

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова

**А.Ю. Семейкин**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебное пособие для студентов заочной формы обучения  
с применением дистанционных технологий  
всех направлений бакалавриата

Белгород 2013

УДК 614.8

ББК 68.9

Б 40

**Семейкин А.Ю.**

Б 40      Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / А.Ю. Семейкин. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – 304 с.

Учебно-методический комплекс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек-среда обитания», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

Учебное пособие предназначено для студентов заочной формы обучения с применением дистанционных технологий всех направлений бакалавриата.

УДК 614.8

ББК 68.9

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2013

3  
**Содержание**

Введение	6
1. Теоретические основы безопасности	7
1.1. Основные понятия и определения	7
1.2. Характеристика форм трудовой деятельности	17
1.3. Опасности среды обитания	29
1.4. Основные положения теории риска	37
1.5. Системный анализ безопасности	50
1.6. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности	57
2. Естественная система защиты человека от опасностей	64
2.1. Анатомо-физиологическая характеристика человека	64
2.2. Анализаторы человека	68
2.3. Защитные механизмы организма	89
3. Обеспечение безопасности деятельности в нормальных ситуациях	91
3.1. Гелиофизические и метеорологические факторы	91
3.2. Производственная пыль	103
3.3. Механические опасности	109
3.4. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих	112
3.5. Механические колебания и волны	117
3.6. Электробезопасность	139
3.7. Электромагнитные излучения	162
3.8. Световой климат	166
3.9. Ионизирующие излучения	171
3.10. Химические опасности	183
3.11. Биологические опасности	189
3.12. Психологические опасности	195
3.13. Экологические опасности	196
3.14. Социальные опасности	203
3.15. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий	209
4. Порядок выполнения курсовой работы	215
4.1. Цель и задачи курсовой работы	215
4.2. Организация гражданской обороны на объектах экономики	216
4.3. Прогнозирование химической обстановки на объекте экономики при аварии и разрушении на химически опасном объекте (ХОО)	220
4.4. Прогнозирование радиационной обстановки на объекте экономики	227

4.5. Прогнозирование и оценка возможных ЧС при ядерном взрыве	227
4.6. Приведение уровня радиации к одному времени после ядерного взрыва	230
4.7. Определение возможных доз облучения при действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами	233
4.8. Определение допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной территории	237
4.9. Определение допустимого времени начала ведения спасательных работ при заданных дозе радиации и продолжительности работы	238
4.10. Определение количества смен для проведения спасательных и других неотложных работ и времени работы каждой смены, исходя из сложившейся радиационной обстановки	239
4.11. Определение режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов	240
4.12. Мероприятия по защите рабочего персонала объекта экономики в чрезвычайных ситуациях	243
4.13. Своевременное укрытие рабочего персонала в ЗС	243
4.14. Обеспечение рабочих и служащих СИЗ	244
4.15. Проведение эвакуационных мероприятий (временное отселение, эвакуация, рассредоточение	246
4.16. Расчет потребности объекта экономики в защитных сооружениях и их оборудовании	250
4.17. Выбор типа защитных сооружений (ЗС) по степени защиты	252
5. Задания к выполнению курсовой работы	255
5.1. Расчет зон химического заражения	255
5.2. Расчет зон радиоактивного заражения при ядерном взрыве	255
5.3. Разработать структуру ГО и мероприятий по защите рабочих и служащих цементного завода от чрезвычайных ситуаций	255
5.4. Расчетно-графические	256
6. Вопросы к экзамену (зачету)	257
7. Итоговые тестовые задания для дисциплины	
«Безопасность жизнедеятельности	259
Глоссарий	272
Приложение 1	274
Приложение 2	275
Приложение 3	276
Приложение 4	278

Приложение 5	278
Приложение 6	279
Приложение 7	280
Приложение 8	281
Приложение 9	286

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т.е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекшими за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагается теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек - среда обитания», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех специальностей.

## 1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности

### 1.1. Основные понятия и определения

В теории безопасности жизнедеятельности (БЖД) используется ряд специфически определяемых терминов. В их число входят: деятельность; труд, трудовая деятельность; среда; производственные факторы; условия труда; травма, заболевание; система «человек - среда обитания»; опасность; риск, приемлемый риск; ситуация (нормальная, чрезвычайная); безопасность деятельности; средства защиты (коллективные, индивидуальные); «БЖД» (наука, дисциплина) и др.

Рассмотрим основные термины теории БЖД.

Человек всегда, так или иначе, действует, занимается какой-нибудь деятельностью. Действуя, человек создает духовные и материальные ценности, без которых невозможна его жизнь. Все, что мы используем в повседневной жизни, – одежда и пища, дома и сады, средства транспорта и связи, книги и картины, комплекс знаний об окружающем нас мире и многое другое – есть результат деятельности человека. Деятельность является реальной движущей силой общественного прогресса и условием существования человека.

Деятельностью занимаются все – дети, взрослые, старики. О человеке судят по его деятельности. Но что такое деятельность?

В биологическом отношении деятельность – это совокупность сложных физиологических и биохимических процессов, происходящих в организме человека (и животного).

В науке БЖД под *деятельностью* понимают активное взаимодействие человека с окружающим миром, в итоге которого он достигает сознательно поставленной цели.

Источником активности человека, исходным побуждением к деятельности выступают потребности. *Потребность* – объективная необходимость, испытываемая человеком нужда в чем-либо: в веществе, энергии, информации. Различают потребности *биологические* (потребности в пище, воде, отдыхе и т.д.) и *социальные*, разделяемые по характеру нужды на *материальные* (потребности в одежде, жилище, предметах быта, средствах транспорта и т.д.) и *духовные или культурные* (потребности слушать музыку, смотреть кинофильмы и спектакли, читать книги, общаться с людьми и т.д.).

Возникшая у человека потребность побуждает его к деятельности.

Всякая деятельность включает в себя цель, мотивы, отдельные действия и результат. *Цель* – это мысленный, предполагаемый результат, т.е. то, чего еще реально нет, но чего человек стремится

достичь в процессе выполнения определенным образом направленных действий. *Мотив* – побудительная причина, повод к какому-нибудь действию. *Действие* – относительно законченный элемент деятельности, в процессе которого достигается конкретная, не разлагаемая на более простые, осознанная цель. Любая деятельность осуществляется путем выполнения множества взаимосвязанных действий. Действия могут осуществляться разными средствами, способами или приемами. *Результат* – то, что получено в завершение деятельности.

Формы деятельности многообразны. Они охватывают практические, интеллектуальные и духовные процессы, протекающие в быту, общественной, культурной, производственной, научной и других сферах жизни. Но среди многообразия видов деятельности есть главные, обеспечивающие существование человека и формирование его как личности. К таким основным видам деятельности относятся: общение, игры, учение и труд.

*Общение* в широком смысле заключается в обмене информацией между людьми. *Игра* – это вид деятельности, целью которой является сама осуществляемая деятельность, а не те практические результаты, которые достигаются с ее помощью. *Учение* – это деятельность, непосредственной целью которой является усвоение человеком определенных знаний, навыков и умений. Игра и учение выступают как подготовка к труду; они произошли из труда. Важное особое значение в жизни человека занимает труд.

*Труд* – это целесообразная деятельность человека, направленная на создание с помощью средств труда материальных и духовных ценностей.

*Окружающей средой* называется вся совокупность элементов (реальных объектов, явлений, процессов живой и неживой природы), которые способны при определенных условиях оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

К этим элементам относятся: предметы, средства и орудия труда; энергия; технология, операции, действия; природные элементы: природно-климатические условия (температура воздуха, атмосферные осадки, ветер, молнии, землетрясения, наводнения и т.д.); люди; производственно-общественные отношения (организационные, управленческие, экономические); духовно-психологические элементы (духовная культура, общественная психология и др.).

Совокупность перечисленных элементов образует среду в широком смысле или *макросреду*. Более узкими понятиями являются понятия «среда обитания» и «производственная среда».



*Среда обитания* – это жилой дом, место отдыха, больница, салон транспортного средства и т.д. В среде обитания деятельность человека происходит вне производства и не связана с созданием материальных, духовных и общественных ценностей.

Частью среды обитания является *бытовая среда*. Бытовую среду разделяют на физическую и социальную. К физической среде относят санитарно-гигиенические условия жилых помещений: показатели микроклимата (температура, влажность и подвижность воздуха), освещенность, химический состав воздушной среды, уровень шума. *Социальная среда* – это все то, что окружает человека в его социальной (общественной) жизни. Она включает семью, товарищей, друзей и т.д. и их взаимоотношения.

*Производственная среда* – часть окружающей человека среды, образованная природно-климатическими и профессиональными факторами, воздействующая на него в процессе трудовой деятельности. Такой средой является, например, забой для шахтера, цех для рабочего, поле для фермера, класс для учащегося, аудитория для студента.

В производственной среде, как и в бытовой, выделяют физический и социальный компоненты. Содержание первого компонента определяют оборудование и технологические процессы, второго – социальные процессы, происходящие в трудовом коллективе.

В социальной среде в процессе общения и совместной деятельности создается определенный *психологический климат* (т.е. определенный эмоциональный настрой), который влияет благополучно или неблагоприятно на активность человека, на его деятельность.

Благоприятный психологический климат способствует предупреждению физического и психического травматизма. И наоборот, конфликтная обстановка приводит к агрессивным актам, возникновению травм и аварий.

Окружающая среда и человек, находящийся с ней во взаимодействии, могут рассматриваться как элементы кибернетической системы «человек-среда».

В широком смысле под *системой* понимают нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи элементов (тех или иных предметов, явлений, процессов, методов, идей, отношений и т.д.). Соответственно говорят о Солнечной системе и транспортной системе города, о грамматической системе английского языка и периодической системе химических элементов, о системе взглядов и философской системе, системе счисления и геологической системе. Системами являются угольная шахта и рудный карьер, горный комбайн и телефонный

аппарат, ЭВМ и таблица умножения. Вообще говоря, любой предмет может быть представлен как системное образование.

Метод научного познания, рассматривающий объекты как системы, называется *системным подходом*. Системный подход реализуется в системном анализе. *Системный анализ* – это совокупность методологических средств (научных методов познания), используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам (научным, производственным, техническим, экономическим и т.д.) и опирающихся на системный подход, построение математических моделей, современные способы управления.

Система «человек-среда» является двухцелевой: одна цель состоит в достижении определенного эффекта, вторая - в исключении нежелательных (неблагоприятных) последствий, происходящих в системе вследствие различных диспропорций и дисфункций.

Элементы производственной среды, воздействующие на человека в процессе труда, называют *производственными факторами*. В течение всей деятельности человек находится под непрерывным воздействием многочисленных *материальных факторов*: физических, химических и биологических. Кроме того, на человека как существо социальное непосредственное влияние оказывают *психогенные факторы*.

Совокупность производственных факторов, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда, называют *условиями труда*. Совершенно бесспорно, что человек должен работать в соответствующих его организму условиях труда.

Окружающая среда через условия труда посредством производственных факторов оказывает постоянное воздействие на организм человека. По отношению к здоровью человека эти воздействия могут быть благоприятными, безразличными, а могут и наносить вред – вызывать в тяжелых случаях травмы и заболевания вплоть до летального исхода.

*Травмой* (от греч. trauma – рана) называют нарушение анатомической целостности тканей и органов тела или физиологических функций организма под действием внешних факторов, сопровождающееся их расстройством, а под *заболеванием* понимают нарушение жизненных функций организма. В такой трактовке заболевание является более общим понятием, включающим в себя понятие травмы. Однако для практических целей удобнее рассматривать отдельно травмы и отдельно, самостоятельно прочие (кроме травм) заболевания; последние при этом также называются заболеваниями.

Характерным признаком травмы, отличающим ее от заболевания, является *внезапное* и *мгновенное* (или, по крайней мере, *быстрое*)

повреждение тканей и органов человека, возникающее, как правило, после однократного воздействия на него внешнего фактора. Нарушение функций тканей и органов происходит либо в момент травмирования, либо вскоре после него. Это позволяет довольно точно фиксировать время травмирования.

В противоположность травме заболевание является результатом *длительного и постоянного* действия неблагоприятных факторов, *постепенно* нарастающих изменений в организме. Момент заболевания часто бывает невозможно установить; можно лишь говорить о промежутке времени, в пределах которого наступило заболевание. Зачастую эти промежутки исчисляются месяцами.

Производственные факторы по характеру воздействия их на человека делят на опасные и вредные.

*Опасным* называют такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к травме или летальному исходу. К опасным факторам относятся, например, движущиеся машины и механизмы, острые предметы, горячие поверхности, электрический ток, обрушения и обвалы горных пород, внезапные выбросы угля и газа, горные удары и др.

Если воздействие опасного фактора случилось в производственных условиях, то говорят, что с человеком произошел *несчастный случай на производстве*. Другими словами, производственный несчастный случай – это случай получения работником производственной травмы.

Совокупность производственных травм у работающих за определенный период времени образует такое негативное явление, как *производственный травматизм*.

*Вредным* называют такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности. К вредным факторам относят, например, создаваемые оборудованием шумы и вибрации; повышенную или пониженную температуру, влажность и подвижность воздуха; недостаточную освещенность; электрические и магнитные поля; токсичные газы, пары и пыли; патогенные микроорганизмы, нервно-психические перегрузки и др.

Заболевания подразделяют на профессиональные и общие (бытовые). Заболевание считается *профессиональным*, если оно вызвано вредностями (вредными факторами), свойственными данному производству, и если оно не встречается или почти не встречается вне условий этого производства. Частным случаем профессионального заболевания является профессиональное отравление. Профессиональные отравления бывают острыми и хроническими.

Количество профессиональных заболеваний у определенных групп населения (работников, спортсменов и т.д.) за определенный период времени называют *профессиональной заболеваемостью*.

