНиП 23-05-95 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Учет возраста. В СНиП 23-05-95 предусмотрено, что в случае, если половина или более работающих в помещении – люди старше 40 лет, уровень освещенности должен быть повышен на одну ступень по сравнению с табличной величиной. С возрастом острота зрения падает и это требует повышения уровня освещенности

Учет времени работы. В СНиП 23-05-95 предусмотрено повышение освещенности на одну ступень, если зрительная работа I –IV разрядов выполняется более половины рабочего дня.

Разработка оптимального освещения преследует три главные цели (при зримом воздействии на органы зрения):

- создание оптимальных условий для работы зрения;
- обеспечение зрительного комфорта;
- обеспечение эстетичности восприятия помещения.

Кроме этого следует учитывать незримое воздействие света и создавать стимулирующее освещение, повышающее умственную деятельность и производительность труда. Так, увеличение освещенности с необходимого минимума до значения, превышающего его в 3-4 раза, может привести к улучшению работоспособности, увеличению производительности труда и длительности непрерывной работы в 2-3 раза.

Освещение, цвет света, цветопередача и выбор цвета в помещении должны соответствовать друг другу, что осуществляется тщательным подбором. Комбинации указанных параметров создают цветовой климат. Для достижения равноценных условий комфорта в части освещения следует сочетать с более яркими цветами не «теплые», а «холодные» источники. Яркие цвета создают впечатление приятности и освещенности и обеспечивают спокойствие несмотря на то, что они вносят в помещение большее количество света. Темные цвета могут создавать мрачный и депрессионный эффект.

Для местного освещения рабочих мест рекомендуется использовать светильники с непросвечивающими отражателями, располагаемые таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом и на других рабочих местах.

Местное освещение при работе с трехмерными объектами различения выполняется:

- при диффузном отражении фона – светильником, отношение наибольшего линейного размера светящей поверхности которого к высоте расположения ее над рабочей поверхностью составляет не более 0,4 при направлении оптической оси в центр рабочей поверхности под углом не менее 30° к вертикали;

- при направленно-рассеянном и смешанном отражениях фона – светильником, отношение наименьшего линейного размера светящей поверхности которого к высоте расположения ее над рабочей поверхностью составляет не менее 0,5, а ее яркость — от 2 500 до 4 000 кд/м^2. Яркость рабочей поверхности не должна превышать 2 000, 1 500, 1 000, 750 и 500 кд/м^2 при площади рабочей поверхности соответственно менее 10^{-4}, 10^{-4}... 10^{-3}, 10^{-3}...10^{-2}, 10^{-2}... 10^{-1} и более 10^{-1} м^2.

Для приближенного расчета числа светильников n на стадии предварительного проектирования можно использовать формулу:

$$n = E_{cp} S K_з / (\Phi \eta), \qquad (5.13)$$

где E_{cp} – требуемая средняя освещенность, лк; S – площадь помещения, м^2; $K_З$ – коэффициент запаса; Φ – световой поток от светильника, лм; η – коэффициент использования, зависящий от индекса помещения и отражающих свойств его поверхностей.

К примеру, при требуемом уровне освещенности 300...400 лк для выполнения зрительной работы малой или средней точности, а также при работе за ПК в помещении площадью 30 м^2 определим необходимое число светильников, имеющих по 4 люминесцентные лампы холодного белого цвета мощностью по 18 Вт с общим световым потоком 4·1 150 лм при $K_З$ = 1,3; η = 0,5; n = (300...400) · 30 · 1,3/(4600 · 0,5) = 5...6 шт.

Уровень освещенности обычно определяется (и затем проверяется) на горизонтальной поверхности на высоте 0,8 м от пола – для рабочих мест и на высоте 0,2 м – для проходов. При этом коэффициент равномерности освещенности не должен быть ниже 0,8, а отношение между значениями освещенности любых двух смежных помещений не должно превышать 5:1.

5.3. Эргономика и техническая эстетика

Внешняя среда, окружающая человека на производстве, влияет на организм человека, на его физиологические функции, психику, производительность труда.

Проблемами приспособления производственной среды к возможностям человеческого организма занимается наука эргономика. *Эргономика* изучает систему «человек – орудие труда – производственная среда» и ставит своей задачей разработать рекомендации по ее оптимизации. Оптимизация этого процесса предполагает поставить человека в наиболее благоприятные условия при выполнении функциональных задач. Она включает разработку научно обоснованных организационно-технических требований и решений к орудиям и процессам труда, окружающей среде с учетом особенностей человека: физических, психологических и антропометрических. Эргономика использует рекомендации таких наук, как биология, психология, физиология, гигиена труда, химия, физика, математика, кибернетика и др. Роль эргономики с каждым годом возрастает, особенно в период внедрения механизации и автоматизации технологических процессов.

Для оценки качества производственной среды используются следующие эргономические показатели:

- гигиенические – уровень освещенности, температура, влажность, давление, запыленность, шум, радиация, вибрация и др.;
- антропометрические – соответствие изделий антропометрическим свойствам человека (размеры, форма). Эта группа показателей должна обеспечивать рациональную и удобную позу, правильную осанку, оптимальную хватку руки и т. д., предохранять человека от быстрого утомления;
- физиологические – определяют соответствие изделия особенностям функционирования органов чувств человека. Они влияют на объем и скорость рабочих движений человека, объем зрительной, слуховой, тактильной (осязательной), вкусовой и обонятельной информации, поступающей через органы чувств;
- психологические – соответствие изделия психологическим особенностям человека.

Психологические показатели характеризуют соответствие изделия закрепленным и вновь формируемым навыкам человека, возможностям восприятия и переработки человеком информации Диапазон техники, где необходим учет эргономических требований, весьма широк: от средств транспорта и сложных систем управления до потребительских товаров. В последнее время все больше внимания уделяется

проблемам эстетики сферы труда и перестройки производственной среды на эстетических началах. Важное значение для улучшения условий труда имеет производственная и техническая эстетика. Производственная эстетика включает планировочную, строительно-оформительскую и технологическую эстетику.

Планировочная эстетика включает структуру, размеры, размещение и взаимосвязь помещений. Она должна разработать кратчайшие пути перемещения людей, транспортных средств, создать условия для внедрения прогрессивной технологии и повышения производительности труда.

Строительно-оформительская эстетика решает вопросы освещения, окраски стен, потолков, полов и других элементов, озеленения, художественно-эстетической обстановки в помещениях.

Технологическая эстетика предусматривает подбор и размещение оборудования, проходов, коммуникационных линий и т. п.

Правильное решение комплекса вопросов производственной эстетики благоприятно воздействует на организм человека, исключает причины травматизма и профессиональных заболеваний, повышает производительность труда и культуру производства.

Техническая эстетика предусматривает конструирование и эксплуатацию оборудования, приспособлений, инструмента и включает: архитектонику (учет форм, пропорций, гармоничность планировки); безопасность и безвредность работы (ограждение опасных зон, предохранительные устройства).

5.4. Организация рабочего места

Рабочая зона – пространство над рабочей площадкой, ограниченное высотой 2 м, в котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Рабочее место – часть рабочей зоны; оно представляет собой место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

Находясь на своем рабочем месте, т.е. в производственной среде, человек может подвергаться действию целого ряда опасных и (или) вредных производственных факторов, от действия которых он должен быть максимально защищен. В соответствии с ГОСТ 12.2.061-81 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» рабочее оборудование, инструмент, приспособления должно полностью отвечать требованиям безопасности, окружающая производственная среда соответствовать санитарно-гигиеническим

требованиям и, кроме того, рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы человек при выполнении работы затрачивал минимальное количество энергии.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать ряду требований: характеру работы, антропологическим, физиологическим и психологическим данным работающего.

При работе сидя существуют три зоны, в которых располагаются органы управления (рис. 5.12): оптимальная зона – частота операций в ней две и более в минуту; зона легкой досягаемости – операции выполняются часто (менее двух операций в минуту, но более двух операций в час); зона досягаемости – операции выполняются редко (не более двух операций в час).

Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля. Напомним, что частоту выполнения операций принимают: «очень часто» – две и более операций в 1 мин; «часто» – менее двух операций в 1 мин, но более двух операций в час и «редко» – не более двух операций в час.

При проектировании оборудования и рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины): если оборудование обслуживают женщины и мужчины – общие средние показатели женщин и мужчин.

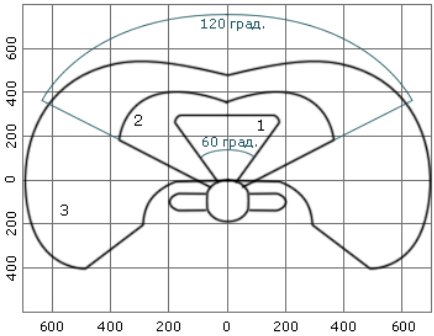

Рис. 5.12. Зоны расположения органов управления:
1 – оптимальная зона; *2* – зона легкой досягаемости;
3 – зона досягаемости

Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности и пространства для ног;

- высоты сидения и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности).

Рабочее место для выполнения работ стоя (ГОСТ 12.2.033-78) организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя ГОСТ содержит общие требования к конструкции оборудования, размерным характеристикам рабочего места, взаимному расположению элементов рабочего места, органов управления, средств отображения информации и т.д.

При организации рабочего места должна учитываться необходимость обеспечения работника средствами индивидуальной защиты с учетом условия выполнения работ.

Требования к организации и оборудованию рабочих мест:

1. Рабочие места по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева.

2. Расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного монитора и экрана другого) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

3. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

4. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности оборудования.

5. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

6. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров знаков и символов.

7. Рабочее место должно быть оснащено пюпитром для документов.

8. Стол преподавателя с ПЭВМ и двумя тумбами-приставками для размещения принтера должны устанавливаться на подиуме.

9. Цветной демонстрационный телевизор (экран по диагонали 61 см) следует располагать слева от классной доски и монтировать на кронштейне на высоте 1,5 м от пола, при этом расстояние от экрана до рабочих мест учащихся должно быть не менее 3,0 м.

10. Высота края стола, обращенного к работающему с ПЭВМ, и высота пространства для ног должна соответствовать росту учащихся и студентов в обуви.

11. Уровень глаз при вертикально расположенном экране должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна экрану и оптимальное ее отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать 5 градусов, допустимое 10 градусов.

5.5. Экобиозащитная техника

Экобиозащитная техника – аппараты, устройства и системы, предназначенные для предотвращения загрязнения воздуха, охраны чистоты вод, почв, для защиты от шума, электромагнитных загрязнения и радиоактивных отходов. Если при совершенствовании технических систем не удается обеспечить предельно допустимые воздействия на человека вредных факторов в зоне его пребывания, то необходимо применять экобиозащитную технику. Общая классификация экобиозащитной техники приведена на рис. 5.13.

Рис. 5.13. Классификация экобиозащитной техники

Принципиальная схема использования экобиозащитной техники показана на рис. 5.14. Средства коллективной защиты работающих от действия вредных факторов должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть достаточно прочными, простыми в изготовлении и применении;
- исключать возможность травмирования;
- не мешать при работе, техническом обслуживании, ремонте;
- иметь надежную фиксацию в заданном положении.

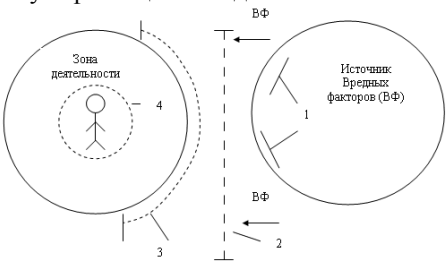

Рис. 5.14. Варианты использования экобиозащитной техники:
1 – устройства, входящие в состав источника воздействия ВФ; *2* – устройства, устанавливаемые между источником ВФ и зоной деятельности; *3* – устройства для защиты зоны деятельности; *4* – средства индивидуальной защиты

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое микроклимат производственных помещений? Перечислите параметры микроклимата
2. Какая существует взаимосвязь между самочувствием человека и состоянием микроклимата производственной среды?
3. Дайте определение оптимальных и допустимых параметров микроклимата.
4. Какие санитарно-гигиенические мероприятия позволяют создавать и поддерживать микроклимат рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТов и санитарных норм?
5. Системы отопления, кондиционирование воздуха.
6. Перечислите основные виды вентиляции.
7. Воздушно-тепловая завеса. Назначение и принцип действия.
8. Назовите виды производственного освещения. Влияние освещения на организм человека. Выбор источников света и светильников.
9. Нормирование и организация производственного освещения.
10. Что такое эргономика и техническая эстетика?
11. Назовите принципы организации рабочего места.
12. Перечислите виды экобиозащитной техники.

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Необходимость денежной оценки человеческой жизни

При рассмотрении экономических аспектов безопасности жизнедеятельности используют понятия:

- экономического ущерба от действия опасностей на человека и техносферу, в частности от производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

- эколого-экономического ущерба, связанного с потерей природных ресурсов, гибелью природных экосистем, естественных ландшафтов, исчезновением отдельных видов и популяций растительного и животного мира, уменьшением многообразия природного мира.

Мероприятия по защите окружающей среды, снижению уровня воздействия опасностей на человека и техносферу, обеспечению требований безопасности и улучшению условий труда, прогнозированию, предотвращению или снижению последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера оцениваются экономическим эффектом и экономической эффективностью этих мероприятий.

Экономический ущерб от действия опасностей на человека и техносферу – это затраты и потери в стоимостном выражении, возникающие за счет:

- гибели, ухудшения состояния здоровья, профессиональных и экологических заболеваний людей (при экономической оценке принято считать экономические потери, связанные с потерей обществом трудовых ресурсов (людей в работоспособном возрасте), затратами на медицинское обслуживание и лечение, выплатой страхового возмещения, оказанием ритуальных услуг, снижением производительности труда, временной нетрудоспособностью, выплатой пенсий по инвалидности и т.д.);

- более быстрого разрушения и старения основных фондов промышленности (производственного оборудования, зданий и сооружений), связанного с ростом скорости естественной коррозии при загрязнении окружающей среды;

- более быстрого разрушения и старения жилищно-коммунального хозяйства городов и поселков;

- затрат на ликвидацию последствий аварий, чрезвычайных происшествий, стихийных бедствий, восстановление объектов экономики, жилищно-коммунального хозяйства, переселение и реабилитацию населения.

Эколого-экономический ущерб – это затраты и потери в стоимостном выражении, возникающие за счет:

- снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий, связанного с загрязнением окружающей среды, затрат на освоение новых земель и улучшение плодородия земли и ее рекультивацию;
- снижения продуктивности леса и затрат на лесовосстановительные работы;
- снижения биоресурсного потенциала страны.

До недавнего времени не было научно обоснованного метода выделения затрат на защиту от чрезвычайных ситуаций природного характера. Тем не менее в развитых странах на смягчение и ликвидацию их последствий затраты выделялись и продолжают выделяться по принципу обеспечения безопасности, известному на Западе как принцип ALARA (*As low as resonably achivable*), что означает принцип разумной достаточности (снижение уровня опасности настолько, насколько это можно разумно достигнуть). В данном случае слово «разумно» предполагает такие затраты на обеспечение безопасности людей, которые государство (общество) может выделить без существенного ущерба для других сфер обеспечения безопасности жизнедеятельности людей. Дело в том, что смягчать последствия ЧС природного характера можно только путем внедрения организационных мероприятий и технических средств, на которые требуются ассигнования. Последние изымаются из ассигнований, предназначенных на насущные потребности людей, а также на обеспечение их безопасности в других сферах производства и жизнедеятельности.

У большинства людей их собственная жизнь и жизни других людей, о которых они заботятся и с кем они тесно связаны родственными и социальными узами, представляет наивысшую моральную ценность. В таких случаях говорят о бесценности человеческой жизни. Однако человек живет в материальном мире и обеспечение его безопасности связано с различными видами человеческой деятельности, которая выражается в экономических категориях. Повышая затраты на обеспечение безопасности человека, можно повышать его безопасность во всех сферах деятельности. Тогда неизбежно возникает вопрос: до какого уровня необходимо повышать безопасность человека и какие затраты считать достаточными? Обоснованный ответ на этот вопрос можно дать только в том случае, если человеческую жизнь оценить в тех же единицах, в которых оцениваются средства и способы обеспечения его безопасности – в денежных единицах, то есть установить экономический эквивалент человеческой жизни.

6.2. Экономический эквивалент человеческой жизни и метод его вычисления

Математический анализ экономического и связанного с ним физически опасного (безопасного) поведения среднестатистического человека показал, что экономический эквивалент человеческой жизни представляет собой первую производную экономического по физически безопасному $\partial З_{\delta i} / \partial P_{y\,(-)}$ или экономического по физически опасному $\partial K_{oi} / \partial P_{y\,(+)}$ поведению человека. В этих производных $\partial З_{\delta i}$ представляет дифференциал затрат, выделяемых человеком на снижение риска его гибели (смерти) от *i*-й причины с фонового значения P_y на $\partial P_{y\,(-)}$, ∂K_{oi} – дифференциал компенсации, получаемой человеком за увеличение риска его гибели (смерти) от *i*-й причины с фонового значения P_y на $\partial P_{y\,(+)}$. По формуле (6.1), с использованием соответствующих статистических данных, которые вычисляются статистическими ведомствами многих стран, можно вычислить экономический эквивалент человеческой жизни:

$$Э(Т_ж) = \frac{\partial З_{\delta i}}{\partial P_{у(-)}} = \frac{\partial K_{oi}}{\partial P_{у(+)}} = \frac{\Delta З_{\delta i}}{\Delta P_{у(-)}} = \frac{\Delta K_{oi}}{\Delta P_{у(+)}} = \frac{Д_{с2}}{P_у} \qquad (6.1)$$

где $Э(Т_ж)$ – экономический эквивалент жизни среднестатистического человека (в дальнейшем – человек) без различия пола в среднем возрасте $Т_ж$ лет; $Т_ж$ – средний возраст живущих людей; $Д_{с2}$ – среднедушевой располагаемый денежный годовой доход (среднедушевой денежный доход за вычетом обязательных платежей: налогов, квартплаты, коммунальных услуг и других финансовых обязательств; денежные доходы – доходы лиц, занятых предпринимательской деятельностью, выплаченная заработная плата наемных работников, пенсии, пособия, стипендии и другие социальные трансферты, доходы от собственности в виде процентов по вкладам, ценным бумагам, дивидендов и другие доходы); $P_у$ – фоновый риск смерти людей (уровень смертности, наблюдаемый в стране в настоящий момент времени: вероятность умереть от любой причины смерти за 1 год; в демографии этот показатель называется «общий коэффициент смертности» $K_с$); $\Delta З_{\delta i}$ – затраты, выделяемые человеком на снижение риска (вероятности) своей смерти от *i*-й причины с $P_у$ до $P_{у(-)}$ на $\Delta P_{у(-)}$; ΔK_{oi} – компенсация, выплачиваемая человеку за опасный вид деятельности, приводящей к увеличению риска (вероятности) его смерти от *i*-й причины с $P_у$ до $P_{у(+)}$ на $\Delta P_{у(+)}$.