Необходимо отметить, что между опасными и вредными факторами нет принципиальной разницы, так как один и тот же фактор в зависимости от уровня и продолжительности воздействия может оказаться причиной и болезни, и травмы. Например, выделяющаяся на производстве пыль, попадая в организм, может вызвать профессиональную болезнь – силикоз, а попадая в глаз, – ранить его; шум может быть причиной профессиональной болезни – тугоухости и может вызвать слуховую травму – разрыв барабанной перепонки; ионизирующее излучение может вызвать лучевую болезнь, но может причинить и молниеносное лучевое поражение.

В науке БЖД предложенные стандартом понятия «опасный фактор» и «вредный фактор» объединяют в одно понятие – *опасность*, считая его более объемным, учитывающим все формы неблагоприятного воздействия на человека. При этом под опасностью понимают предметы, процессы, явления, воздействия или состояния, вызывающие нежелательные последствия. К нежелательным последствиям относят: ущерб здоровью и жизни человека, аварии и т.п.

С опасностями человек знаком с момента появления на Земле. В начале это были *природные опасности*: пониженная или повышенная температура воздуха, атмосферные осадки, солнечная радиация, молнии, землетрясения, наводнения, ураганы, лесные пожары и другие стихийные явления, встречи с дикими животными, ядовитыми насекомыми и растениями и т.д.

С развитием человеческого общества к природным опасностям непрерывно прибавлялись *техногенные опасности*, т.е. рожденные техникой: электрический ток, электромагнитное поле, повышенный уровень радиации, токсичные вещества, пожароопасные материалы, шум, вибрации и многое другое. Техногенные опасности могут проявляться в форме аварий технических систем, пожаров, взрывов и других трудно предсказуемых событий. Люди, попадая в зону действия этих событий, рискуют получить заболевания или травмы различной степени тяжести.

Нужно сказать, что и сам человек является источником опасности. Своими действиями или бездействием он может создать для себя и окружающих реальную угрозу жизни и здоровью. Опасности, создаваемые людьми, весьма разнообразны. Войны, социально-политические конфликты, преступления, алкоголизм, наркомания, СПИД, голод, нищета, низкая культура общения между людьми – эти и

подобные им пороки человеческого общества относятся к *социальным опасностям*.

Как видим, опасности окружающего мира можно условно разделить на три группы: природные, техногенные и социальные.

Ученые утверждают, что, какой бы деятельностью ни занимался человек, где бы он ни находился, всегда рядом с ним существует скрытые силы, представляющие для него угрозу. Это – *потенциальные* (от лат. *potentio* – скрытая сила, мощь, возможность) *опасности*.

Наличие вокруг нас потенциальных опасностей, однако, не означает, что несчастье непременно произойдет. Для этого нужны определенные условия, которые называют *причинами*.

Мы каждый день пьем чай. Кипяток – это потенциальная опасность. В любой момент мы можем ошпарить себя. Но, к счастью, это случается редко. Причиной несчастного случая обычно служит наша собственная беспечность или неосторожность окружающих.

Чтобы сохранить свое здоровье и жизнь, надо хорошо знать и своевременно устранять причины, при которых происходит превращение потенциальных опасностей в действительные, реальные.

Жизненный опыт свидетельствует, что любая деятельность потенциально опасна. Это утверждение носит аксиоматический характер.

Потенциальную опасность системы «человек-среда» определяют обе ее подсистемы, оба элемента: человек и среда. Опасную обстановку может порождать как человек, проявляющий невнимательность, неосторожность или халатность, так и любой фактор среды (техника, технология, организация труда, природные условия и т.д.). Однако многочисленные случаи свидетельствуют, что потенциальная опасность системы, одним из элементов которой является человек (эрратической системы) зависит больше от допускаемых человеком ошибок, от человеческого фактора, нежели от надежности элементов окружающей среды.

Опасности могут возникать как при *нормальной* (обычной, штатной) *ситуации* (обстановке) на производстве и в быту, так и в условиях *чрезвычайных ситуаций* мирного и военного времени.

К чрезвычайным ситуациям и происшествиям относят отклонения от обычного, нормального хода событий, сложившиеся на определенной территории в результате:

- а) опасного природного явления (стихийного бедствия);
- б) производственной аварии или катастрофы (чрезвычайного техногенного события);
- в) загрязнения окружающей среды промышленными отходами и другими веществами (чрезвычайного экологического события);

г) применения современных средств поражения противника (социально-политических конфликтов).

Чрезвычайные ситуации могут повлечь и влекут за собой человеческие жертвы, наносят ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, причиняют значительные материальные потери и нарушают условия нормальной жизнедеятельности человека.

Опасность может быть оценена количественно, например, величиной риска. В БЖД под *риском* нанесения того или иного ущерба здоровью человека подразумевают частоту (вероятность) возникновения нежелательного события за определенный промежуток времени. Жизненная практика показывает, что в процессе деятельности не удастся достичь такого уровня опасности (риска), при котором исключались бы нежелательные последствия. А поскольку возможные опасности нельзя устранить, то возникло желание снизить уровень до допустимого, приемлемого уровня. Такой риск называется *приемлемым*. Приемлемый риск зависит от характера последствий. Величина риска, которая в силу объективных закономерностей не могла быть сведена к нулю, называется остаточным риском.

Антонимом (словом с противоположным значением) к слову «опасность» является термин «безопасность».

*Безопасность* – это состояние деятельности, при котором с определенной степенью вероятности исключено воздействие опасности на человека. Безопасность деятельности – пожалуй, одна из важнейших сторон научных и практических интересов человечества с древнейших времен до наших дней.

Говоря о безопасности, чаще всего имеют в виду безопасность труда. В процессе труда потенциальные опасности действительно проявляются наиболее четко. Но и в условиях любой другой деятельности человек подвержен различным опасностям. Следовательно, если подходить к вопросу с социальных позиций, то в равной степени важно обеспечить безопасность человека, как в производственных, так и в бытовых или любых других условиях его жизни и деятельности.

Практика свидетельствует о том, что абсолютная безопасность деятельности недостижима. Стремление к абсолютной безопасности в ряде случаев вступает в антагонистическое противоречие с техническими и экономическими возможностями общества на каждом этапе его развития. В то же время жизненные наблюдения убеждают, что воздействия опасностей, вызывая травматизм и заболевания, аварии и катастрофы, оказывают деструкционное влияние на ход производственного процесса, снижают его эффективность. В результате обществу наносится огромный материальный ущерб. Следовательно,

потенциальная опасность деятельности обуславливает необходимость разработки мер защиты работающих от действия опасных и вредных факторов.

В ходе эволюционного и социального развития у человека выработалась надежная *естественная система защиты* от неблагоприятных факторов окружающей среды. Основу естественной системы защиты человека от опасностей составляют *нервная система* и ее подсистемы – *анализаторы*: зрительный, слуховой, тактильный (осязательный) и др. Анализаторы – особые чувствительные устройства в организме человека. Они принимают и анализируют сигналы, поступающие из внешнего мира и внутренней среды организма, и таким образом обеспечивают целесообразную реакцию организма на каждое изменение условий окружающей среды. Это, в свою очередь, дает организму возможность более совершенно приспособиться к окружающему внешнему миру и сохранить относительное постоянство внутренней среды организма (обеспечить *гомеостаз*). При определенных условиях естественная система защиты человека оказывается вполне достаточной, чтобы защитить работающего от опасности, особенно если их уровни незначительны.

Чтобы организм адекватно реагировал на разнообразную информацию окружающего мира, необходимо постоянно заботиться о сохранении способности анализаторов, нервной и других систем выполнять свои специфические функции. Для этого необходимо соблюдать определенные правила, выполнять конкретные меры, которые в совокупности составляют, как сейчас говорят, *здоровый образ жизни*.

Одновременно со средствами естественной защиты человек на всех этапах развития общества постоянно стремился обеспечить личную безопасность и сохранение своего здоровья с помощью искусственных средств защиты.

*Искусственная система защиты человека* строится на определенных принципах (идеях, руководящих правилах) и *методах* (способах). При воплощении принципов и методов достижения безопасности используют различные *средства защиты*, т.е. средства, применение которых предотвращает или уменьшает воздействие на работающих опасных и вредных факторов. Средства защиты предназначены для защиты одного работающего (*средства индивидуальной защиты* – СИЗ) или для защиты двух и более работающих (*средства коллективной защиты* – СКЗ).

В производственной обстановке должна обеспечиваться не только безопасность труда работающих, но также и *безопасность производственного оборудования и производственного процесса*.

Применительно к оборудованию или процессу их безопасность – это свойство производственного оборудования (процесса) соответствовать с определенной степенью вероятности требованиям безопасности труда в заданных условиях. Требования безопасности – правила, нормы, условия – устанавливаются законодательными актами и нормативно-технической документацией по охране труда.

Объективная необходимость разработки искусственных мер защиты человека от воздействия опасностей обусловила появление и развитие соответствующих теоретических и практических знаний. Эта система профессиональных знаний именуется ныне «Безопасность жизнедеятельности (БЖД)».

Коротко *БЖД* – область научных знаний, изучающая опасности и способы защиты от них. Можно дать следующее развернутое определение БЖД:

*Безопасность жизнедеятельности* – это научная и учебная дисциплина, изучающая закономерности системы «человек-среда обитания» и разрабатывающая мероприятия и средства по предотвращению или уменьшению воздействия опасностей на человека в процессе деятельности с целью сохранения его работоспособности, здоровья и жизни.

Любая наука имеет свой *объект* (то во внешнем мире, на что направлено познание, практическое действие) и *предмет* (то в объекте, что подлежит познанию, воздействию). *Объектом* изучения БЖД как науки является деятельность человека во всех ее проявлениях и формах (труд, быт, творчество, отдых и т.д.), а *предметом* изучения – обеспечение безопасности.

Безопасность выступает как цель учебной дисциплины БЖД. Понятия «Безопасность» и «Безопасность деятельности» соотносятся между собой как цель и средство достижения цели.

БЖД решает три блока взаимосвязанных *задач*:

1. Идентификация (распознавание и количественная оценка) потенциальных опасностей. Идентификация означает процесс обнаружения и установления количественных, временных пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности. В процессе идентификации выявляется номенклатура (перечень) опасностей, вероятность их появления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи;



Профилактика (предупреждение) опасностей, т.е. изучение и разработка предупредительных мер защиты от опасностей на основе сопоставления затрат и выгод по альтернативным решениям;

Ликвидация последствий опасностей, т.е. изучение методов борьбы с реальными опасностями и разработка мероприятий по ликвидации и смягчению тяжести возможных неблагоприятных последствий опасностей (исходя из концепции остаточного риска).

**Вопросы для самопроверки.** 1. Назовите основные понятия в науке «Безопасность жизнедеятельности». 2. Дайте определение вредного и опасного производственного фактора. 3. Какие основные задачи решает «Безопасность жизнедеятельности»?

## 1.2. Характеристика форм трудовой деятельности

*Классификация основных форм трудовой деятельности человека.* Виды труда многообразны. Тем не менее они имеют как различия, так и общие черты. При любом виде труда затрачивается энергия, наблюдаются физиологические сдвиги в организме.

Известные формы труда издавна условно делят на физический и умственный труд. В зависимости от основных характеристик и физиологических требований, предъявляемых к организму, различают следующие виды этих форм труда.

*Труд физический* (например, труд грузчика, каменщика, горнорабочего) имеет место при отсутствии механизации, требует значительной мышечной активности и, следовательно, связан с повышенными энергетическими затратами. В современных формах трудовой деятельности в чистом виде практически не встречается или не играет существенной роли.

*Механизированные формы труда* (например, труд токаря) связаны с обслуживанием различных станков и машин. При таких формах труда наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы дистальных (отдаленных) отделов конечностей, которые обеспечивают большую скорость и точность движений, необходимых для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, однообразный и малый объем воспринимаемой в процессе труда информации, приводящий к монотонности труда. При этом снижается возбудимость анализаторов (зрения, слуха и т.д.), рассеивается внимание, снижается скорость реакции и быстро наступает утомление.

*Автоматизированный и полу автоматизированный труд* (например, труд наладчика, штамповщика, ткача) предполагает выключение человека из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм, машина. Задача человека ограничивается выполнением простых операций по обслуживанию станка: подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь обработанную деталь. Для этого вида работ характерны монотонность, повышенный темп и ритм работы, утрата творческого начала.

*Конвейерный, или групповой, труд* (например, труд по сборке часов) характеризуется дроблением процесса труда на операции, заданным (навязываемым рабочему) ритмом работы, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью движущейся конвейерной ленты. Работы при конвейерной форме труда могут быть как относительно легкими, например, при сборке радиоприемников, так и требующими значительных физических усилий, что наблюдается при сборке автомашин. Для конвейерного труда характерна следующая особенность: чем меньше интервал времени, затрачиваемый работником на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание, что приводит к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению. Часто конвейерный труд выполняется в условиях скопления большого числа рабочих в одном помещении.

*Формы труда, связанные с дистанционным управлением* производственными процессами и механизмами, предполагают, что человек включен в систему управления как необходимое оперативное звено. В случаях, когда пульты управления требуют частых активных действий человека, внимание работника получает разрядку в многочисленных движениях и двигательных актах. В случае редких активных действий работник находится главным образом в состоянии готовности к действию.

*Формы интеллектуального (умственного) труда* по организации трудового процесса, характеру нагрузки, степени эмоционального напряжения подразделяются на операторский труд, управленческий труд, труд преподавателей и медицинских работников, труд учащихся и студентов, творческий труд.

Работа оператора отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением. Так, например, авиадиспетчеру приходится перерабатывать большой объем информации за короткое время в условиях повышенной нервно-эмоциональной напряженности. Труд руководителей учреждений, предприятий, организаций (управленческий труд) характеризуется

чрезмерным ростом объема информации, возрастанием дефицита времени для ее переработки, повышенной личной ответственностью за принятое решение, периодическим возникновением конфликтных ситуаций. Отличительными особенностями труда преподавателей и медицинских работников являются постоянные контакты с людьми, повышенная ответственность, часто дефицит времени и информации для принятия правильного решения, что обуславливает высокую степень нервно-эмоционального напряжения. Труд учащихся и студентов характеризуется напряжением основных психических функций, таких, как память, внимание, восприятие; ему свойственны стрессовые ситуации (экзамены, зачеты).

Наиболее сложной формой трудовой деятельности, требующей значительного объема памяти, напряжения, внимания, является творческий труд. Труд научных сотрудников, конструкторов, писателей, композиторов, художников, архитекторов приводит к значительному повышению степени нервно-эмоционального напряжения. При нервно-эмоциональном напряжении, связанном с умственной деятельностью, можно наблюдать тахикардию (частое сердцебиение), повышение кровяного давления, изменения ЭКГ, увеличение легочной вентиляции и потребления кислорода, повышение температуры тела и другие сдвиги со стороны вегетативных функций.

Энергозатраты человека в процессе жизнедеятельности зависят от интенсивности мышечной работы, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других условий (температура, влажность, движения воздуха и др.).

Суточные затраты энергии для лиц умственного труда (инженеры, врачи, педагоги и др.) составляют 10,5-11,7 МДж (2500-2800 ккал); для работников механизированного труда и сферы обслуживания (рабочих, обслуживающие автоматы, медсестры, продавцы) – 11,3-12,5 МДж; для работников, выполняющих работы средней тяжести (станочники, шахтеры, литейщики, хирурги, сельскохозяйственные рабочие и др.) - 12,5-15,5 МДж; для работников, выполняющих тяжелую физическую работу (горнорабочие, металлурги, лесорубы, грузчики), - 16,3-18 МДж.

Затраты энергии меняются в зависимости от рабочей позы. При работе сидя затраты энергии превышают на 5-10 % уровень основного обмена; при работе стоя – на 10-25 %; при вынужденной неудобной рабочей позе – на 40-50 %. При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии составляет 15-20 % от общего обмена в организме, хотя масса мозга составляет около 2 % от массы тела.

Повышение обмена веществ и расхода энергии при работе приводит к повышению теплообразования. При тяжелой физической работе температура тела может повышаться на 1-1.5 °С.

*Физический труд* требует преимущественно мышечных усилий; он характеризуется в первую очередь усиленной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд недостатков: низкую производительность, необходимость высокого напряжения физических сил и потребность в длительном отдыхе (до 50 % рабочего времени). Отрицательные последствия физического труда обуславливают его социальную неэффективность.

При анализе мышечной деятельности различают два вида работ: динамическую и статическую работу.

Следует отметить, что широко используемые в физиологии труда понятия «труд» и «работа» неадекватны (различны). Термин «работа» обозначает все виды деятельности, связанные с затратой энергии и выходом организма из состояния покоя. Работа выполняется при любом виде труда, но не всякая работа может быть отнесена к трудовой деятельности. Например, человек, бросивший камень в воду и наблюдающий за расходящимися кругами, с физиологической точки зрения выполняет определенную работу, затрачивая при этом энергию, но, очевидно, никто не отнесет эти действия к труду.

Динамическая работа связана с перемещением груза (вверх, вниз или по горизонтали), а также какого-либо звена двигательного аппарата человека в пространстве. Такое перемещение сопровождается периодическим сокращением длины отдельных мышц при их напряжении. При этом энергия расходуется как на поддержание определенного напряжения в мышцах, так и на механический эффект работы. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг, то производимая работа характеризуется как легкая (энергозатраты до 172 Дж/с); 5-15 кг – работа средней тяжести; свыше 15 кг – тяжелая работа.

Статическая работа связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии и с принятием человеком рабочей позы. Напряжения в мышцах при ней развиваются без изменения их длины, без активного перемещения частей тела. Она тоже сопровождается расходом энергии. Так, работа, требующая нахождения работающего в статической позе от 10 до 25 % рабочего времени, оценивается как работа средней тяжести (энергозатраты 172-293 Дж/с); 50 % и более – тяжелая работа (энергозатраты свыше 293 Дж/с). Однако

при статическом напряжении мышц сосуды в них сдавливаются, что приводит к нарушению кровообращения, застою крови и накоплению в ней недоокисленных продуктов, а отсюда к быстрому утомлению и снижению мышечной выносливости и силы мышц. Поэтому статическая работа более утомительна, чем динамическая. Кроме того, статическая работа при неправильной позе может вызвать искривление позвоночника: *сколиоз* (боковое искривление) и *кифоз* (искривление выпуклостью назад).

Динамическая и статическая нагрузки характеризуют такой показатель физического труда, как *тяжесть* выполняемой работы. Физическая тяжесть определяется по мощности работы (величине работы в единицу времени), значению статического усилия; учитываются масса поднимаемого изделия и расстояние его перемещения, рабочая поза, характер рабочих движений, физиологические сдвиги (изменения) в организме (в нервной, дыхательной, сердечнососудистой системах, в крови, водно-солевом и витаминном обмене), степень напряжения физиологических функций (частота пульса, энергозатраты и др.).

По тяжести труда различают (по ГОСТ 12.1.005-88) следующие категории физических работ: I – легкие работы с энергозатратами до 172 Дж/с; II- работы средней тяжести с энергозатратами от 172 до 293 Дж/с; III - тяжелые работы, при которых затрачивается энергия более 293 Дж/с.

Разновидностью физических работ являются работы по подъему и переноске тяжестей вручную. Жизненный опыт свидетельствует, что систематический подъем и перемещение тяжестей вручную приводят к плоскостопию, расширению вен, грыже, тромбофлебиту и другим заболеваниям. Поэтому должно уделяться серьезное внимание правильной организации таких работ. Исследованиями установлено, что при перемещении тяжестей вручную физиологические сдвиги в организме человека зависят от его пола и возраста. Учитывая это, нормативные документы устанавливают нормы предельно допустимых нагрузок при подъеме и перемещении тяжестей, различные для подростков, женщин и мужчин.

К работе по перемещению грузов вручную запрещается привлекать подростков до 16 лет.

Масса перемещаемого груза должна составлять: а) для юношей (16-18 лет) – не более 16 кг, для девушек (16-18 лет) – не более 10 кг; б) для женщин – 10 кг (при подъеме на высоту до 1,5 м или переносе в течение смены) или 15 кг (при чередовании с другой работой); в) для мужчин (старше 18 лет) – 50 кг. Суммарная масса перемещаемых грузов для женщин установлена не более 7 т в смену. Все нормы

действительны при перемещении тяжести по горизонтальной плоскости на расстояние до 60 м. Перемещение груза в вертикальном направлении без приспособлений разрешается на высоту не более 1,5 м, по наклонной плоскости с уклоном не более  $1/3$  - на высоту не более 3 м.

С утяжелением физических работ наблюдаются существенные физиологические сдвиги в системах организма: возрастает число сердечных сокращений, объем крови (с 50 до 150 мл), выбрасываемой при каждом сокращении сердца, артериальное давление; изменяется состав крови, а также водно-солевой и витаминный обмен. Физиологические сдвиги усугубляются при наличии опасной ситуации или других экстремальных условий. В этом случае у человека вырабатывается адреналин (гормон, вызывающий усиление и учащение сердечных сокращений), а у очень агрессивного человека - норадреналин. Норадреналин приводит организм в состояние повышенной физической работоспособности; в то же время агрессивного человека он может спровоцировать на резкие, необдуманные поступки, иногда даже опасные для окружающих. Такие люди, работая в экстремальных условиях, быстро переутомляются («перегорают»), что может привести в конечном итоге к травмированию.

Для облегчения тяжелого физического труда должны применяться соответствующие средства механизации.

*Умственный труд* объединяет работы, связанные с восприятием и переработкой информации и принятием решений. Восприятие информации в основном осуществляется зрительным и слуховым анализаторами. Переработка информации и принятие решений являются функциями центральной нервной системы (ЦНС). При умственном труде наряду с сенсорным (связанным с органами чувств) аппаратом включаются в действие высшие психические функции, такие, как внимание, память, воображение и мышление. Поэтому физиологические сдвиги при умственном труде наблюдаются прежде всего в ЦНС. Через ЦНС физиологические сдвиги проявляются в работе других систем человека. Так, при умственной работе снижается уровень сахара в крови, увеличивается содержание неорганического фосфора, холестерина, креатина. Когда умственная работа связана с нервно-эмоциональным напряжением, повышается кровяное давление, учащается пульс до 115 ударов в минуту, увеличивается количество эритроцитов и т.д. Особенностью некоторых видов умственного труда является повышенное эмоциональное напряжение, других – однообразие и простота выполнения функций (монотония). Однако во всех случаях умственной деятельности основным является участие нервной системы, ее центральных отделов.

Для умственного труда характерна *гипокинезия*, т.е. значительное понижение мышечной активности человека, которое ухудшает реактивность организма (способность его отвечать на внешние или внутреннее раздражение) и повышает эмоциональное напряжение. Гипокинезия является одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии (болезненные отклонения от нормы) у лиц умственного труда. Длительная умственная нагрузка оказывает гнетущее влияние на психику человека: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятие (появляется большое число ошибок).

Гипокинезия вызывает *гиподинамию* – нарушение функций опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения.

Умственный труд подразделяют на три типа: сенсорный, сенсомоторный и логический. Первые два термина происходят от латинского слова *sensus* – чувство, ощущение. В основе *сенсорного труда* лежат действия по восприятию объекта. Труд сенсорного типа сводится к приему информации, поступающей по одним каналам связи, и передаче ее практически в неизменном виде по другим каналам. Типичный пример подобного типа труда – работа телеграфиста. Основное качество такой работы – пропускная способность. В основе *сенсомоторного труда* лежат действия по восприятию объекта и изменению его положения в пространстве путем непосредственного перемещения (руками, ногами) или непосредственно с использованием орудий труда (переключение скорости при управлении автомобилем, ручная нарезка резьбы с помощью метчика или плашки и т.п.). Таким образом, труд сенсомоторного типа заключается в приеме информации и в выработке стандартного ответа. Труд *логического типа* заключается в приеме информации, ее переработке и выработке нестандартных решений. Примером такого труда является поиск неисправностей в приборе для измерения давления воздуха, работа горноспасателя при аварии в шахте и т.д. При умственном труде логического типа большое значение имеет процесс творческого мышления, позволяющий выбирать оптимальный вариант решения из ряда логически обусловленных вариантов. Поиск такого решения основывается на сложных ассоциациях, связанных с опытом, знаниями, а также с особенностями нервной системы человека.

Если физический труд оценивается тяжестью, то умственный труд – *напряженностью*. Напряженность труда характеризуется прежде всего степенью напряжения внимания. Это определяется числом производственно важных объектов, за которыми нужно одновременно наблюдать, длительностью сосредоточенного внимания, количеством

поступающих в единицу времени сигналов. Важное значение имеют также эмоциональное напряжение, состояние анализаторов (зрительного, слухового и др.), их взаимоотношения, степень монотонности труда. На напряженность труда оказывает также влияние график сменности, наименее напряженной считается работа, которая систематически выполняется в утреннюю смену, а наиболее напряженной – в случае чередования смен, включая работу ночью. От напряженности умственного труда страдает также психика человека. Нервно-психические заболевания часто выводят из строя операторов и диспетчеров автоматизированных систем управления уже к 40-45 годам. Ранняя потеря трудоспособности приводит к большим экономическим потерям общества.

По напряженности к наиболее высокой категории относят работу, связанную с творческой деятельностью, а по степени монотонности труда - такую, когда рабочая операция слишком упрощена и число входящих в нее элементов не превышает 2-3.

*Гигиеническая классификация труда.* В производственных условиях человек может подвергаться воздействию одновременно нескольких вредных и опасных факторов. Для оценки степени их опасности и вредности и установления приоритетности (очередности) в проведении оздоровительных мероприятий используется «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом России 29.07.05).

В основу классификации положены факторы производственной среды и трудового процесса, опасность их воздействия на работоспособность и здоровье работающих. По этим показателям выделяют три класса условий и характера труда с учетом превышения гигиенических нормативов.

I класс – *оптимальные* условия и характер труда, при которых исключены неблагоприятные воздействия на здоровье работающих опасных и вредных производственных факторов, создаются предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности (полное отсутствие, либо не превышение уровней, принятых в качестве безопасных).

II класс – *допустимые* условия и характер труда, при которых уровень опасных и вредных производственных факторов не превышает установленных гигиенических нормативов на рабочих местах, а функциональные изменения в организме, вызванные трудовым процессом, восстанавливаются во время регламентированного отдыха и не оказывают неблагоприятного воздействия на состояние здоровья работающих и их потомство в ближайшем и отдаленном будущем.



III класс – *вредные и опасные* условия и характер труда при которых возможно воздействие опасных и вредных производственных факторов в значениях, превышающих гигиенические нормативы; они вызывают функциональные изменения организма, которые могут привести к стойкому снижению работоспособности и (или) нарушению здоровья работающих.

В этом классе выделяют 3 степени, каждая из которых включает условия и характер труда, вызывающие определенные функциональные нарушения. Последние имеют следующие особенности:

1-я степень – при раннем выявлении и после прекращения воздействия носят обратимый характер;

2-я степень – способствуют росту показателей заболеваемости с временной утратой трудоспособности и в отдельных случаях появлению признаков или легких форм профессиональных заболеваний;

3-я степень – обуславливают повышенную опасность развития профессиональных заболеваний, повышенную заболеваемость с временной утратой трудоспособности.

4-я степень – условия труда при которых могут возникнуть тяжелые формы профессиональных заболеваний с потерей общей трудоспособности.