Средний возраст живущих людей $Т_ж$ может быть выражен через плотность распределения вероятностей $f(t_ж)$ возраста $t_ж$ живущих людей, согласующегося с распределением Вейбулла-Гнеденко (по критерию согласия Пирсона при уровне значимости 0,05–0,10):

$$Т_ж = \int_0^\infty t_ж f(t_ж)dt = a \cdot \Gamma(1+\frac{1}{b}) + c,$$

$$f(t_ж) = \frac{b}{a}\left(\frac{t_ж - c}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t_ж - c}{a}\right)^b\right] \qquad (6.2)$$

a, b, c – параметры плотности распределения вероятностей возраста $t_ж$ живущих людей (вычисляются в соответствии с ГОСТ 11.007-75. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла; *a* – параметр масштаба; *b* – параметр формы; *c* – параметр сдвига; *Г* – гамма-функция (табулирована в математических справочниках):

$$\Gamma(y) = \int_0^\infty x^{y-1} e^{-x} dx \qquad (6.3)$$

Экономический эквивалент $Э_o$ жизни новорожденного человека:

$$Э_о = \frac{Э(Т_ж)}{exp\left[-\left(\frac{Т_ж - c}{a}\right)^b\right]} \qquad (6.4)$$

Экономический эквивалент $Э(t_ж)$ жизни человека возраста $t_ж$ лет:

$$Э(t_ж) = Э_о\, exp\left[-\left(\frac{t_ж - c}{a}\right)^b\right] \qquad (6.5)$$

6.3. Физический смысл экономического эквивалента человеческой жизни

С учетом того, что фоновый риск смерти людей $P_у$ представляет собой общий коэффициент смертности K_c, формулу (6.5) можно выразить следующим образом:

$$Э(Т_{ж}) = \frac{Д_{c2}}{К_{c}}, \qquad (6.6)$$

где

$$K_c = \frac{\textit{Число людей, умерших в стране за 1 год от всех причин смерти}}{\textit{Среднегодовая численность населения страны}}$$

Подставляя K_c в формулу получаем:

$$Э(Т_{ж}) = \frac{Д_{c2} \cdot (\textit{Среднегодовая численность населения страны})}{\textit{Число людей, умерших в стране за 1 год от всех причин смерти}}$$

Таким образом, физический смысл экономического эквивалента жизни среднестатистического человека без различия пола в среднем возрасте $T_{ж}$ лет представляет собой сумму среднедушевых располагаемых денежных годовых доходов населения страны в расчете на одного умершего ($Д_{c2}$ – среднедушевой располагаемый денежный годовой доход).

Экономический эквивалент жизни $Э(t_{жк})$ среднестатистического человека определенного контингента людей среднего возраста $t_{жк}$, считающего приемлемым компенсацию ΔK_{oi} за опасный вид деятельности, увеличивающей риск смерти от i-й причины на $\Delta Ру$ равен

$$Э(t_{жк}) = \frac{\Delta K_{0i}}{\Delta P_{у(+)}}, \qquad (6.7)$$

$$\Delta P_{у(+)} = \frac{\textit{Число людей, погибающих от опасного вида деятельности за единицу времени}}{\textit{Число людей, подвергаемых риску гибели от опасного вида деятельности за единицу времени}}$$

Тогда

$$Э(t_{жк}) = \frac{\Delta K_{oi}\left(\textit{Число людей, подвергаемых риску гибели от опасного вида деятельности за единицу времени}\right)}{\textit{Число людей, погибающих от опасного вида деятельности за единицу времени}}$$

Таким образом, физический смысл экономического эквивалента жизни среднестатистического человека определенного контингента людей, подвергаемого риску гибели от опасного вида деятельности, представляет собой суммарную компенсацию, выплачиваемую этому контингенту в расчете на одного погибшего человека (ΔK_{oi} – компенсация, выплачиваемая одному среднестатистическому человеку, подвергаемого риску гибели).

Экономический эквивалент жизни $Э(t_{жз})$ среднестатистического человека определенного контингента людей среднего возраста $t_{жз}$, считающего возможным выделение затрат $\Delta З_{\delta i}$ на уменьшение риска своей смерти от i-й причины на $\Delta P_{у(-)}$ равен

$$Э\left(t_{жз}\right) = \frac{\Delta З_{\delta i}}{\Delta P_{у(-)}},$$

$$\Delta P_{у(-)} = \frac{\text{Число людей, спасаемых от смерти от } i\text{-й причины за единицу времени}}{\text{Число людей, подвергаемых риску смерти от } i\text{-й причины за единицу времени}}.$$

Тогда

$$Э(t_{жз}) = \frac{\Delta З_{\delta i} \cdot (\text{Число людей, подвергаемых риску смерти от } i\text{-й причины за единицу времени})}{\text{Число людей, спасаемых от смерти от } i\text{-й причины за единицу времени}}.$$

Таким образом, физический смысл экономического эквивалента жизни среднестатистического человека определенного контингента людей, выделяющего затраты на уменьшение риска своей смерти от i-й причины, представляет собой суммарные затраты, выделяемые этим контингентом в расчете на одного спасенного от смерти человека ($\Delta З_{\delta i}$– затраты, выделяемые одним среднестатистическим человеком).

6.4. Последовательность вычислений экономического эквивалента человеческой жизни

В табл. 6.1 представлены численные значения экономического эквивалента человеческой жизни. $Д_{c2}$ и $P_у = K_с$ взяты из статистических сборников соответствующих стран. Параметры a, b, c вычислены по

статистическим данным о возрастной структуре населения. Вычисления производятся в следующей последовательности.

Таблица 6.1

Экономический эквивалент человеческой жизни

Параметры		Страна, год		
Условное обозначение	Наименование	Россия, 2006	Велико-британия, 2005	США, 2004
$Д_{c2}$	Среднедушевой располагаемый денежный годовой доход (для евро - по паритету покупательной способности)	104 832 рублей	24 715 евро	34 675 дол-ров
$P_у$	Фоновый риск смерти людей (общий коэффициент смертности $К_c$)	0,0152	0,0097	0,0084
$Т_ж$	Средний возраст живущих людей (годы)	38,46	36,79	35,83
a b c	Параметры плотности распределения вероятностей возраста живущих людей: параметр масштаба параметр формы параметр сдвига	43,31 1,86 0	40,97 1,58 0	39,82 1,55 0
$Э(Т_ж)$	Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека возраста $Т_ж$: в национальных денежных единицах (млн.) в евро (млн.) по обменному курсу	6,90 0,20	2,55	4,13 3,33
$Э(t_ж)$ $Э_0$ $Э_{10}$ $Э_{20}$ $Э_{30}$ $Э_{40}$ $Э_{50}$ $Э_{60}$ $Э_{70}$ $Э_{80}$ $Э_{90}$ $Э_{100}$	Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека в возрасте $t_ж$ лет (млн. национальных денежных единиц) 0 лет 10 лет 20 лет 30 лет 40 лет 50 лет 60 лет 70 лет 80 лет 90 лет 100 лет	15,38 14,40 12,12 9,28 6,49 4,16 2,46 1,34 0,67 0,31 0,13	5,93 5,32 4,29 3,22 2,26 1,51 0,95 0,58 0,33 0,18 0,09	9,65 8,58 6,84 5,06 3,53 2,33 1,46 0,88 0,51 0,28 0,15
	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (годы)	65,6	78,6	77,7

Средний возраст $Т_ж$ живущих людей в России составляет:

$$Т_ж = a \cdot \Gamma\left[1+\frac{1}{b}\right]+c = 43,31 \cdot \Gamma\left[1+\frac{1}{1,86}\right]+0 = 43,31 \cdot 0,888 + 0 = 38,45 \text{ лет.}$$

Экономический эквивалент *Э(Тж)* жизни среднестатистического человека без различия пола в среднем возрасте $Т_ж$ лет составляет:

$$Э(Т_ж) = \frac{Д_{c2}}{P_y} = \frac{104832}{0,0152} = 6\ 896\ 840 \text{ руб.}$$

Экономический эквивалент $Э_o$ жизни новорожденного составляет:

$$Э_0 = \frac{Э(Т_ж)}{\exp\left[-\left(\frac{Т_ж - c}{a}\right)^b\right]} = \frac{6896840}{\exp\left[-\left(\frac{38,45-0}{43,31}\right)^{1,86}\right]} = 15\ 376\ 780 \text{ руб.}$$

Экономический эквивалент $Э_{10}$ жизни среднестатистического человека в возрасте $t_ж$ = 10 лет составляет:

$$Э_{10} = Э_0 \exp\left[-\left(\frac{t_ж - c}{a}\right)^b\right] = 15\ 376\ 780 \exp\left[-\left(\frac{10-0}{43,31}\right)^{1,86}\right] = 14\ 402\ 540 \text{ руб.}$$

Аналогично вычисляются экономические эквиваленты жизни среднестатистических людей других возрастов.

6.5. Пример оценки затрат на смягчение последствий землетрясений

Планируется строительство здания школы с номинальной численностью учеников вместе с обслуживающим персоналом N = 1000 человек в зоне сейсмического риска, где землетрясения с магнитудой 8 происходят в среднем 1 раз в Т = 1000 лет. Срок службы здания t = 100 лет. Ожидаемое число погибших при таком землетрясении составляет 90 % от номинальной численности людей, если здание школы построено без учета сейсмического риска. Средний

возраст учеников вместе с обслуживающим персоналом составляет $t_ж$ = 14 лет. Люди находятся в здании в среднем 8 ч в сутки. Требуется оценить дополнительные суммарные затраты, которые следует выделить на проектирование, строительство и эксплуатацию здания в течение срока его службы, чтобы учесть сейсмический риск, т. е. чтобы построить здание, в котором риск гибели людей при землетрясении был снижен до приемлемого уровня.

Решение.

1. Вычисляем экономический эквивалент Э($Т_ж$) жизни среднестатистического человека без различия пола в среднем возрасте $Т_ж$ лет:

$$Э(Т_ж) = \frac{Д_{с2}}{P_y} = \frac{104832}{0{,}0152} = 6896840 \text{ руб.}$$

2.Вычисляем экономический эквивалент $Э_о$ жизни новорожденного:

$$Э_о = \frac{Э(Т_ж)}{exp\left[-\left(\frac{Т_ж - c}{a}\right)^b\right]} = \frac{6896840}{exp\left[-\left(\frac{38{,}45-0}{43{,}31}\right)^{1{,}86}\right]} = 15376780 \text{ руб.}$$

3. Вычисляем экономический эквивалент $Э_{14}$ жизни среднестатистического человека в возрасте $t_ж$=14 лет:

$$Э_{14} = Э_о\, exp\left[-\left(\frac{t_ж - c}{a}\right)^b\right] = 15376780 \cdot exp\left[-\left(\frac{14-0}{43{,}31}\right)^{1{,}86}\right] = 13605421 \text{ руб.}$$

4. Вероятность P землетрясения с магнитудой 8 за срок службы здания t = 100 лет вычисляем по известной формуле:

$$P = 1\text{-}e^{-t/T} = 1\text{-}e^{-100/1000} = 0{,}095.$$

5. Среднее ожидаемое число погибших $N_п$ людей за срок службы здания, если оно будет построено без учета сейсмического риска (при этом по условию 90 % людей погибает):

$$N_п = N \cdot 0{,}9 \cdot 8/24 \cdot p = 1000 \cdot 0{,}9 \cdot 8/24 \cdot 0{,}095 = 28 \text{ человек.}$$

где 0,9 = 90 %; 8/24 – вероятность того, что землетрясение застигнет людей в здании; 8 – время нахождения людей в здании в сутки; 24 – количество часов в сутках.

6. Суммарный экономический эквивалент ΣЭ жизней погибших 28 чел. Составит:

$$\Sigma Э = Э_{14} \cdot N_п = 13\ 605\ 421 \text{ руб.} \cdot 28 = 380\ 951\ 788 \text{ руб.}$$

Это верхний предел дополнительных суммарных затрат, которые следует выделить на проектирование, строительство и эксплуатацию здания школы для снижения вероятности гибели людей при землетрясении.

Больше этой суммы выделять нецелесообразно, так как дополнительные затраты будут изыматься из других сфер обеспечения безопасности жизнедеятельности людей, в которых риски гибели людей, в случае превышения указанной суммы, начнут заметно увеличиваться. Риск гибели людей в здании школы при землетрясении будет и допустимым и приемлемым, так как он базируется на экономическом эквиваленте человеческой жизни.

Вопросы для самоконтроля

1. Экономический ущерб от действия опасностей на человека и техносферу.
2. Метод вычисления экономического эквивалента человеческой жизни.
3. Физический смысл экономического эквивалента человеческой жизни.
4. Принцип обеспечения безопасности ALARA.
5. Что входит в понятие эколого-экономический ущерб?

ГЛАВА 7. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В условиях создания правового государства, ликвидации административно-командной системы, перехода к рыночной экономике складывающиеся общественные и производственные отношения должны подвергаться законодательному регулированию.

Должна быть обеспечена надежная социально-правовая база для юридического закрепления системы норм и принципов обеспечения промышленно-технической, экологической безопасности – тем, что принято понимать под безопасностью жизнедеятельности. Изменение экономической системы в стране привело к тому, что очень многие сферы деятельности, которые раньше находились исключительно в ведении государства, ныне перешли в негосударственный сектор.

Знание наличия и требований законодательно-правовой базы в этой сфере является настоятельной необходимостью для специалистов, населения, управляющих структур, общественных организаций, связанных с природоохранной деятельностью, защитой здоровья человека и природы от техногенной опасности.

Нормативно-правовая база обеспечения безопасности жизнедеятельности регламентирует обязанности и права государственных органов, общественных организаций, должностных лиц и всех граждан, закрепляет и регулирует структуру и назначение специальных органов управления в области защиты от ЧС, определяет ответственность всех уровней власти и граждан. Она направлена на то, чтобы каждый гражданин страны знал основные положения законодательства и был защищен им, чтобы его жизненная позиция, повседневное поведение строго соответствовали правовым нормам.

7.1. Основные положения законодательства Российской Федерации в области охраны природной окружающей среды

Государственная политика РФ в области экологии изложена в Экологической доктрине РФ, одобренной Правительством РФ в 2002 г. В соответствии с этим документом к числу основных факторов деградации природной среды Российской Федерации относятся: преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре экономики, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды; низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие

рентных платежей за пользование природными ресурсами; низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных фондов; низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

Основным законодательным актом Российской Федерации в области экологии является Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», который затем неоднократно изменялся и дополнялся. Этот закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивает сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов. Он регулирует проблемы взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Отношения, возникающие в области охраны и рационального использования природных ресурсов, их сохранения и восстановления, регулируются международными договорами Российской Федерации, земельным, водным, лесным законодательством, законодательством о недрах, животном мире, иным законодательством в области охраны окружающей среды и природопользования.

Среди принципов охраны среды отмечены: платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде; презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности; обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной деятельности; приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов; обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности, что может быть достигнуто на основе использования наилучших существующих технологий; запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов.

Объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия являются земли, недра, почвы; поверхностные и подземные воды; леса

и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд; атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

Большая часть стандартов, имеющих отношение к защите окружающей среды, входят в систему стандартов в области охраны природы (кодовый номер 17).

Структура обозначения стандартов ССОП имеет вид: ГОСТ 17.X.Y.ZZ – YY (для стандартов, зарегистрированных начиная с 2000 г. – ГОСТ 17.X.Y.ZZ – YYYY). Здесь X – номер группы стандартов; Y – номер вида стандартов; ZZ – порядковый номер стандарта (двузначный, с лидирующим нулем для номеров 1 – 9); YY или YYYY – год регистрации стандарта.

Система стандартов в области охраны природы состоит из 10 комплексов стандартов. Каждый комплекс стандартов, начиная с комплекса «гидросфера» и кончая комплексом «недра», включает в себя восемь групп стандартов, табл. 7.1. и 7.2.

Таблица 7.1

Комплекс стандартов в области защиты окружающей среды

Номер комплекса	Наименование	Кодовое наименование
0	Организационно-методические стандарты ССОП	Основные положения
1	Стандарты в области охраны и рационального использования вод	Гидросфера
2	Стандарты в области защиты атмосферы	Атмосфера
3	Стандарты в области охраны и рационального использования почв	Почвы
4	Стандарты в области улучшения использования земель	Земли
5	Стандарты в области охраны флоры	Флора
6	Стандарты в области охраны фауны	Фауна
8	Стандарты в области охраны и рационального использования недр	Недра

СНиПы в области охраны окружающей среды делят по назначению на:

1) общие требования охраны окружающей среды при проектировании и строительстве объектов;

2) нормы и правила по охране и отводу земель;

3) нормы и правила по охране вод и предупреждения вредного воздействия на них строительства объектов;

4) нормы и правила по охране атмосферного воздуха и вредных физических воздействий на него при строительстве объектов;

5) требования охраны окружающей среды при строительстве транспортных сооружений;

6) нормы и правила по рациональному использованию трудовых и природных ресурсов, утилизации, переработки, обезвреживанию и захоронению токсичных отходов.