При наличии двух или более вредных и опасных производственных факторов и факторов трудовой деятельности условия труда оцениваются по наиболее высокому классу и степени.

Степень вредности факторов производственной среды и тяжести работ устанавливается в баллах по критериям, приведенным в гигиенической классификации труда, и проставляется в таблице – Карте условий труда на рабочем месте. Баллы, установленные по степени вредности факторов и тяжести работ, корректируются с учетом продолжительности действия факторов в течение смены по формуле:

$$X_{\phi} = X_{cm} \cdot T,$$

где  $X_{cm}$  – степень вредности фактора или тяжести работ, установленная по показателям Гигиенической классификации труда;  $T$  – отношение времени действия данного фактора к продолжительности рабочей смены.

Например, если работник на данном рабочем месте находится 360 мин. в условиях повышенного шума (в остальное время шумогенерирующая установка отключена), то фактическая степень вредности шума при длительности рабочей смены 480 мин. составляет

$$X_{\phi} = 2 \text{ балла} \cdot (360 \text{ мин} / 480 \text{ мин}) = 1,5 \text{ балла}.$$

Оценка фактического состояния условий труда на рабочем месте производится по сумме значений  $X_{\phi}$ . В зависимости от полученного числа фактических баллов работникам начисляются доплаты к тарифной ставке (окладу) в размере 4-12 % на работах с тяжелыми и вредными условиями труда и 16-24 % на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда.

*Утомление.* В процессе выполнения труда большой тяжести, напряженности или продолжительности у человека может развиваться состояние пониженной работоспособности организма, которое объективно оценивается как *утомление*, а субъективно воспринимается в виду чувства усталости. Утомление, как снижение работоспособности, выражается в количественном и качественном ухудшении результатов труда. Количественным показателем является обычно число изделий или операций, выполняемых в единицу времени (минута, час), а также удлинение периода выполнения операции. Ухудшение качественных показателей на производстве проявляется в появлении брака, выпуске продукции более низкого качества, допуске ошибок из-за ослабления внимания.

В утомленном организме наблюдается ряд характерных физиологических сдвигов. Утомление представляет собой обратимое физиологическое состояние. Если утомление не компенсируется отдыхом, то оно переходит в более стойкое состояние – *переутомление*, которое в дальнейшем может привести к развитию болезни, требующей лечения. В частности, при этом понижается сопротивляемость организма инфекционным заболеваниями. При чрезмерном утомлении возникает повышенная раздражительность, что может повлечь за собой развитие заболеваний сердечнососудистой системы. Утомление может быть причиной повышенного травматизма на производстве.

Различают быстро развивающееся утомление (первичное утомление) и медленно развивающееся утомление (вторичное утомление). Первое возникает при очень интенсивной работе, для которой требуется значительные физические усилия или значительное напряжение (работа грузчика, каменщика и др.); второе – при длительной малоинтересной работе (труд водителей, работа на конвейере и др.)

В результате влияния утомления на организм при работе наблюдается закономерные изменения работоспособности, определенная фазовость. Например, в начале рабочей смены имеет место стадия вработываемости, когда в первые 30 мин. - 1,5 часа работоспособность постепенно растет, достигая максимальных значений. После этого наступает стадия устойчивой высокой

работоспособности, продолжающаяся 1.5-3 ч. И, наконец, перед обеденным перерывом (за 30 мин. перед ним) появляются признаки утомления, отмечается фаза снижения работоспособности. Во второй половине рабочей смены перечисленные фазы повторяются. Необходимо отметить, что фазовые изменения работоспособности наблюдаются также в течение суток, недели и даже года, что позволяет планировать наиболее тяжелые и напряженные, опасные и ответственные работы в период максимальной работоспособности.

Состояние утомления можно установить по ряду субъективных и объективных признаков. К субъективным признакам относятся чувство усталости общее и локальное, желание снизить ритм работы или прекратить ее, чувство слабости в конечностях. Объективными признаками являются снижение внимания, осторожности, производительности труда и выраженные физиологические изменения в организме (изменения пульса, дыхания, артериального давления, характера двигательных реакций, функций восприятия). Внешне утомление проявляется в снижении работоспособности людей. В выраженных случаях утомления могут отмечаться и отдельные признаки невротического (нервного) характера: повышенная отвлекаемость, рассеянность, затруднение концентрации внимания, появление чувства тяжести в голове и др. Утомление развивается обычно к концу рабочего дня; после отдыха, особенно ночного, оно исчезает полностью.

Утомление может принимать формы переутомления и хронического утомления. Признаком переутомления является быстрое понижение работоспособности в течение рабочего дня (первая степень переутомления) или снижение работоспособности против обычного уже в первый час работы (вторая степень переутомления). Хроническое переутомление определяют следующие признаки: ощущение утомления еще до начала работы, повышенная раздражительность, ослабление интереса к работе и к окружающим, снижение аппетита, потеря веса, нарушение сна, трудное засыпание и пробуждение, бессонница, кошмарные сновидения и т.д., понижение сопротивляемости инфекциям, предрасположение к простудным заболеваниям. При хроническом переутомлении возможны тошнота, тремор (дрожание) вытянутых рук, пониженное артериальное давление.

При обнаружении признаков утомления (и тем более - переутомления) необходимо нормализовать режим труда и отдыха и произвести оздоровление внешней среды на рабочих местах.

*Пути сохранения работоспособности и повышения эффективности трудовой деятельности.* Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени определяют следующие

компоненты: предмет и орудия труда, организация рабочего места, гигиенические факторы производственной среды, работоспособность организма человека. *Работоспособность* – функциональные свойства организма человека, необходимые для выполнения конкретной работы. Эти свойства обусловлены состоянием его функциональных систем. Уровень функциональных возможностей зависит не только от гигиенических, технических условий труда и состояния здоровья, но и от возраста, степени тренированности, мотивации к труду и т.д.

В период трудовой деятельности функциональная способность организма изменяется во времени. Выше было указано, что в течение рабочего времени (например, рабочей смены) человек может находиться в трех сменяющих друг друга состояниях: в фазе вработывания, или нарастающей работоспособности, в фазе высокой устойчивой работоспособности и в фазе снижения работоспособности. Фазовое развитие работоспособности предопределяет необходимость соответствующего (правильного) планирования работы в течение рабочего времени.

Для повышения эффективности трудовой деятельности предусмотрены различные технические, медико-биологические, психофизиологические и организационные мероприятия: механизация и автоматизация производственных процессов; использование рекомендаций эргономики, инженерной психологии, производственной эстетики; улучшение санитарных условий труда, обеспечение соответствия производственной среды гигиеническим требованиям; установление рационального режима труда и отдыха; сокращение продолжительности рабочего дня и недели на тяжелых и вредных работах; внедрение методов и средств психофизиологической разгрузки работников; рациональная организация трудового процесса и т.д.

Повышение работоспособности, предупреждение утомляемости – многоплановые проблемы социального и физиологического характера.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Какие существуют основные формы трудовой деятельности. 2. Назовите особенности физического и умственного труда. 3. Как по тяжести труда различают (по ГОСТ 12.1.005-88) категории физических работ? 4. Какие Вы знаете классы условий труда? 5. Чем утомление отличается от переутомления?

### 1.3. Опасности среды обитания

*Определение и феномен опасности.* Опасностью принято называть явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в

определенных условиях наносить вред существованию человека непосредственно или косвенно. Проявлением опасности и доказательством ее существования могут быть утомление организма, снижение работоспособности, общие и профессиональные заболевания, физические и психические травмы, а иногда и смерть человека. К нежелательным последствиям опасностей относятся также аварии, катастрофы и вызываемый ими ущерб (социальный, экономический, технический, экологический и др.). Количество признаков, характеризующих опасность, может быть увеличено или уменьшено в зависимости от целей анализа.

Опасности в своей основе материальны. *Материальными носителями* (субстратами) опасностей являются объекты, формирующие трудовой процесс и входящие в него: 1) предметы труда (все то, что подвергается обработке, на что направлен труд человека. Они даны природой (например, полезные ископаемые, лес) или являются продуктами предшествующего овеществленного труда: сталь, чугун, древесина, хлопок и др.); 2) средства труда (машины, станки, инструменты, сооружения, здания, дороги и т.д.); 3) энергия (электрическая, химическая, атомная, механическая, тепловая, мускульная и др.); 4) продукты труда и полуфабрикаты; 5) технология, операции, действия; 6) природно-климатическая среда (грозы, наводнения, осадки, солнечная активность, физические параметры атмосферы т.д.); 7) флора, фауна, люди; 8) окружающая производственная среда.

Источники опасностей, которые вырисовываются при анализе производственной среды, делят на внешние и внутренние. Внешние источники опасности – это два рода явлений: состояние производственной среды и ошибочные, непредвиденные действия персонала, приводящие к авариям и создающие для людей рискованную обстановку (ситуацию). При этом разные факторы производственной среды действуют неодинаково: если техника и санитарно-гигиенические условия могут представлять непосредственную опасность, то социально-психологическая среда, неудовлетворительное состояние межличностных отношений в коллективе, за исключением разве что случаев прямого вредительства, влияют на человека через его психическое состояние, дезорганизуют его адаптивные (приспособленные) способности. Внутренние источники опасностей обусловлены характеристиками (личными особенностями) работающего, которые связаны с социальными и психологическими свойствами и представляют субъективный аспект опасности.

Опасности хранят все системы, имеющие энергию, химические или биологически активные компоненты, а также характеристики, не

соответствующие условиям жизнедеятельности человека. Несоответствие характеристик среды характеристикам человека порождает феномен (явление) опасности.

Объективной основой опасности является неоднородность системы "человек-среда". Неблагоприятные последствия, порождаемые этой системой, могут возникать вследствие различных диспропорций и дисфункций между человеком и средой.

Следует отметить, что понятие «опасность» применяется обычно по отношению к людям. Но оно употребимо и по отношению к животным и даже неодушевленным предметам.

*Номенклатура опасностей.* Номенклатура (лат. nomenclatura – роспись имен) – перечень названий, терминов, употребляемых в какой-либо отрасли науки, техники или искусства. В теории БЖД целесообразно выделить несколько уровней номенклатур: общую, локальную, отраслевую, объективную и др.

Общая номенклатура опасностей в алфавитном порядке, составленная проф., О.Н. Русаком, включает следующие виды опасностей:

- алкоголь, аномальная температура воздуха, аномальная влажность воздуха, аномальная подвижность воздуха, аномальное барометрическое давление, аномальная ионизация воздуха, арборициды;
- вакуум, взрыв, взрывчатые вещества, вибрация, вода, вращающиеся части машины, вулканы, высота;
- газы, гербициды, глубина, гиподинамия, гипокинезия, голод, горячие поверхности, гравитационная тяжесть;
- динамические перегрузки, дождь, дым, движущиеся предметы;
- едкие вещества;
- заболевания, замкнутый объем, землетрясения;
- избыточное давление в сосудах, инфразвук, инфракрасное излучение,
- ионизирующие излучения, искры;
- качка, кинетическая энергия, клаустрофобия, коррозия;
- лавины, лазерное излучение, лед, листопад;
- магнитные поля, макроорганизмы, медикаменты, метеориты, микроорганизмы, молнии (грозы), монотонность;
- нарушение газового состава воздуха, наводнение, накипь, невесомость, недостаточная прочность элементов, неровные поверхности, неправильные действия персонала, неудобная рабочая поза;

- огнеопасные вещества, огонь, оползни, оружие (огнестрельное, холодное и т.д.), острые предметы (колющие, режущие), отравления, охлаждение поверхности, ошибочные действия;

- падение (без установленной причины), пар, перегрузка машин и механизмов, перенапряжение анализаторов, пестициды, повышенная яркость света, пожары, пожароопасные вещества, потенциальная энергия, психологическая несовместимость, пульсация светового потока, пыль;

- рабочая поза, радиация, радиоволны, резонанс;

- сель, сенсорная депривация (продолжительное лишение сенсорных впечатлений), сильнодействующие ядовитые вещества, скорость движения и вращения, скользкие поверхности, снегопад, солнечная активность, солнце (солнечный удар), сонливость, статические перегрузки, статическое электричество;

- тайфуны, ток высокой частоты, туман;

- ударная волна, ультразвук, ультрафиолетовое излучение, умственное перенапряжение, ураганы, ускорение, утомление;

- химические вещества;

- циклоны, цунами;

- шум;

- электрическая дуга, электрический ток, электрическое поле, эмоциональный стресс, эмоциональное перенапряжение, эрозия;

- ядовитые вещества и др.

На основании общей номенклатуры опасностей рекомендуется составлять конкретную номенклатуру, в которой учитывается специфика отдельных объектов (производств, цехов, рабочих мест, процессов и т.д.). Достаточно подробно составленная номенклатура опасностей облегчает разработку мероприятий по обеспечению безопасности деятельности.

*Таксономия опасностей.* Таксономия (греч. taxis – расположение в порядке + nomos – закон) - наука о классификации и систематизации сложных явлений, объектов, понятий, имеющих обычно иерархическое (многоуровневое) строение. Поскольку опасность является понятием сложным, имеющим много признаков, таксономирование опасностей играет важную роль в организации научного знания в области безопасности деятельности, позволяет глубже понять природу опасностей.

Современная, достаточно полная таксономия опасностей еще не разработана.

Опасности можно классифицировать по следующим признакам:

а) по их происхождению: *естественные*, или *природные* (т.е. порожденные природной средой: пониженная или повышенная

температура воздуха, атмосферные осадки, встречи с дикими животными, стихийные явления природы и т.д.) и *антропогенные* (порожденные деятельностью человека и продуктами его труда). Среди антропогенных опасностей иногда выделяют *техногенные* (рожденные техникой: шум, электрический ток, ионизирующие излучения и т.д.), *экологические* (вредные выбросы и отходы производства, загрязняющие окружающую среду) и *социальные* (войны, социально-политические конфликты, голод, алкоголизм и т.д.);

б) по характеру воздействия на человека: *опасные* (приводящие человека к травме или летальному исходу) и *вредные* (приводящие человека к заболеванию) *факторы*;

в) по природе действия: *физические* (движущиеся машины и механизмы, повышенный уровень вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны и др.), *химические* (токсические, канцерогенные и другие вредные вещества), *биологические* (патогенные микро- и макроорганизмы), *психофизиологические* (физические и нервно-психические перегрузки);

г) по локализации (связанности с определенным местом): опасности, связанные с *литосферой, гидросферой, атмосферой, космосом*;

д) по продолжительности проявления отрицательных последствий: *импульсивные* (действуют мгновенно, внезапно) и *кумулятивные* (действуют после суммирования частых «раздражений»);

е) по структуре (строению): *простые* (электрический ток, повышенная запыленность воздуха и др.) и *производные* (порожденные взаимодействием простых опасностей: взрывы, пожары);

ж) по направленности действия на человека: *непосредственные*, или *прямые* (несут угрозу непосредственного поражения: шум, радиация, освещенность и др.) и *косвенные* (воздействуют на человека не сразу. Например, такое явление, как коррозия металла/шов, непосредственной угрозы для человека не представляет. Но в результате коррозии снижается прочность деталей, конструкций, машин, сооружений. При отсутствии надлежащей защиты это может привести к аварии, порождающей непосредственную опасность);

з) по характеру взаимодействия с человеком: *активные* (воздействуют на человека посредством заключенных в них энергетических ресурсов: шум, статистическая нагрузка, электрический ток, утомление, стресс, опасные свойства микро- и макроорганизмов, ядовитые вещества и др.), *пассивно-активные* (воздействуют, активизируясь за счет энергии, носителем которой является человек или оборудование: острые неподвижные элементы, неровности поверхности, по которой перемещается человек, уклоны и подъемы),



*пассивные* (проявляются опосредованно: это опасности, связанные с коррозией металлов, накипью, недостаточной прочностью конструкции, повышенными нагрузками на механизмы и машины и т.д.; формой проявления этих опасностей являются разрушения, взрывы и другие виды аварии);

и) по особенностям проявления поражающего действия: *реальные* или *явные* (существующие в действительности, угрожающие в данный момент времени), и *потенциальные* (существующие в скрытом виде, возможные, способные проявиться при определенных, нередко трудно предсказуемых условиях.). Свойство опасности проявляться только в определенных условиях называют *потенциальностью*. Переход от возможной опасности к действительной именуют *актуализацией опасности*;

к) по сфере проявления: *производственные, бытовые, дорожно-транспортные, спортивные, военные* и др.;

л) по последствиям: опасности, вызывающие утомление человека, заболевания, травмы, летальный исход, аварии и та;

м) по приносимому ущербу: опасности, приносящие *социальный ущерб* (ущерб здоровью, снижение продолжительности жизни и т.п.), *экономический ущерб* (снижение производительности труда, невыходы на работу, оплата больничных листов и т.д.), *технический ущерб* (выход из строя оборудования, разрушение сооружения и т.д.), *экологический ущерб* (загрязнение почвы, воды и т.д.).

Различают *априорные признаки* (предвестники) опасностей и *апостериорные* (следы) *признаки* опасностей

*Аксиома о потенциальной опасности деятельности.*

Человеческая практика показывает, что ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности. Это утверждение можно сформулировать в виде следующей аксиомы: *любая деятельность потенциально опасна.*

Справедливость аксиомы можно проследить на всех этапах развития системы «человек-среда обитания». Уже с момента своего появления на Земле человек, вынужденный заниматься необходимой для обеспечения его существования деятельностью, стал понимать, что деятельность может причинять ему вред, может вызывать те или иные опасности. Вначале это были опасности естественного происхождения: низкая температура, гроза, ядовитые грибы, солнечный удар, наводнение, лесной пожар, землетрясение и т.п. С развитием человеческого общества к природным опасностям прибавились многочисленные опасности техногенного происхождения: вибрации, электромагнитные поля, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, водоемах, почве и др.

Аксиома о потенциальной опасности предопределяет, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технология, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью *генерировать* опасные и вредные факторы. При этом любое новое позитивное действие или результат неизбежно сопровождается возникновением новой потенциальной опасности или группы опасностей. Так, еще первобытный человек создал надежное жилище, чтобы обеспечить себя и семью защитой от естественных опасностей: холода, дождя, молнии, солнечной радиации, диких животных и т.п. Но появление жилища грозило его обрушением, внесение в него огня - отравлением при задымлении, ожогами, пожарами.

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

Аналогично развиваются процессы и в производственной среде. Так, плазменная обработка металлов является прогрессивной технологией, но использование ее потребовало защиты работающих от токсичных аэрозолей, электромагнитного поля, повышенного шума, от электрических сетей высокого напряжения. Создание двигателей внутреннего сгорания решило многие транспортные проблемы, но одновременно привело к повышенному травматизму на автодорогах, породило трудно решаемые задачи по защите человека и природной среды от токсичных выбросов автомобилей (отработанные газы, масла, продукты износа шин и др.).

*Причины и следствия.* Любая опасность проявляется (реализуется) только в определенных условиях. Условия, при которых реализуются опасности, называются *причинами*. Другими словами, причины характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности обнаруживаются и вызывают те или иные нежелательные последствия (ущерб): травмы, заболевания, урон окружающей среде и др.

Считают, что процесс реализации потенциальной опасности в действительный ущерб (последствие) является трехступенчатым, представляет собой так называемую *триаду* (единство трех связанных между собой членов или частей): «опасность–причины–нежелательные последствия». Приводим примеры триад: 1) яд (опасность)–ошибка аптечного работника (причина)–отравление (нежелательное

последствие); 2) электрический ток–короткое замыкание–ожог; 3) алкоголь–употребление чрезмерного количества–смерть. Триада – это логическое отражение процесса развития, представляющего превращение потенциальной опасности в реальный ущерб.

Реальных опасностей без причин не существует. Поэтому знать причины не менее важно, чем опасности. Установление истинных причин – основа предупреждения неприятных последствий опасностей. Профилактика несчастных случаев базируется на поиске причин.

Причины могут зависеть, как от внешних условий, так и от человека. Своими действиями или бездействием человек может создать для окружающих и себя реальную угрозу жизни и здоровью. Установлено, что в общем объеме причин львиную долю составляют причины, зависящие от человека.

Анализ показывает, что одна и та же опасность может реализоваться в нежелательное событие через разные причины, т.е. каждая опасность по своей природе много причинна.

Между реализовавшимися опасностями и причинами существует причинно-следственная связь: опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая в свою очередь является следствием другой причины, и т.д. Таким образом, причины и опасности образуют иерархические, цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей чем-то напоминает ветвящееся дерево. В зарубежной литературе, посвященной анализу безопасности объектов, используются такие термины, как «дерево причин», «дерево опасностей», «дерево событий», «дерево отказов». В строящихся деревьях, как правило, имеются ветви причин и ветви опасностей, что полностью отражает динамический характер причинно-следственных связей. Разделение этих ветвей нецелесообразно, а иногда и невозможно. Поэтому графические изображения, полученные в процессе анализа безопасности объектов, точнее называть «деревьями причин и опасностей».

Чтобы получить дерево причин, надо к каждой найденной причине поставить вопрос: почему? Многоэтапный процесс ветвления «деревя» заканчивается тогда, когда установлены все причины, которые в конечном случае можно установить, или когда введены ограничения с целью определения его пределов. Эти ограничения целиком зависят от целей исследования.

Построение «деревьев» является эффективной процедурой выявления причин различных нежелательных событий (травм, аварий, пожаров, дорожно-транспортных происшествий и т.д.)

*Идентификация опасностей.* Термин «идентификация» (лат. identificare – отождествлять) означает признание тождественности, отождествление объектов, опознание.

Идентификация опасности – процесс распознавания образа опасности, установление возможных причин, пространственных и временных координат, вероятности проявления, величины и последствий опасности. Процедура идентификации позволяет выявить номенклатуру опасностей и установить определяющие их характеристики, возможный ущерб и другие параметры, которые необходимы и достаточны для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности.

Главное в идентификации заключается в установлении возможных причин проявления опасности. Полностью идентифицировать опасность очень трудно. Например, причины некоторых аварий и катастроф остаются невыясненными долгие годы или навсегда. Можно говорить о разной степени идентификации: более или менее полной, приближенной, ориентировочной и т.д.

*Квантификация опасностей.* Квантификация (лат. quantum – сколько) – это введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий. Применяются численные, балльные (с использованием баллов) и другие приемы квантификации.

Для оценки состояния безопасности деятельности используются методы теории вероятности и математической статистики (в частности, методы корреляционного анализа). В последние годы для оценки опасностей стали использовать риск (см. дальше).

*Методы анализа безопасности деятельности.* Анализ безопасности объекта или системы может осуществляться априорно или апостериорно, т.е. до или после нежелательного события. В обоих случаях метод анализа может быть прямым и обратным.

При *априорном* анализе исследователь выбирает такие нежелательные события, которые являются потенциально возможными для данной системы, и пытается составить набор различных ситуаций, которые могут привести к их появлению.

*Апостериорный* анализ выполняется после того, как нежелательные события уже произошли. Целью такого анализа является разработка рекомендаций на будущее.

Априорный и апостериорный анализы дополняют друг друга.

*Прямой* метод анализа событий состоит в изучении причин, чтобы предвидеть последствия. При *обратном* методе анализируются последствия, чтобы определить причины, т.е. анализ начинается с

венчающего события. Конечная цель всегда одна – предотвращение нежелательных событий.

*Последовательность изучения опасностей.* Изучение опасностей рекомендуется проводить в следующей последовательности.

Стадия I. Предварительный анализ опасности.

Шаг 1. Выявить источники опасности.

Шаг 2. Определить части системы «человек-среда», которые могут вызывать эти опасности.

Шаг 3. Ввести ограничения на анализ, т.е. исключить опасности, которые не будут изучаться.

Стадия II. Выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей.

Стадия III. Анализ последствий.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется опасностью? 2. Классификация опасностей по признакам. 3. Что собой представляет идентификация опасностей?

#### 1.4. Основные положения теории риска

*Определение термина «риск».* Многие виды деятельности человека связаны с определенной долей риска. С риском сопряжены труд и отдых, спорт и быт, творчество и изобретательство, научно-технический прогресс и прогнозирование. Элементы риска содержатся в таких профессиях, как летчик-испытатель и конструктор новой техники, водолаз и монтажник-высотник, пожарник и водитель автомобиля, шахтер и лесоруб, машинист электровоза и врач и т.д.

Но что такое риск? К сожалению, приходится констатировать, что у авторов, исследующих проблему риска, до сих пор нет единства в научных разъяснениях понятия «риск». Проблема риска является комплексной, требующей совместных усилий специалистов разного профиля: математиков, психологов, философов, экономистов, правоведов, инженеров и врачей. Само понятие риска оказывается весьма противоречивым. Не способствует прояснению его сущности и экстравагантность термина «риск». Ведь в сознании людей он связывается, как правило, не с производственной ситуацией, а с азартом игрока и бесшабашностью фаталиста, т.е. человека, верящего в предопределение, в рок, «в судьбу». Однако справедливости ради следует сказать, что существует немалая сложность научного анализа феномена «риск». Несмотря на все сложности, возникающие из-за неоднозначности данного термина, в настоящем уже нельзя от него

отмахнуться, поскольку он стал общепринятым в мире (хотя в отечественной литературе по безопасности это понятие пока не получило соответствующего признания).

В Толковом словаре русского языка понятие «риск» определяется как: (1) «возможность опасности, неудачи» (Идти на риск. С риском для жизни); (2) «действие наудачу в надежде на счастливый исход» (Действовать на свой страх и риск). Оба определения нельзя считать полными. Действительно, при риске человек подвергает себя разным видам опасности (физической, духовной, социальной). Но если расценивать риск только по наличию опасности, то к рискованным поступкам придется отнести и случаи членовредительства, суицида (самоубийства), поскольку эти события осуществляются в условиях опасности. Однако подобные поступки едва ли можно назвать рискованными. Под второе определение попадают, в частности, случаи, когда человек «сидит у моря и ждет погоды» или когда кто-то, не прилагая особых усилий, хочет найти клад. Эти поступки никак нельзя назвать рискованными. К тому же человек может рисковать лишь тогда, когда у него имеются условия выбора. Как видим, оба подхода страдают односторонностью: в первом в тени остается действие наудачу, во втором – момент опасности.

Исходя из изложенного, исследователь А.М. Котик в книге «Ошибки управления» (1985 г.) предлагает определять *риск* как действие наудачу в ситуации выбора в надежде на счастливый исход, когда при нежелательном исходе существует опасность оказаться в худшем положении, чем в случае несовершения этого действия.

Американский ученый В.Маршалл в своей книге «Основные опасности химических производств» (1989 г.) дает следующее определение: *риск* – это частота реализации опасностей.

Наиболее общим определением, по мнению проф. О.Н. Русака, признается такое: *риск* – это количественная оценка опасности.

*Виды риска.* Представляется целесообразным различать риски *потенциальным* и *реализовавшимся*. Потенциальный (скрытый) риск может проистекать как от природных явлений, так и от человеческой деятельности. Он зависит от свойств конкретного источника и не приносит вреда, пока он не проявился, пока остается нереализованным. Под действием объективных обстоятельств потенциальный риск преобразуется в реализовавшийся (активный) риск, и тогда возникает инцидент, т.е. случай, происшествие обычно неприятного характера.

Рекомендуется выделять *индивидуальный* и *социальный* риски. Индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида для отдельного индивидуума. Численно такой риск может быть подсчитан

как отношение тех или иных нежелательных последствий к их возможному числу за определенный период.