Таблица 7.2

Группы комплексов стандартов

Шифр группы	Группа стандартов
0	Основные положения
1	Термины, определения, классификация
2	Показатели качества природных сред, параметры загрязняющих выбросов и сбросов и показатели интенсивности использования природных ресурсов
3	Правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов
4	Методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий
5	Требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды
6	Требования к устройствам, аппаратам и по защите окружающей среды от загрязнений
7	Прочие стандарты

Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы регламентируют:

1) общие требования к среде обитания;

2) общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны и воздуху в населенных пунктах;

3) требования к охране поверхностных вод от загрязнения и нормированию сбросов загрязняющих веществ в водные объекты;

4) требования к санитарному состоянию почв;

5) нормы физических воздействий (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, электрические и магнитные поля, радиационные и тепловые излучения) на атмосферный воздух.

7.2. Основы законодательства Российской Федерации об охране труда

Законодательство об охране труда основывается на положениях Конституции РФ, гарантирующих права человека. В частности, ст. 37.3 гласит: «Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих

требованиям безопасности и гигиены». Конституция гарантирует права на жизнь, отдых, создание профсоюзов для защиты своих интересов, социальное обеспечение по старости, в случае болезни и инвалидности. Эти права реализуются в ряде законов, касающихся охраны труда и обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей. В Трудовой кодекс РФ Федеральным законом от 30 июня 2006 г. № 90-ФЗ внесены существенные дополнения и изменения, касающиеся вопросов охраны труда. Вопросы охраны труда регламентируются разделом X Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

В соответствии с ТК РФ *охрана труда* – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Раздел X ТК РФ включает в себя основные направления государственной политики в области охраны труда, требования и организацию охраны труда, обеспечение прав работников на охрану труда. В число основных направлений государственной политики в области охраны труда в измененной редакции ТК РФ внесены государственная экспертиза условий труда; установление порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и порядка подтверждения соответствия организации работ по охране труда государственным нормативным требованиям охраны труда; профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников.

Глава о требованиях охраны труда включает в себя государственные нормативные требования охраны труда, обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда, медицинские осмотры работников, обязанности работника в области охраны труда, соответствие производственных объектов и продукции государственным нормативным требованиям охраны труда. Организация охраны труда включает в себя положения о государственном управлении и экспертизе охраны труда, службе охраны труда в организации, комитетах по охране труда.

В ТК РФ регламентируется обеспечение и гарантии права работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда,

обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, лечебно-профилактического питание, санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание, обучение и профессиональная подготовка в области охраны труда.

Статьи 227-231 ТК РФ определяют несчастные случаи, подлежащие расследованию и учету; обязанности работодателя при несчастном случае; порядок формирования комиссий и оформления материалов по расследованию несчастных случаев и рассмотрения разногласий по вопросам расследования, оформления и учета несчастных случаев. Расследованию подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены: телесные повреждения (травмы), обусловленные воздействием внешних факторов и повлекшие за собой временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших, если указанные события произошли на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем, при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте.

В число нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, входят:

1. Межотраслевые правила по охране труда, межотраслевые типовые инструкции по охране труда.

2. Отраслевые правила по охране труда, типовые инструкции по охране труда.

3. Правила безопасности (ПБ), правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), инструкции по безопасности. Инструкции по охране труда делятся на типовые (для рабочих основных профессий отраслей) и действующие в масштабах предприятия, организации или учреждения.

4. Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (ГОСТ Р ССБТ).

5. Строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству.

6. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (санитарные правила (СП), гигиенические нормативы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПин), санитарные нормы (СН).

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) – одна из систем государственной системы стандартизации (ГСС). Шифр (номер) этой системы ГСС – 12. В рамках этой системы производятся взаимная увязка и систематизация всей существующей нормативной и норма-

тивно-технической документации по безопасности труда, в том числе многочисленных норм и правил по технике безопасности и производственной санитарии как федерального, так и отраслевого значения. ССБТ представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных стандартов, направленную на обеспечение безопасности труда. Структура обозначения стандартов ССБТ и группы ССБТ представлены в табл. 7.3. и 7.4.

Таблица 7.3

Структура обозначения стандартов ССБТ

ГОСТ	17	X	XXX	XX
Индекс	Номер системы	Код подсистемы	Порядковый номер в подсистеме	Год регистрации

Таблица 7.4

Группы ССБТ

Шифр группы	Наименование группы
0	Организационно-методические стандарты
1	Стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов
2	Стандарты требований безопасности к производственному оборудованию
3	Стандарты требований безопасности к производственным процессам
4	Стандарты требований к средствам защиты работающих

Стандарты подсистемы 0 устанавливают: цель, задачи, область распространения, структуру ССБТ и особенности согласования стандартов ССБТ; терминологию в области охраны труда; классификацию опасных и вредных производственных факторов; принципы организации работы по обеспечению безопасности труда в промышленности. Большую часть этой подсистемы составляют стандарты предприятий (СТП).

Объектами стандартизации на предприятиях являются: организация работ по охране труда, контроль состояния условий труда, порядок стимулирования работы по обеспечению безопасности труда; организация обучения и инструктажа работающих по безопасности труда; организация контроля за безопасностью труда и всех других работ, которыми занимается служба охраны труда.

Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и вредных производственных факторов и предельно допусти-

мые значения их параметров; методы и средства защиты работающих от их воздействия; методы контроля уровня указанных

факторов. Стандарты подсистемы 2 устанавливают: общие требования безопасности к производственному оборудованию; требования безопасности к отдельным группам производственного оборудования; методы контроля выполнения этих требований.

Стандарты подсистемы 3 устанавливают общие требования безопасности к производственным процессам, к отдельным группам технологических процессов; методы контроля выполнения требований безопасности. Стандарты подсистемы 4 устанавливают требования безопасности к средствам защиты; подсистемы 5 – к зданиям и сооружениям.

В ССБТ принята следующая система обозначений (см. рис. 7.1).

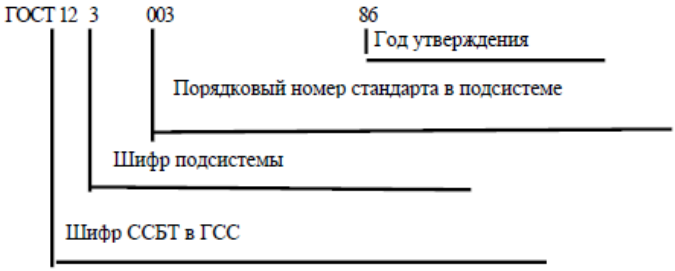

Рис. 7.1. Система обозначений в ССБТ

Таким образом, если нас интересуют требования безопасности к электросварочным работам, ищем стандарт класса 12, подсистемы 3 (производственные процессы), где он фигурирует под номером 3 (ГОСТ 12.3.003–86 «Работы электросварочные. Требования безопасности»).

Стандарт требований к защитному заземлению и занулению (их применению, устройству) следует искать в подсистеме 1 – это ГОСТ 12.1.030–81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление». Нельзя путать стандарты такого рода со стандартами требований безопасности к средствам защиты (подсистема 4), например, ГОСТ 12.4.021–75* «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования». Стандарт на обучение работающих безопасности труда, метрологическое обеспечение охраны труда следует искать в подсистеме 0 как стандарты на организационные вопросы. Это ГОСТ 12.0.004 – 90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положе-

ния» и ГОСТ 12.0.005 – 84 «ССБТ. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения».

Стандарты предприятий по безопасности труда разрабатываются непосредственно на предприятии и согласовываются с профсоюзным комитетом. Они регламентируют принципы работ по обеспечению безопасности труда: организацию контроля условий труда; надзора за установками повышенной опасности; обучение работающих безопасности труда; аттестации лиц, обслуживающих установки повышенной опасности, проведение специальной оценки рабочих мест на предприятии и т. д.

7.3. Основы законодательства Российской Федерации о безопасности в чрезвычайных ситуациях

Правовой основой обязательных мероприятий, проводимых органами государственной власти и местного самоуправления, а также руководством предприятий и организаций по прогнозированию и предотвращению чрезвычайных ситуаций, ограничению и ликвидации их последствий и повышению устойчивости работы предприятий, транспорта и коммуникаций является Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Этот закон определяет общие для Российской Федерации организационно-правовые нормы в области защиты граждан, земельного, водного, воздушного пространства, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера. Целями закона являются предупреждение возникновения и развития ЧС, снижение размеров ущерба и потерь от ЧС, ликвидация ЧС.

Согласно этому закону предупреждение ЧС – комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения ЧС, а также на сохранение здоровья людей и снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения. Ликвидация ЧС – аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении ЧС и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение ущерба и потерь, а также на локализацию зон ЧС, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

Закон определяет полномочия и обязанности органов управления и организаций по защите населения и территорий от ЧС. В частно-

сти, организации обязаны планировать и осуществлять мероприятия по защите работников, повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников в ЧС; обеспечить подготовку необходимых сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС, обучение работников способам защиты и действиям в таких ситуациях; создавать и поддерживать в готовности локальные системы оповещения; обеспечивать подготовку и выполнение планов ликвидации ЧС на подведомственных объектах и прилегающих территориях; финансировать соответствующие мероприятия и создавать резервы финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС.

В законе установлены права и обязанности граждан в области защиты от ЧС. В частности, право на защиту жизни, здоровья и личного имущества, на использование средств защиты, на информацию о возможном риске, на возмещение ущерба здоровью и имуществу, а также на медицинское обслуживание, компенсации и льготы за проживание и работу в зонах ЧС. Предусмотрены бесплатное государственное страхование за ущерб, причиненный в ходе ликвидации ЧС, и соответствующее пенсионное обеспечение. В обязанность граждан входит соблюдение нормативных требований и мер производственной и экологической безопасности, изучение способов защиты и правил поведения при угрозе и возникновении ЧС, содействие в проведении аварийно-спасательных работ.

Определен порядок финансирования мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС, а также требования по государственной экспертизе предлагаемых для реализации проектов и решений по объектам производственного и социального назначения и процессам, которые могут быть источниками ЧС или могут влиять на обеспечение защиты населения и территорий от их последствий.

Объем и содержание мероприятий по защите населения и территорий от ЧС определяется, исходя из принципа необходимой достаточности и максимально возможного использования имеющихся сил и средств.

Президент вносит на рассмотрение Совета Безопасности РФ и принимает с учетом его предложений решение по вопросу предупреждения и ликвидации ЧС, а также по вопросам преодоления их последствий, вводит при необходимости и в соответствии с Конституцией чрезвычайное положение.

Федеральное собрание Российской Федерации утверждает ассигнования на финансирование мероприятий, проводит парламентские слушания по вопросам защиты населения и территории от чрезвычай-

ных ситуаций. Правительство устанавливает классификацию ЧС и полномочия исполнительных органов государственной власти по их ликвидации.

Органы местного самоуправления осуществляют подготовку и содержат в готовности необходимые силы и средства для защиты населения и территории от ЧС, проводят обучение населения способам защиты и действиям в указанных ситуациях.

Для осуществления государственного управления и координации органов исполнительной власти создан федеральный орган Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), который создает подведомственные ему территориальные органы. Эти органы, в свою очередь, организуют работу в области защиты населения и территории от ЧС в своей сфере деятельности и порученных им отраслях экономики.

С 1994 г. начата интенсивная работа по разработке и внедрению системы стандартов «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (кодовый номер 22) – совокупности взаимосвязанных стандартов, устанавливающих требования, нормы и правила, способы и методы, направленные на обеспечение безопасности населения и объектов экономики и окружающей природной среды в ЧС. Основными целями этого комплекса стандартов являются: повышение эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидаций ЧС на всех уровнях (федеральном, региональном, местном) для обеспечения безопасности населения и объектов в природных, техногенных, биолого-социальных и военных ЧС; предотвращение или снижение ущерба в ЧС; эффективное использование и экономия материальных и трудовых ресурсов при проведении мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС (табл. 7.5).

Постановлением от 24 июля 1995 года «О порядке подготовки населении в области защиты от ЧС определены основные задачи, формы и методы подготовки населения Российской Федерации в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В целях проверки подготовленности населения в области защиты от ЧС регулярно проводятся командно-штабные, тактико-специальные и комплексные учения и тренировки. Командно-штабные учения или штабные тренировки на предприятиях, в учреждениях и организациях проводятся один раз в год продолжительностью до одних суток. Тактико-специальные учения продолжительностью до 8 часов проводятся с формированиями предприятий один раз в три года, с формированиями повышенной готовности – один раз в год.

Таблица 7.5

Группы стандартов «Безопасность в ЧС»

Номер группы	Наименование групп стандартов	Кодовое наименование
0	Основополагающие стандарты	Основные положения
1	Стандарты в области мониторинга и прогнозирования	Мониторинг и прогнозирование
2	Стандарты в области обеспечения безопасности объектов экономики	Безопасность объектов экономики
3	Стандарты в области обеспечения безопасности населения	Безопасность населения
4	Стандарты в области обеспечения безопасности продовольствия, пищевого сырья и кормов	Безопасность продовольствия
5	Стандарты в области обеспечения безопасности сельскохозяйственных животных и растений	Безопасность животных и растений
6	Стандарты в области обеспечения безопасности водоисточников и систем водоснабжения	Безопасность воды
7	Стандарты на средства и способы управления, связи и оповещения	Управление, связь, оповещение
8	Стандарты в области ликвидации чрезвычайных ситуаций	Ликвидация чрезвычайных ситуаций
9	Стандарты в области технического оснащения аварийно-спасательных формирований, средств специальной защиты и экипировки спасателей	Аварийно-спасательные средства

Комплексные учения продолжительностью до двух суток проводятся один раз в три года в органах местного самоуправления, на предприятиях и в учреждениях, имеющих численность работников более 300 человек. В других организациях один раз в три года проводятся тренировки продолжительностью до восьми часов.

Тренировки с учащимися и студентами должны проводиться ежегодно. Подготовка осуществляется в учебное время по общеобразовательным программам в области защиты от чрезвычайных ситуаций.

Подготовка руководителей федеральных органов исполнительной власти субъектов Федерации осуществляется на ежегодных сборах, учениях и тренировках, проводимых начальником гражданской обороны Российской Федерации – Председателем Правительства РФ.

Гражданская оборона организуется по территориально-производственному принципу. Непосредственное руководство ГО в

городах, поселках, селах осуществляется руководителями органов исполнительной власти. Ответственность за организацию и состояние обороны на объекте экономики несет его руководитель, он является начальником ГО на объекте. При начальнике ГО объекта создается штаб ГО – орган управления начальника ГО, организатор всей практической деятельности ка объекте по вопросам ГО. Он комплектуется в зависимости от величины и важности объекта штатными работниками ГО и из должностных лиц, не освобожденных от основных обязанностей. Начальник штаба ГО является первым заместителем начальника ГО объекта. Ему предоставляется право от имени начальника ГО отдавать приказы и распоряжения по вопросам ГО на объекте.

7.4. Правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения

В РФ приняты три базовых закона в области использования атомной энергии и обеспечения радиационной безопасности: «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.95. и «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г. и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.99 г. Первый закон определяет правовую основу и принципы регулирования отношений, возникающих при использовании атомной энергии. Он направлен прежде всего на защиту здоровья людей и охрану окружающей среды

Правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья определяет Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». В соответствии с этим законом основными принципами обеспечения радиационной безопасности являются: принцип нормирования – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения; принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением; принцип оптимизации – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

Закон гарантирует право граждан на радиационную безопасность; получение информации о радиационной обстановке и принима-

емых мерах по обеспечению радиационной безопасности; социальную поддержку лиц, проживающих на территориях, прилегающих к организациям, осуществляющим деятельность с использованием источников ионизирующего излучения; возмещение вреда, причиненного их жизни и здоровью, обусловленного облучением ионизирующим излучением, а также в результате радиационной аварии, а также возмещение причиненных им убытков.

Оценка радиационной безопасности осуществляется по следующим основным показателям:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- вероятность радиационных аварий и их масштаб;
- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Результаты оценки ежегодно заносятся в радиационно-гигиенические паспорта организаций, территорий. Порядок разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций, территорий утверждается Правительством Российской Федерации.

Федеральный закон от 30.03.99 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ устанавливает санитарно-эпидемиологические требования, несоблюдение которых создает угрозу жизни или здоровью человека.

В целях конкретизации отдельных положений перечисленных законов в настоящее время введены два основополагающих нормативных документа (НД) федерального уровня:

- «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)»;
- «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)».

НРБ-99 являются основополагающим документом, регламентирующим требования Закона в форме основных пределов доз, допустимых уровней воздействия ИИ и других требований по ограничению облучения человека.

При радиационной аварии с выбросом радионуклидов в окружающую среду, повлекшим за собой радиоактивное загрязнение об-

ширных территорий, защита населения осуществляется в соответствии с критериями для принятия решений, приведенными в разделе 6 НРБ-99. Ликвидация последствий аварии и расследование ее причин при необходимости проводится на федеральном, региональном, территориальном и объектовом уровнях в порядке, установленном законодательством РФ. Органы и организации государственной санитарно-эпидемиологической службы должны принимать участие в выполнении следующих задач при расследовании и ликвидации последствий радиационной аварии: проведение предварительного радиационного контроля; выявление лиц, которые могли подвергнуться аварийному облучению; контроль за обеспечением радиационной безопасности лиц, принимающих участие в расследовании и ликвидации аварии; контроль за уровнями радиоактивного загрязнения производственной и окружающей среды, источников водоснабжения, продуктов питания; гигиеническая оценка радиационной обстановки и индивидуальных доз облучения персонала и отдельных групп населения, а также лиц, принимавших участие в аварийных работах; оценка эффективности дезактивации и санитарной обработки; разработка предложений для органов исполнительной власти субъекта РФ и для организаций по защите персонала и населения с прогнозом радиационной обстановки; контроль за сбором, удалением и захоронением радиоактивных отходов.

Особые режимы проживания населения в зонах радиоактивного загрязнения, контроль за радиационной обстановкой на соответствующей территории, учет доз облучения населения устанавливаются органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации по рекомендациям органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора. На территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате радиационной аварии, должны осуществляться: радиационный контроль с оценкой доз облучения населения за счет радиоактивного загрязнения территории, если эта доза может превысить 10 мкЗв/год; радиационный контроль за другими основными видами облучения населения; оптимизированное снижение доз по всем основным видам облучения, если доза облучения населения за счет радиоактивного облучения территории превышает 1,0 мЗв/год; оптимизированные защитные мероприятия, не нарушающие нормальную жизнедеятельность населения, хозяйственное и социальное функционирование территории, если доза облучения за счет радиоактивного загрязнения территории превышает 0,1 мЗв/год, но не более 1,0 мЗв/год.