Приведем примеры расчета индивидуального риска.

*Пример 1.* Определить риск  $R$  Гибели человека на производстве в нашей стране за 1 год, если известно, что ежегодно погибает около  $n = 14$  тыс. человек, а численность работающих составляет примерно  $N = 138$  млн. человек.

$R = n/N = 14000/38000000 = 1/10000 = 10^{-4}$  смертельных исходов в год на человека.

*Пример 2.* На территории бывшего СССР, где проживало около 300 млн. человек, при ДТП ежегодно погибало 60 тыс. человек. Риск, быть ввергнутым в фатальный несчастный случай, связанный с ДТП, равен

$R = 6 \cdot 10^4 / 3 \cdot 10^8 = 1/5000 = 2 \cdot 10^{-4}$  смертельных исходов в год на человека.

*Пример 3.* На территории бывшего СССР вследствие различных опасностей погибли неестественной смертью около 500 тыс. человек ежегодно. Риск гибели жителя страны от опасностей составляет

$R = 5 \cdot 10^5 / 3 \cdot 10^8 = 1/600 = 1,7 \cdot 10^{-3}$  смертельных исходов в год на человека.

Индивидуальный риск фатального исхода в год, обусловленный различными причинами (по сведениям относящимся ко всему населению США за 1969 г.), характеризуют следующие данные: автомобильный транспорт –  $3 \cdot 10^{-4}$ ; падение –  $9 \cdot 10^{-5}$ ; пожар и ожог –  $4 \cdot 10^{-5}$ ; утопление –  $3 \cdot 10^{-5}$ ; отравление –  $2 \cdot 10^{-5}$ ; огнестрельное оружие –  $1 \cdot 10^{-5}$ ; станочное оборудование –  $1 \cdot 10^{-5}$ ; водный транспорт –  $9 \cdot 10^{-6}$ ; воздушный транспорт –  $9 \cdot 10^{-6}$ ; падающие предметы –  $6 \cdot 10^{-6}$ ; электрический ток –  $6 \cdot 10^{-6}$ ; железная дорога –  $4 \cdot 10^{-6}$ ; молния –  $5 \cdot 10^{-7}$ ; торнадо –  $4 \cdot 10^{-7}$ ; ураган –  $4 \cdot 10^{-7}$ ; все прочие –  $4 \cdot 10^{-5}$ ; общий риск –  $6 \cdot 10^{-4}$ ; ядерная энергетика (100 реакторов) –  $2 \cdot 10^{-10}$ .

Социальный (групповой) риск – это риск для группы людей. Такой риск выражает зависимость между частотой событий и числом пораженных при этом людей.

По мотивам поведения людей выделяют риски *мотивированный* и *немотивированный*.

Мотивированным называют риск, осуществляемый с целью получения какой-то выгоды и, таким образом, лучшей адаптации к сложившейся ситуации.

Немотивированный или надситуативный, риск (синонимы: непрагматичный, риск ради риска, спонтанный, т.е. самопроизвольный

стихийный) – это бескорыстный риск, когда субъект не приспосабливается к опасности, не извлекает каких-либо видимых вытекающих из ситуации (ситуативных) преимуществ (наград, поощрений, признания и т.д.), а осуществляет действия по самоутверждению, по доказательству своих возможностей противостоять опасности. Субъект как бы «вдруг» ставит перед собой цель, появление которой не продиктовано ситуацией и прямо не вытекает из нее. Например, немотивированный риск имеет место, когда альпинист при восхождении на гору специально выбирает более сложный и опасный путь, но делает это не корысти ради, а чтобы убедиться в своих возможностях, как бы раздвинуть границы, в которых он способен действовать.

Говоря о риске, следует разделять риск, связанный с производственной обстановкой, – *системный риск*, и риск, связанный с состоянием организма работающего, – *личностный риск*.

Системный риск выражает степень опасности производственной системы. Можно также считать, что системный риск является мерой предрасположенности системы к возникновению опасных ситуаций. Это означает, что системный риск – это свойство системы. Системный риск может быть общий, частный и специфический. Если рассматривать степень опасности системы в целом (например, все дорожное движение области), то будем иметь *общий системный риск*. Если рассматривать степень опасности части системы (например, движение на определенном участке пути), то говорят о *частном системном риске*. Наконец, если складываются особые обстоятельства, которые изменяют характеристики системы, скажем, в определенное время (например, погодные условия), тогда применяют термин *специфический системный риск*.

Наличие системного риска еще не означает, что каждый человек, задействованный в данной системе, подвергается одинаковой опасности. Системный риск выражает его вероятность для среднего квалифицированного работника на том месте и при выполнении той работы, которая анализируется. Каждый же отдельный работающий в зависимости от своего образования, опыта, психологических характеристик и т.п. подвергается риску, который отличается от среднего. Таким образом, риск для отдельного человека определяется, с одной стороны, системным риском, а с другой стороны, его личностью. Риск для человека может также изучаться как в общем плане, т.е. для средних условий, так и при особых условиях, например, в состоянии утомления, заболевания или воздействия каких-либо опасностей.

В зарубежной литературе выделяются два принципиально различных подхода к пониманию риска: *европейский*, который



акцентирует в этом действии (риске) наличие физической опасности, и *американский*, который изучает вопросы риска в связи с трудностями альтернативного выбора при разнообразных категориях опасности (неудачами в коммерции, социальными наказаниями и пр.). В случае применения американского подхода может быть избран менее надежный, но сулящий большие преимущества, рискованный (азартный) вариант действия, либо более надежный, но менее привлекательный – консервативный вариант. Оба подхода являются односторонними, так как в первом случае в тени остается вопрос выбора в условиях достижения цели, а во втором – момент опасности. И только единство этих направлений представляет риск как особый вид поведения субъекта.

В деятельности человека риск выполняет различные функции. Он может являться *целью* деятельности, когда, например, человек рискует специально, чтобы показать, что он не трус. Риск может быть и *мотивом* – способом убедиться в своих возможностях. Иногда создается мнение, что некоторые люди любят опасность, рискуют чаще других. Как правило, за такими действиями скрыты серьезные внутренние мотивы. Храбрый летчик и писатель Антуан де Сент-Экзюпери говорил: "Я люблю не опасности ... Я ...люблю жизнь".

Иногда рискованные действия рассматривают как способ *самоутверждения « в собственных глазах »*. Такое поведение может быть причиной сознательного игнорирования безопасных методов труда. Часто это объясняется врожденной неуверенностью в себе или упреками и обвинениями каких-либо лиц, не связанных с производственными контактами (в семье, среди соседей, друзей или коллег по каким-либо увлечениям).

Нередко у людей наблюдается стремление к *самоутверждению в глазах коллег, желание нравиться окружающим*. Проявляются эти моменты в поведении «хождением по лезвию ножа», рискованными действиями. Риск для людей с подобной линией поведения дело не просто привычное – благородное. Чаще всего любовь к риску приводит к печальным последствиям.

Психическую структуру некоторых людей характеризует *склонность к риску*, «вкус к риску». Исследователи, изучавшие это качество, признают его индивидуальным, природным. Люди с повышенной тенденцией к рискованным действиям испытывают удовольствие от возможности «поставить все на карту». Своеобразное удовлетворение, получаемое некоторыми людьми от рискованных действий, выражается в виде эйфории (повышенного, радостного настроения), что связано с выбросами надпочечниками повышенного

количества норадреналина в кровь. Этим же объясняется любовь некоторых водителей к превышению скорости.

Немецкий ученый Г. Хан, долго изучавший вопрос о склонности человека к риску, считает, что хорошо защищены от опасности те люди, которые обладают умеренной склонностью к риску. Те же, кто боится рисковать или, напротив, отличается высокой склонностью к риску, чаще попадают в несчастные случаи.

Установлено, что длительная и постепенная подверженность опасности представителей некоторых профессий (например, монтеров-электриков высоковольтных сетей, работающих на высоте 10-15 м; горняков, занятых подземной добычей полезных ископаемых) приводит к тому, что люди начинают характеризовать свою работу как неопасную. У них значительно возрастает тенденция к выбору рискованного поведения, так как происходит как бы адаптация к опасности или недооценка опасности и ее последствий. Однако такое поведение само по себе может повысить объективную подверженность риску.

Иногда рискованные действия рассматривают как *проявление* свойственной людям *агрессивности*. Австрийский невропатолог, психиатр и психолог Зигмунд Фрейд высказал мысль, что в риске обнаруживается якобы присущий людям "инстинкт смерти", под которым он понимает выражение преднамеренных стремлений человека причинить вред себе или другим, стремление разрушить живое существо и "свести жизнь к ее первоначальному состоянию неодушевленной материи". Многочисленные биологические исследования доказали, что специальная устремленность к смерти не заложена в природе живых существ.

Кроме названных, можно указать и на ряд других общих закономерностей готовности к риску. Так было установлено: а) люди обладают разной склонностью к риску; б) с возрастом готовность к риску понижается; в) у более опытных специалистов она ниже, чем у менее опытных; г) у женщин готовность к риску реализуется при большей уверенности в успехе, чем у мужчин. Готовность к риску обусловлена также профессиональными качествами: у военных она, например, оказывается выше, чем у студентов. На готовности к риску сказываются и социальные факторы: так, с ростом отверженности субъекта в обществе его готовность к риску возрастает. В условиях группы готовность к риску проявляется сильнее, чем при действиях в одиночку (проявляется так называемый «эффект сдвига риска», открытый Дж. Стоунером в 1961 г.). Готовность к риску в группе существенно зависит и от общих групповых ожиданий. Различными

исследованиями доказано, что алкоголь, склонность к пьянству резко усиливает риск.

Восприятие риска и опасностей общественностью субъективно. Люди резко реагируют на события редкие, сопровождающиеся большим числом единовременных жертв. В то же время частые события, в результате которых погибают единицы или небольшие группы людей, не вызывают столь напряженного отношения. Ежедневно на производстве погибает 40-50 человек, а в целом по стране от различных опасностей лишаются жизни более 1000 человек в день. Но эти сведения менее впечатляют, чем гибель 5-10 человек в одной аварии или в каком-либо конфликте.

Приведенный далеко не полный обзор результатов исследований риска показывает, сколь разнообразны способы его проявления и виды рискованных поступков. Все это свидетельствует о том, что необходимо иметь не только строгое определение общего понятия риска, но и выявлять конкретные признаки, позволяющие четко отличать одну категорию рискованных поступков от другой.

*Концепция приемлемого риска.* До недавнего времени традиционная техника безопасности основывалась на принципе «абсолютной безопасности». Считалось, если создается новое техническое устройство, его нужно сделать абсолютно безопасным, чтобы оно не допускало никогда никаких травм, аварий. Такая концепция была фундаментом, на котором во всех странах строились нормативы безопасности. Для предотвращения воздействия опасностей и их последствий внедрялись различные дополнительные технические приспособления – инженерные системы безопасности, принимались разнообразные организационные меры, обеспечивающие высокий уровень дисциплины, строгий регламент работы и т.п. Полагали, что такой инженерный подход позволяет исключить любую опасность для населения и окружающей среды.

До последних десятилетий этот подход был оправдан. Однако в наше время из-за беспрецедентного усложнения производств и появления принципиально новых технологий концепция «абсолютной безопасности» стала неадекватна внутренним законам техносферы. Эти законы имеют вероятностный характер, и нулевая вероятность проявления опасности, травмы, аварии достигается лишь в системах, лишенных запасенной энергии, химически и биологически активных компонентов. На отдельных же объектах (а таких большинство) нежелательные последствия, аварии все равно возможны, их не исключают даже самые дорогостоящие инженерные меры. Поэтому можно говорить только о снижении риска аварии. Однако при этом нельзя забывать о том, сколько за это придется платить. Ресурсы

любого общества ограничены, и если вкладывается неоправданно много средств в технические системы, то приходится урезать финансирование социальных программ – строить меньше квартир, стадионов, больниц, школ. Весьма вероятно, что в итоге, даже с учетом уменьшившегося риска опасностей, может сократиться средняя продолжительность жизни человека и снизиться ее качество. Таким образом, требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей потому, что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности ввиду недостижимости последней и пришел к концепции *приемлемого (допустимого) риска*. Суть концепции приемлемого риска заключается в стремлении обеспечить такую малую безопасность, которую приемлет общество в данный период времени, с которой можно согласиться. Приемлемый риск может быть определен как реальный риск, связанный с данным видом опасности. Но его степень не является такой, которая удержала бы осведомленного и предусмотрительного человека от соответствующих рискованных действий, связанных с данным видом опасности. Например, индивидуальный риск гибели при езде на автомобиле составляет примерно 1:4000 в год, однако многие люди все же ездят на работу в автомобилях. Для рабочих, занятых на предприятиях оборонной промышленности, шансы погибнуть составляют 1:359 (по данным США), тем не менее большинство работающих в этой промышленности рассматривают данную величину как приемлемую степень риска.

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

В настоящее время наметились два варианта методики определения приемлемого риска. Один из них можно назвать эмпирическим, другой – теоретическим.

Эмпирический подход базируется на том, что приемлемые риски оцениваются количественно на основании статистических данных, а затем сравниваются с рисками от новой техники. Считают, что этот подход имеет определенное практическое значение как метод предварительной оценки границ приемлемого риска. Он, в частности, позволяет дать классификацию его уровней.

Теоретический подход связан с минимизацией затрат. На базе экономических расчетов строится график зависимости риска (вероятности) гибели человека за год (ось ординат) от затрат на технические системы безопасности (ось абсцисс).