Администрация организации, осуществляющей хозяйственную деятельность на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, обеспечивает условия работы, при которых облучение

работников за счет радиоактивного загрязнения не превысит 5 мЗв/год. В организациях, где облучение работников за счет аварийного загрязнения превышает 1 мЗв/год, создается служба радиационной безопасности, которая осуществляет радиационный контроль и проводит мероприятия по снижению облучения работников в соответствии с принципом оптимизации. Порядок радиационного контроля согласовывается с органами государственного санитарно - эпидемиологического надзора.

ОСПОРБ-99 устанавливают требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ИИ, на которые распространяется действие НРБ-99.

С целью создания основы для организации и проведения контроля состояния радиационной безопасности в Российской Федерации создана система законодательного и научно-методического обеспечения РБ, которая базируется на нормативных документах нескольких уровней.

Верхний уровень составляют законы РФ, относящиеся к обеспечению РБ, и нормы и правила, конкретизирующие основные положения этих законов. Документы этого уровня рассмотрены выше.

Для реализации требований законов, норм и правил разрабатываются методические указания (МУ) разного уровня, которые определяют конкретные процедуры выполнения измерений при контроле радиационной обстановки. В настоящее время составлены и действуют Методические указания 1-го уровня, которые определяют общие требования к организации контроля профессионального облучения, к дозиметрическому контролю внешнего и внутреннего облучения персонала и к контролю радиационной обстановки. Следующим этапом этой работы должны быть Методические указания 2-го уровня, посвященные более конкретным вопросам радиационного контроля, например, определению индивидуальных эффективных доз от нейтронного излучения. Дальнейшая детализация этой системы должна заключаться в разработке МУ более низкого уровня (3, 4 и т.д.).

Приведенные нормативные документы отражают признанные международным сообществом принципы радиационной безопасности, которые базируются на рекомендациях Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ).

7.5. Законодательство Российской Федерации о промышленной безопасности

Расширение производства и внедрение новых технологий сопровождается вовлечением в технологический процесс все большего количества энергоносителей и других потенциально опасных материалов, разработкой и использованием новых веществ, появлением новых опасных факторов, концентрацией производства, возможностью распространения аварий от одного опасного объекта к другому. Печальными примерами техногенных аварий являются взрывы во Фликсборо (1974 г.), на газозаправочной станции в Мехико (1984 г.), продуктопровода под Уфой (1989 г.), состава с аммиачной селитрой в Северной Корее (2003 г.), радиационные аварии (Тримайл Айленд в 1979 г. и Чернобыль в 1986 г.), химические аварии (Мидлпорт и Бхо-пал в 1984 г.) и многие другие.

Возникновение таких аварий вызвало ответную реакцию мирового сообщества. В 1982 г. была принята Директива Совета Европейского экономического сообщества по предотвращению крупных промышленных аварий, ставшая правовым решением создавшихся проблем в области промышленной безопасности, получившая название «Директива Севезо».

В России был принят Федеральный закон от 21 июня 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в ряде позиций соответствующий Директиве по Севезо.

Этот закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) и направлен на предупреждение аварий на ОПО и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих ОПО, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий. В соответствии с ним промышленная безопасность ОПО – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий; ОПО подлежат регистрации в государственном реестре.

Закон определяет основные принципы обеспечения промышленной безопасности:

1. Обязательно лицензирование некоторых видов деятельности в области промышленной безопасности.

2. Технические устройства, применяемые на ОПО, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности.

3. Соблюдение требований промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию ОПО.

4. Соблюдение требований промышленной безопасности к эксплуатации ОПО (обязанности организаций, эксплуатирующих ОПО, и работников ОПО).

5. Соблюдение требований промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии на ОПО.

6. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

7. Техническое расследование причин аварии.

8. Экспертиза промышленной безопасности.

9. Разработка декларации промышленной безопасности.

10. Обязательное страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО.

11. Федеральный надзор в области промышленной безопасности.

12. Ответственность за нарушение законодательства в области промышленной безопасности.

В целях реализации требований этого закона были разработаны многочисленные подзаконные акты (правила безопасности, руководящие документы и методики). В одном из основных актов – «Общих правилах промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности ОПО (ПБ 03-517-02)» – даются указания по приведению в действие основных принципов обеспечения промышленной безопасности. В этом документе сформулированы требования к организациям, эксплуатирующим ОПО, проектированию и строительству ОПО, техническим устройствам, аттестации в области промышленной безопасности.

В соответствии с этим нормативом организации, эксплуатирующие ОПО, осуществляют производственный контроль, являющийся частью системы управления промышленной безопасностью (СУПБ). В рамках СУПБ организация определяет и документально оформляет свою политику в области ПБ; планирует деятельность в области ПБ и обеспечивает передачу соответствующей информации; разрабатывает, внедряет и при необходимости корректирует методы периодической оценки состояния ПБ; своевременно корректирует планы и методы проведения внутренних проверок эффективности функционирования СУПБ; периодически анализирует деятельность службы производственного контроля и СУПБ в целом в целях оценки соответствия установленным требованиям.

Существенную роль в обеспечении промышленной безопасности играет Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», в который были внесены существенные изменения в соответствии с Федеральным законом от 1 мая 2007 г. № 65-ФЗ. Закон регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции или к связанным с ними процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; разработке, принятии, применении и исполнении на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг; оценке соответствия.

В этом законе сформулировано понятие «технический регламент» – документ, который принят международным договором, ратифицированным Российской Федерацией, межправительственным соглашением, федеральным законом, указом Президента РФ или постановлением Правительства РФ, и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям или к связанным с требованиями к продукции перечисленным ранее процессам). В отличие от технического регламента стандарт – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов, связанных с осуществлением требований к ней.

В целях скорейшего формирования современной нормативно-правовой базы в области технического регулирования Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 385-ФЗ внесены изменения в Федеральный закон «О техническом регулировании», согласно которым технические регламенты могут быть приняты также федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию. Закон о техническом регулировании определяет принципы, содержание, применение, порядок разработки, принятия, изменения и отмены технических регламентов и стандартов, принципы и формы обязательного и добровольного подтверждения и декларирования соответствия продукции требованиям технических регламентов, ответственность при отсутствии соответствия.

Технические регламенты принимаются в целях: защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц,

государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей. Они с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие: безопасность излучений; биологическую безопасность; взрывобезопасность; механическую безопасность; пожарную безопасность; промышленную безопасность; термическую безопасность; химическую безопасность; электрическую безопасность; ядерную и радиационную без-опасность; электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования; единство измерений.

Правительством РФ до дня вступления в силу технического регламента утверждается перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения принятого технического регламента и осуществления оценки соответствия.

Стандарты организаций могут разрабатываться и утверждаться ими самостоятельно исходя из необходимости применения этих стандартов для целей, указанных в законе, а также для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок.

7.6. Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности

Нормативные документы, регулирующие вопросы пожарной безопасности: технические регламенты; национальные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р, ГОСТ); своды правил (СП); нормы пожарной безопасности (НПБ, изменения к НПБ); правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ, ВППБ, ПБ, ППБО, ПБЛП, ВНЭ, РД); строительные нормы и правила (СНиП), ведомственные строительные нормы (ВСН), территориальные строительные нормы (ТСН), инструкции, пособия (МДС); руководящие документы (РД), рекомендации (Р), правила (ПР), перечни (П), нормы проектирования (ВНП, СН, СП), стандарты Ассоциаций (СТА), стандарты СЭВ (СТ СЭВ), отраслевые стандарты (ОСТ), международные стандарты (ИСО); правила устройства электроустановок (ПУЭ); нормативные правовые акты.

Основы законодательства Российской Федерации по пожарной безопасности представлены в следующих нормативных документах:

1. Федеральные законы: Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ, в ред. от 10.07.2012 N 117-ФЗ; Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ; Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 4 мая 2011 года N 99-ФЗ; Федеральный закон «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» от 26 декабря 2008 года N 294-ФЗ;

2. Нормы пожарной безопасности: НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией»; НПБ 104-03 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях»; СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»; НПБ 160-97 «Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности» и др.

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, учреждениями, организациями, а также между общественными объединениями, должностными лицами и гражданами.

Закон регламентирует организацию пожарной охраны (ее виды и задачи, деятельность государственной противопожарной службы и государственного пожарного надзора); полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления в области пожарной безопасности; обеспечение пожарной безопасности (нормативное правовое регулирование, разработка и реализация мер пожарной безопасности, тушение пожаров), права, обязанности и ответственность граждан, местного самоуправления и предприятий в области пожарной безопасности.

Для обеспечения пожарной безопасности разработаны многочисленные нормативные правовые акты (государственные стандарты, нормы пожарной безопасности, строительные нормы и правила, правила безопасности) Существенные преобразования в отношении структуры и иерархии этих документов произошли в нашей стране в

связи с введением в действие с 1 мая 2009 г. Технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» (от 22.06.2008 № 12Э-ФЗ). Одновременно в силу вступили 12 Сводов правил в области пожарной безопасности и подтверждено действие 84 национальных стандарта, обеспечивающих выполнение требований технического регламента. Ряд разработанных ранее нормативов вошли в эти документы, остальные сохранили свое действие в части, не противоречащей техническому регламенту.

Технический регламент принят в целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров. Он определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты, в том числе к зданиям, сооружениям и строениям, промышленным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения.

Для обеспечения противопожарного режима на предприятии необходимо выполнить следующие организационные мероприятия.

Во всех производственных, административных, складских и вспомогательных помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны.

Рис. 7.2. Примерный план эвакуации при пожаре

Правила применения на территории предприятий открытого огня, проезда транспорта, допустимость курения и проведения временных пожароопасных работ устанавливаются общеобъектовыми инструкциями о мерах пожарной безопасности.

На каждом предприятии приказом (инструкцией) должен быть установлен соответствующий их пожарной опасности противопожарный режим, в том числе:

- определены и оборудованы места для курения;

- определены места и допустимое количество единовременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;

- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;

- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;

- регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ, порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы; действия работников при обнаружении пожара;

- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

В зданиях и сооружениях (кроме жатых домов), при единовременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара, а также предусмотрена система (установка) оповещения людей о пожаре.

Руководитель (предприниматель) объекта с массовым пребыванием людей (50 человек и более) в дополнение к схематическому плану эвакуации людей при пожаре обязан разработать инструкцию, определяющую действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие должны проводиться практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников.

Для объектов с ночным пребыванием людей (детские сады, школы-интернаты, больницы и т.п.) в инструкции должны предусматриваться два варианта действий: в дневное и в ночное время.

Работники предприятий, а также граждане обязаны:

- соблюдать на производстве и в быту требования пожарной безопасности стандартов, норм и правил, утвержденных в установленном порядке, а также соблюдать и поддерживать противопожарный режим;

- выполнять меры предосторожности при пользовании газовыми приборами, предметами бытовой химии, проведении работ с легковоспламеняющимися (ЛВЖ) и горючи ми (ГЖ) жидкостями, другими

опасны ми в пожарном отношении веществами, материалами и оборудованием;

- в случае обнаружения пожара сообщить о нем в пожарную охрану и принять возможные меры к спасению людей, имущества и ликвидации пожара.

Граждане обязаны предоставлять в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, возможность государственным инспекторам по пожарному надзору проводить обследования и проверки принадлежащих им производственных, хозяйственных, жилых и иных помещений и строений в целях контроля за соблюдением требований пожарной безопасности.

Лица, которым поручено проведение мероприятий с массовым участием людей обязаны перед их началом тщательно осмотреть помещения и убедиться в полной готовности их в противопожарном отношении. Руководители (предприниматели) предприятий, на которых применяются, перерабатываются и хранятся опасные (взрывоопасные) сильнодействующие ядовитые вещества обязаны сообщать подразделениям пожарной охраны о них данные, необходимые для обеспечения безопасности личного состава, привлекаемого для тушения пожара и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ на этих предприятиях.

Вопросы для самоконтроля

1.Правовые, законодательные и нормативно-технические основы безопасности жизнедеятельности.

2. Законодательная база по охране окружающей среды.

3. Система стандартов безопасности труда.

4. Надзор и ответственность за нарушение требований безопасности труда

5. Основная законодательная и нормативно-техническая документация по чрезвычайным ситуациям.

6. Предложения по совершенствованию законодательной базы в области безопасности жизнедеятельности.

7. Правовые основы производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.

8. Порядок организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.

9. Правовые основы радиационной безопасности

10. Международное сотрудничество по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

Заключение

Современное общество характеризуется высоким уровнем использования технических средств, предназначенных для удовлетворения жизненных потребностей человека. Современные технические средства становятся все более энергонасыщенными и автоматизированными.

Сегодняшнему производству свойственна быстрая смена технологий, обновление оборудования, внедрение новых процессов и материалов, которые часто недостаточно изучены с точки зрения негативных последствий их применения. Однако по-прежнему ключевым элементов на производстве является человек, призванный обслуживать, управлять, контролировать технические системы и технологические процессы.

В связи с этим увеличивается потенциальная опасность возникновения травмоопасных ситуаций, степень риска возникновения профессиональных заболеваний, негативного воздействия условий труда на состояние здоровья работающих.

За последние годы в промышленности и строительстве удалось добиться значительных результатов в профилактике производственного травматизма. Полностью травматизм ликвидировать пока не удалось, поэтому при выполнении работы, связанной с опасностью травмирования, необходимо глубже изучать основные правила техники безопасности и правила поведения в чрезвычайных ситуациях, соблюдать технологические процессы, трудовую дисциплину, периодически повышать свой квалификационный уровень.

Жизнедеятельность человека потенциально опасна. Именно приобретение знаний и умений, направленных на уменьшение в техносфере физических, химических, биологических и других негативных воздействий позволит обеспечить относительно безопасные условия труда, правильно реагировать и принимать разумные решения в экстренных ситуациях.

Цель данного учебного пособия – оказать помощь в приобретении знаний в освоении основных разделов курса «Безопасность жизнедеятельности».

Библиографический список

1. Кукин П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда): Учебное пособие для вузов/ П. П. Кукин, В. Л. Лапин и др. - М.: Высшая школа, 2001. – 319 с.

2. Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник/ Под ред. Проф. Э. А. Арустамова. - М.: Изд. Дом «Дашков и К^0», 2000. – 678 с.

4. Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие/ Под ред. Русака О. Н. - СПб.: Изд. «Лань», 2000. – 448 с.

5. Кривошеий Д.А. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов/ Д. А. Кривошеий, Л. А. Муравей и др.; Под общ. ред. Л. А. Муравья. - М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2000. – 447 с.

6. Белов, С. В. Ноксология: учеб. для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симакова; общ. ред. С. В. Белова. – М.: Юрайт, 2012. – 429 с.

7. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учеб. для бакалавров / С. В. Белов. – 4–е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 682 с. – (Бакалавр. Базовый курс).

8. Баринов, А. В. Опасные природные процессы: Учебник / Баринов А. В., Седнев В. А., Шевчук А. Б. и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 334 с.

9. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: учебное пособие для инж.-экон. спец. вузов - М.: Высш. школа, 1985 - 319 с.

10. Мастрюков Б.С. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для студ. Учреждений высш.проф.образования / И.В. Бабайцев, Б.С. Мастрюков, В.Т. Медведев и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 340 с.

11. Минько, В. М. Об оценке и оптимальном управлении снижением профессиональных рисков / В. М. Минько // Приложение к журналу Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 3. – с. 2-24. – (Приложение к журналу Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 3. – с. 2-24) .

12. Хван Т.А. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для студентов вузов / Т.А. Хван, П.А. Хван. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 221 с.

13. Корсаков Г.А. Расчет зон чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, 1997.

14. Методические рекомендации по прогнозированию возникновения и последствий чрезвычайных ситуаций в РФ.- М.: ВНИИ ГОЧС, 1998.

15. Хэнли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска/ Хэнли Э. Дж., Кумамото Х.; Пер. с англ. - М.: Машиностроение, 1984.

16. Ахлюстин В.Н., Новиков Г.А., Щукин В.А. Возможный подход к прогнозам аварии в сложной технической системе // Безопасность труда в промышленности. 1992. №6.

17. Безопасное взаимодействие человека с техническими системами / В.Л.Лапин, Ф.Н.Рыжков, В.М.Попов, В.И.Томаков. Курск, 1995.

18. Беляев Б.М. Безопасность систем с техникой повышенного риска // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып.4. М., 1997.

19. Блинкин В.Л. Методы анализа экзогенных составляющих рисков// Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып.3. М., 1997. С.18-36.

20. Бондарь В.А., Попов Ю.П. Риск, надежность и безопасность. Система понятий и обозначений // Безопасность труда в промышленности. 1997. №10. С.39 - 42.

21. П.П. Кукин и др. Основы токсикологии: Учебное пособие / П.П. Кукин, Н.Л. Пономарев, К.Р. Таранцева и др. — М.: Высшая школа, 2008. — 279с.

22. 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.

23. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности–наука о выживании в техносфсре – М.: ВИНИТИ, Обзорная информация. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1996. вып. 1.

24. Белов С.В. Техносфера: аспекты безопасности и экологичности. – М.: Вестник МГТУ. 1998, сер. ЕН.№1.

25. Мищенко, О. А. Безопасность жизнедеятельности : практикум / О. А. Мищенко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 165 с.

26. Лопанов А.Н. Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А.Н. Лопанов, Е.В. Климова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 123 с.

27. Лопанов, А. Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва / А. Н. Лопанов. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – 149 с.

28.Фанина, Е. А. Опасные производственные объекты: устойчивое функционирование, мониторинг / Е. А. Фанина, А. Н. Лопанов, А. П. Гаевой. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. – 183 с.

29. Белов, С. В. Ноксология : учеб. для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симакова; общ. ред. С. В. Белова. – М. : Юрайт, 2012. – 429 с.

30. Фанина, Е. А. Ноксология. Опасности природного характера: учеб. пособие для студентов направления бакалавриата 280700 – Техносфер. безопасность / Е. А. Фанина ; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – 203 с.