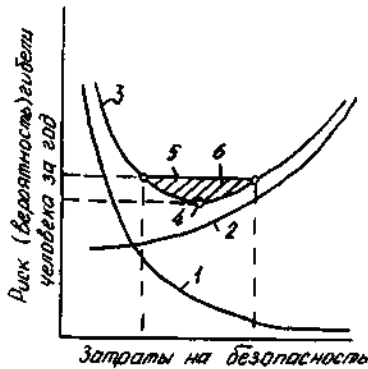


Рис. 1. Определение приемлемого риска:

1 – технический риск; 2 – социально-экономический риск; 3 – суммарный риск; 4 – минимальный уровень риска; 5 – максимальный допустимый уровень риска; 6 – область приемлемого риска

При увеличении затрат кривая технического риска уменьшается, а кривая социально-экономического риска растет. Кривая же суммарного риска с ростом затрат сначала снижается, проходит точку минимума (отвечающую определенному соотношению между инвестициями в техническую и социальную сферы), а затем снова возрастает. Это обстоятельство и нужно учитывать при выборе риска, с которым общество пока вынуждено мириться.

Уровень риска, соответствующий точке минимума на суммарной кривой затрат, представляет собой *минимальный уровень риска*. Его можно считать пренебрежимо малым. Если риск от воздействия или последствия какой-либо опасности не превышает такого уровня, нет смысла принимать дальнейшие меры по повышению безопасности, поскольку это потребует значительных затрат, а люди и окружающая среда из-за действия иных факторов все равно будут подвергаться почти прежнему риску.

В рассматриваемой ситуации возможен другой исход. Если при значении риска, превышающем минимум на несколько процентов (скажем, 5-10 %), провести горизонтальную прямую, параллельную оси абсцисс, то она отсечет на суммарной кривой затрат две точки, расположенные по обе стороны от точки минимума. Горизонтальная линия будет соответствовать уровню *максимального приемлемого риска*. Этот уровень нельзя превосходить, каковы бы ни были расходы, но понижать его необходимо. Сектор, ограниченный горизонтальной линией максимального допустимого риска и кривой суммарных затрат, представляет собой область приемлемого риска. В этой области

и нужно уменьшать риск, отыскивая компромисс между социальной выгодой и финансовыми убытками, связанными с повышением безопасности.

Решение о том, какой уровень риска считать приемлемым, а какой нет, носит не технический, а политический характер и во многом определяется экономическими возможностями страны. В ряде стран, например, в Голландии приемлемые уровни установлены в законодательном порядке. Максимальным приемлемым уровнем индивидуального риска гибели человека считается величина  $10^{-6}$  в год. Иными словами, вероятность гибели человека в течение года не должна превышать одного шанса из миллиона. Пренебрежимо малым считается индивидуальный риск гибели, равный  $10^{-8}$  в год. Для факторов, которые приводят не к немедленной смерти, а к отдаленным опасным последствиям и не имеют порога действия, приняты эти же нормы. Если такие факторы сказываются лишь после превышения порога (например, предельно допустимой концентрации вредного вещества), то максимальный приемлемый уровень риска соответствует порогу. Максимальным приемлемым уровнем риска для экосистем считается тот, при котором может пострадать 5 % биогеоценоза.

Концепция приемлемого риска в нашей стране пока не нашла применения ввиду того, что некоторые специалисты подвергают ее критике, усматривая в ней антигуманный подход к проблеме. На самом деле приемлемые риски на 2-3 порядка «строже», жестче фактических. Поэтому введение приемлемых рисков является акцией, прямо направленной на защиту человека.

*Квантификация риска.* Для сравнения различных технических систем (оборудования, процессов, технологий) по фактору опасности их эксплуатации необходима количественная оценка риска. Как уже отмечалось, под количественной оценкой (вероятностью) риска  $h$  понимают отношение числа неблагоприятных последствий  $n$  к их возможному числу  $N$  за определенный период:  $R = n/N$ . Следовательно, нежелательные последствия события (экономические, социальные потери, потери этических ценностей и т.п.) определяются как произведение общего числа последствий на вероятность (риск) наступления нежелательного события:  $n = N \cdot R$ . Например, таким образом можно установить, что из 20,2 миллиона застрахованных лиц в США при вероятности (риске) летального исхода  $R = 3 \cdot 10^{-7}$  на горных работах в течение года погибают каждые  $n = 20,2 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{-7} = 6$  человек.

Необходимо иметь в виду, что при выборе уровня риска с учетом графика зависимости риска от затрат на технические системы безопасности следует исходить не из минимального риска (нижней точки суммарной кривой затрат), а из некоторого максимального допустимого риска, расположенного чуть выше. В промежутке между этими двумя значениями и лежит область, в которой у человека остается свобода выбора.

Для сравнения риска и выгод многие специалисты предлагают ввести финансовую меру человеческой жизни, иначе говоря, ввести стоимость человеческой жизни. Однако такой подход вызывает возражение у определенного круга лиц, которые утверждают, что человеческая жизнь свята и финансовые сделки вокруг человеческой жизни недопустимы.

Но на практике неизбежно возникает необходимость в такой оценке именно в целях безопасности людей, если ставить вопрос о том, сколько нужно израсходовать средств, чтобы спасти человеческую жизнь. По зарубежным исследованиям человеческая жизнь оценивается от 650 тысяч до 7 миллионов долларов США.

Следует отметить, что процедура определения риска весьма приближительна.

Существуют 4 методических подхода к определению риска.

1. *Инженерный подход* - опирается на статистику поломок и аварий, вероятностный анализ безопасности: построение и расчет так называемых деревьев отказов и деревьев событий. С помощью первых предсказывают, во что может развиваться тот или иной отказ техники, а деревья событий, наоборот, помогают проследить все причины, которые способны вызвать какое-то нежелательное явление. Когда деревья построены, рассчитывается вероятность реализации каждой ветви, а затем – общая вероятность аварии на объекте.

2. *Модельный подход* – основан на построении моделей воздействия опасных и 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, однако для таких расчетов далеко не всегда хватает надежных исходных данных.

3. *Экспертный подход* – заключается в определении вероятности различных событий, связей между ними и нежелательных последствий на основе опроса опытных специалистов, т.е. экспертов.

4. *Социологический подход* – состоит в исследовании отношения населения к разным видам риска с помощью социологических опросов.

*Управление риском.* Концепция приемлемого риска позволяет заключить, что риском (уровнем опасности) можно управлять.

В общем случае под управлением понимают организованное воздействие на объект, обеспечивающее достижение заранее заданных конечных результатов. С позиций кибернетики управление представляет целенаправленный замкнутый процесс, в котором участвуют орган управления и объект управления; между ними устанавливаются определенные связи. *Управление риском* следует понимать как организованное воздействие на элементы системы «человек–среда» с целью обеспечения заданной степени безопасности, снижения общего риска до приемлемого уровня. В этом процессе объектом управления (управляемой системой) являются человек, среда и последствия, а субъектом управления (управляющей системой) – нормативно-правовые требования, задания, планы, отчетная информация, а также взаимозависимые линейные и функциональные подразделения предприятия. Зная уровень риска, достигаемый в процессе управления им, можно сделать заключение о целесообразности (или нецелесообразности) дальнейших усилий для повышения безопасности того или иного рода деятельности.

Управление осуществляется совокупностью методов, среди которых различают: технические, организационные, административные (распорядительные), психологические, социальные, экономические и др. Переход к риску открывает новые возможности повышения безопасности техносферы. К перечисленным методам добавляются новые *экономические методы снижения риска*: а) страхование; выплата страховых взносов; б) денежная компенсация ущерба; в) штрафы, накладываемые на предприятие с целью снизить вероятность аварии; г) платежи за риск, из которых формируются фонды для борьбы с последствиями аварий или загрязнения окружающей среды; д) платные квоты за риск; е) надбавки к заработной плате за обязательство коллектива по снижению риска; ж) прямое финансирование государством принимаемых предприятием мер по уменьшению риска, в том числе экологического риска.

В основе управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска, т.е. управление риском заключается в оптимизации деятельности по критериям безопасности. Решая эту задачу, необходимо иметь в виду следующее. Размер возможного ущерба и риск взаимосвязаны, но эта связь не поддается удовлетворительному математическому выражению, поскольку ни одна математическая модель не способна учесть общий риск и другие обстоятельства, сопутствующие несчастному случаю. При этом можно выдвигать лишь весьма упрощенные гипотезы, неизбежно игнорирующие целый ряд факторов и обстоятельств, которые способны оказывать существенное влияние на окончательный исход. Поэтому в



одних случаях риск оценивается на основании анализа причиненного ущерба, а иногда, наоборот, возможный ущерб рассчитывают на основании анализа конкретного риска. Можно учитывать ущерб, проистекающий от определенного риска. При этом любая регистрация, представление и обработка данных должны вестись с применением утвержденных статистических методик.

Средства, направляемые на мероприятия по обеспечению безопасности, предотвращению общего риска, можно расходовать по трем направлениям: а) совершенствование технических систем и объектов; б) подготовка персонала; в) совершенствование управления при чрезвычайных ситуациях. В-первых двух случаях средства расходуются на снижение вероятности аварии, в третьем – на уменьшение ее масштаба, если она произойдет. На практике всегда занимались первым, забывая про последнее. Но анализ эффективности капитальных вложений показывает, что во многих случаях можно более существенно снизить риск для людей, если больше внимания уделять действиям при ликвидации аварии, чем техническим системам ее предотвращения, которые все равно абсолютных гарантий не дают.

Априори трудно определить соотношение инвестиций по каждому из перечисленных направлений. Для правильного определения такого соотношения необходим специальный анализ с использованием конкретных данных и условий. Выводы при этом могут быть довольно неожиданными. Различают два таких анализа: качественный и количественный. *Качественный анализ риска*, который иногда называют исследованием работоспособности, используется для выявления и идентификации существующих рисков, а *количественный анализ* применяют для оценки частоты или вероятности определенных серьезных последствий в результате этих рисков. Числовые значения частоты могут быть взяты из существующих статистических данных, а вероятности требуется определять методом испытаний или получать из банков данных. Сочетание качественного и количественного анализов обуславливает оценку общего риска и вреда и может оказать большую помощь на разных стадиях проектирования и эксплуатации. Эту оценку, однако, нужно пересматривать всякий раз, когда происходит определенная модификация (видоизменение) какого-либо элемента или подсистемы.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется риском? 2. Назовите виды риска. 3. Что такое концепция приемлемого риска? 4. Как осуществляется процедура определения риска?

### 1.5. Системный анализ безопасности

Слово «системный» является производным от слова «система». Как указывалось ранее, *системой* (от греч. *systema* – целое, составленное из частей, соединение) называется совокупность взаимосвязанных компонентов, взаимодействующих между собой таким образом, что достигается определенный результат (цель). Под компонентами (элементами, составными частями) системы понимаются не только материальные объекты (те или иные предметы, явления, процессы, методы и т.д.), но и отношения и связи. Важнейшим признаком системы является то, что составляющие ее компоненты, взаимодействуя, порождают единое целое с качественно новыми свойствами.

Существует множество типов системы: *естественные* системы природы и *искусственные* системы, созданные человеком, а также системы *смешанного* порядка (система «человек–машина», в которой человек-оператор взаимодействует с техническим устройством в процессе деятельности). Любая исправная машина представляет пример *технической* системы. Система, одним из элементов которой является человек, называется *эргатической* (от греч. «эргос» – работа). Эргатические системы в зависимости от числа действующих в них людей подразделяются на *моноэргатические* (системы с одним человеком) и *полиэргатические* (в которые входят несколько человек). В эргатических системах исходят из предпосылки, что человек является центральным компонентом этой системы, ему отдают предпочтение. Такой принцип получил название *антропоцентризма*.

Системы обладают качествами, которых нет у образующих их элементов. Это важное свойство систем У.Р. Эшби назвал *эмерджентностью* (от англ. *emergent* – неожиданно возникающий, внезапно появляющийся).

На свойстве эмерджентности систем основан так называемый *системный подход* и *системный анализ* при изучении объектов (процессов, явлений и т.д.).

В общем случае для изучения любых систем можно применять два подхода: локальный и системный.

*Локальный подход* заключается в изучении структуры и функциональных особенностей отдельно взятых элементов системы.

*Системный подход* состоит в комплексном изучении системы как единого целого. При таком подходе исследуются способы организации элементов системы в единое целое и взаимное воздействие процессов функционирования системы, ее подсистем и элементов друг на друга. Очевидно, что системный подход – в сравнении с локальным подходом

– дает более полное и близкое к истинному представление о процессах в системе. Системный подход к изучению объектов реализуется в их системном анализе.

*Системный анализ* – это методология (совокупность методов, средств, способов, приемов) исследования любых объектов посредством представления их в качестве систем и анализа этих систем. Цель такого исследования – подготовка и обоснование решений по сложным проблемам любого характера: политического, военного, социального, экономического, научного, технического, в том числе по проблемам безопасности. Привлекать системный анализ для решения указанных проблем необходимо прежде всего потому, что в процессе принятия решения выбор приходится осуществлять в условиях неопределенности, которая обусловлена наличием факторов, не поддающихся строгой количественной оценке.

Важнейшие принципы системного анализа сводятся к следующему: а) выявить и четко сформулировать конечные цели; б) цели отдельных подразделений не должны вступать в конфликт с общей целью; в) выявить все взаимосвязи и последствия каждого частного решения; г) выявить и проанализировать альтернативные пути достижения цели; д) проанализировать затраты и достигаемые эффекты по каждой альтернативе.

Схема системного анализа (исследования) включает в себя три основных этапа: 1) подготовка исходных данных для построения модели системы; 2) создание модели и 3) проверка решения задачи на модели.

Центральной процедурой системного анализа является построение обобщенной модели, отображающей все существенные факторы и взаимосвязи реальной ситуации, которые могут проявиться в процессе осуществления решения.

Под *моделью* понимают отображения всех параметров системы, выполненных таким образом, что они передают взаимосвязь этих параметров. Модели могут быть *образными* (трехмерными, например, в виде копии машины или установки в уменьшенном масштабе, либо двухмерными, например, в виде фотографии или чертежа), *аналоговыми*, выражающими один набор свойств через другой (например, выражение потока и давления жидкости через электрический ток и напряжение), или *символическими* (в виде набора математических уравнений, блок-схем, программ ЭВМ). «Поведение» систем и их моделей должно подчиняться одним и тем же правилам.

Для решения математической модели применяются мощный, разнообразный математический аппарат:

математико-статистические методы – для исследования процессов, подверженных воздействию неопределенных, случайных факторов; сюда входят теория вероятности и ее многочисленные ветви – теория надежности, теория массового обслуживания, теория марковских случайных процессов, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) и др.;

методы вариационного исчисления – для поиска экстремума функций и функционалов;

методы математического программирования – для отыскания оптимального решения задач; это такие методы, как линейное, нелинейное, целочисленное, стохастическое и динамическое программирование;

теория игр и стохастических решений для оптимизации решений в конфликтных ситуациях и др.

Практика показывает, что в большинстве случаев для решения моделей требуется применять современные ЭВМ.

Вообще говоря, методологический статус (набор средств исследования) системного анализа необычен: в нем переплетаются элементы теории и практики; строгие формализованные (математические) методы сочетаются с интуицией (чутьем) и личным опытом, с эвристическими приемами (т.е. приемами, используемыми здравым смыслом, творческим мышлением человека).

На заключительном этапе системного анализа проверяют, насколько результаты, полученные от применения того или иного альтернативного решения, близки к желаемому результату.

На основе системного анализа формируются обоснованные рекомендации, составляются целевые программы, при выполнении которых обеспечивается своевременное достижение конечных целей. Такова в общем случае схема системного анализа.

Естественно, системный анализ может быть применен и к проблеме безопасности. Цель системного анализа безопасности состоит в том, чтобы выявить причины, влияющие на появление нежелательных событий (травм, аварий, пожаров и т.п.) и разработать предупредительные мероприятия, уменьшающие вероятность их появления.

Основной проблемой при анализе эксплуатационной безопасности системы является определение параметров всей исследуемой системы, ее ограничений и характеристик в процессе эксплуатации на протяжении всего срока службы.

Если исследователь рассматривает лишь какую-нибудь одну чрезмерно ограниченную подсистему, результатом анализа может быть принятие ряда разрозненных несистематизированных

предупредительных мер, или, другими словами, такое решение вопроса, при котором совокупность мероприятий направлена на предотвращение неблагоприятных событий определенного типа, в то время как другие, не менее серьезные и опасные ситуации остаются без внимания или недооцениваются. Если рассматриваемая система слишком обширна или обща по отношению к решаемой проблеме, то возможно появление чрезмерной неопределенности в самой концепции и результаты анализа не позволят разработать соответствующие (подходящие) предупредительные мероприятия.

Если рассматривать проблему анализа эксплуатационной безопасности в условиях предприятия в целом, следует отметить несколько уровней системы: машина, рабочее место, смена, цех, завод и само предприятие. В зависимости от уровня системы, на котором производится рассмотрение возможных разновидностей аварийных ситуаций, предупредительные меры неодинаковы. Чтобы они были эффективными, необходимо предвидеть возможные аварийные ситуации на различных уровнях.

Эксплуатационная безопасность системы может быть установлена до возникновения нежелательного события (априори) или после его возникновения (апостериори) с использованием в обоих случаях прямого или обратного методов. Сведения об априорном и апостериорном анализе безопасности и применяемых при их реализации методах приведены выше.

Здесь необходимо отметить следующее. Поскольку априорный анализ проводится до нежелательного события, он на первый взгляд представляется значительно более ценным. Фактически же один вид анализа дополняет другой. Предпочтительность метода зависит от сложности анализируемой системы и от того, что уже известно по изучаемой проблеме. При изучении системы, характеристики которой могут быть четко определены (например, машины или производственной установки), предшествующий опыт позволяет осуществлять весьма детализированный априорный анализ. При дополнении априорного анализа данными апостериорного, основанного на исследовании событий, имевших место во время функционирования системы, он (анализ) становится более полным и ценным.

При анализе более сложных систем, связанных с работой людей (рабочие смены, цехи или заводы) апостериорный метод является еще более достоверным, так как предшествующий опыт не всегда достаточен для детального и надежного априорного анализа. Кроме того, апостериорный анализ может стать базой для последующего априорного анализа, так как исследователь делает выводы, выходящие за рамки единичного процесса, последствием которого стало

нежелательное событие. Он одновременно анализирует различные события, которые могли бы привести к такому или подобным нежелательным событиям.

За рубежом различными организациями для разных ситуаций разработано множество методов системного анализа безопасности. В их число входит, в частности, метод построения «деревьев». «Деревья» строятся на базе теории графов. Группа деревьев включает в себя такие их разновидности, как «дерево причин», «дерево отказов», «дерево опасностей», «дерево событий», «дерево дефектов», «дерево ошибок», «дерево управленческих оплошностей и рисков (MORT)» и др. Все эти методики могут быть использованы независимо одна от другой, но в сочетании они представляют собой более ценный аналитический инструмент. Построение «деревьев» позволяет эффективно выявлять причины нежелательных событий и разрабатывать профилактические мероприятия по обеспечению безопасности деятельности.

В последние годы была разработана новая методология системного анализа безопасности: *системная теория надежности*, позволяющая количественно оценивать надежность систем, т.е. вероятность того, что система будет выполнять свои функции в соответствии с назначением при любых допустимых условиях и в заданные временные интервалы.

В эту методологию входят различные процедуры и методы, в частности, такие, как анализ надежности, анализ видов и последствий отказов, анализ методом «дерева отказов», расчет риска и пригодности к эксплуатации, причинно-следственные графики, анализ человеческого фактора и пр.

Системная методология надежности позволяет осуществлять анализ безопасности комплексно, включая прямой (индуктивный) и обратный (дедуктивный) методы.

Проблему системного анализа безопасности можно разделить на два главных аспекта (вида): а) определение и описание типов отказов и сбоев; б) определение последовательности или комбинации отказов между собой и с более «нормальными» событиями, приводящими в конечном счете к появлению нежелательного события.

После исследования различных отказов и их последствий специалист, проводящий анализ эксплуатационной безопасности системы, может перейти к поиску предупредительных мероприятий. Его анализ в этой области базируется непосредственно на данных, полученных на предшествующих стадиях изучения проблемы, и является этапом дополнения этих данных.

В заключение рассмотрим вопрос о *соотношении надежности и безопасности*.

Изучение надежности может проводиться как во время постройки новых предприятий, так и на уже работающих.

На стадии проектирования следует разработать программу изучения факторов риска, призванную определить зоны опасности и проблемы, возможные при эксплуатации предприятия. Программа должна предусматривать применение различных упомянутых выше методологий на всех этапах работ – от предварительного проекта до сдачи готового объекта.

На действующих предприятиях может быть проведен неполный анализ по соображениям затрат времени и средств. Анализ должен начинаться с тех участков, где можно ожидать больших опасностей, выбранных в соответствии с каким-либо набором критериев.

Хорошая работа системы зависит от непрерывного и точного выполнения каждой единицей оборудования или элементом заданной функции, т.е. зависит от надежности каждого элемента. Аналогичным образом безопасная работа зависит от надежности определенных элементов, функции которых определяют безопасность.

Показатель частоты отказа элемента (т.е. степень его ненадежности) получают путем испытания достаточного числа элементов в предлагаемых условиях эксплуатации. Каждый из элементов испытывается столько раз, сколько они могут быть задействованы в течение срока службы, который может продолжаться от нескольких тысяч часов или даже меньше, до многих лет. Затем определяют средневзвешенную величину вероятности отказов, которая колеблется от 0 до 100 %, (т.е. от 0 до 1); при этом надежность меняется соответственно от 1 до 0.

В некоторых случаях показатели отказа или надежности сообщаются изготовителями, а в остальных случаях их можно получать из банков данных. Следует помнить о том, что надежность какого-либо конкретного элемента может отличаться от указанной средней величины для его класса, категории или типа. Более того, сама по себе надежность изменяется с течением времени. Элементы, как и люди, проходят через стадии «детства, зрелости и старости», которые завершаются «смертью». Наиболее высокая частота отказов элемента наблюдается на самой ранней стадии службы и при износе элемента. Отказы с равномерной частотой имеют место после периода обкатки в течение всего полезного срока службы. Графически кривая отказов представляет собой ваннообразную кривую. Из этого следует, что при возможности: а) элементы нужно заменять после определенного времени; б) элементы не следует запускать в промышленную эксплуатацию совершенно новыми, а только после определенного времени приработки.

Важным показателем надежности является также отношение времени работы к среднему времени между отказами. Это соотношение следует учитывать при конструировании или проектировании, а также при составлении графика профилактического обслуживания и ремонта.

Для повышения общей надежности системы могут использоваться различные методы, в том числе: а) использование элементов высокой надежности; б) использование относительно менее надежных элементов с резервированием. Резервирование может распространяться на элементы и на подсистемы. При резервировании элементов включаются дублирующие элементы, выполняющие одну и ту же функцию. Такое резервирование может быть активным, когда одновременно работают два элемента, или пассивным, когда работает только один элемент, а второй включается в работу при отказе первого. В таких случаях следует предусматривать средства быстрого выявления и замены отказавших элементов. При резервировании подсистемы устанавливается резервное оборудование, включаемое в работу при отказе основного оборудования. Важным фактором при этом является время, необходимое для переключения; так, в случае электрического питания ЭВМ и технологических процессов, управляемых ЭВМ, это время должно равняться нулю, и данное требование породило систему непрерывной подачи электроэнергии.

Надежность вносит важный вклад в повышение безопасности, предотвращая те несчастные случаи, какие могли бы произойти вследствие неисправности технического устройства. Вместе с тем надежность - это не синоним безопасности. Наряду с требованиями надежности безопасности должен учитываться ряд других требований и критериев.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что такое система? 2. Какие существуют типы систем? 3. Что такое модель? 4. Какие знаете виды моделей?

### **1.6. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности**

*Принципы обеспечения безопасности.* Принцип – это идея, мысль, основное положение. Принципы играют важную роль в науке. Они позволяют в краткой форме сформулировать исходные положения. Зная принципы, можно эффективно решать практические задачи, в том числе в области безопасности.



*Принципы обеспечения безопасности* – это идеи, мысли, исходные положения, руководящие правила, обеспечивающие выживание человека в окружающем мире.

Эти принципы имеют важное *методологическое* значение. Только на основе их осознанного учета возможна полноценная профилактическая работа по обеспечению безопасности на всех стадиях жизненного цикла – на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытных работ, а также при эксплуатации, модернизации (усовершенствование, обновление) и реконструкции (коренное переустройство) производственных объектов.

*Теоретическое и познавательное* значение принципов обеспечения безопасности состоит в том, что они позволяют определить уровень знаний об опасностях окружающего мира и сформулировать требования по проведению защитных мер и разработке методов их расчета.

Значение названных принципов важно и *в практическом* отношении, так как они дают возможность находить оптимальные решения защиты от опасностей на основе сравнительного анализа конкурирующих вариантов.

Принципы обеспечения безопасности многообразны. Их многообразие обуславливают специфика производства, особенности технологических процессов, разнообразие применяемого оборудования. Несмотря на различия, принципы обеспечения безопасности должны рассматриваться во взаимосвязи, т.е. как элементы, дополняющие друг друга.

Принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации можно условно разделить на четыре класса: ориентирующие, технические, организационные, управленческие.

*Оrientирующие принципы* представляют собой основополагающие идеи, определяющие направление поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой. К ним относятся (в алфавитном порядке) принципы: 1) активности оператора; 2) гуманизации деятельности; 3) деструкции; 4) замены оператора; 5) классификации; 6) ликвидации опасности; 7) системности; 8) снижения опасности.

*Технические принципы* основаны на использовании физических законов и направлены на непосредственное предотвращение действия опасностей. К ним относятся принципы: 1) блокировки; 2) вакуумирования; 3) герметизации; 4) дублирования; 5) защиты временем; 6) защиты расстоянием; 7) компрессии; 8) недоступности; 9) прочности; 10) резервирования; 11) слабого звена; 12) флегматизации и ингибирования; 13) экранирования.

*Организационные принципы* направлены на реализацию в целях безопасности положений научной организации труда. Это принципы: 1) информации; 2) компенсации; 3) несовместимости; 4) нормирования; 5) подбора кадров; 6) последовательности; 7) рациональной организации труда; 8) эргономичности.

*Управленческие принципы* определяют взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности. К ним относятся принципы: 1) адекватности; 2) иерархичности; 3) контроля; 4) обратной связи; 5) однозначности; 6) ответственности; 7) плановости; 8) стимулирования; 9) управления; 10) эффективности.

Некоторые принципы относятся к нескольким классам одновременно. В совокупности все эти принципы образуют систему обеспечения безопасности труда. В то же время каждый принцип обладает относительной самостоятельностью.

Для иллюстрации сказанного рассмотрим более подробно некоторые из перечисленных принципов и примеры их реализации.

*Принцип деструкции* состоит в разрушении системы, приводящем к опасному результату, за счет исключения из нее одного или нескольких элементов. Технические способы, при помощи которых воплощается данный принцип, весьма многообразны. Например, для такого системного явления, как горение (пожар), необходимы горючее вещество, окислитель (кислород воздуха) и источник воспламенения. Если устранить хотя бы один компонент из этой системы, система будет разрушена, пожар не состоится.

*Принцип замены оператора* (человека) состоит в том, чтобы функции оператора передать промышленным роботам или изменить технологический процесс так, чтобы выполнение его протекало без участия человека.

*Принцип классификации* (категорирования) состоит в делении объектов на классы и категории по признакам, связанным с опасностями. Классификация упрощает процесс изучения явлений окружающего мира и принятие решений по созданию безопасных условий жизнедеятельности человека. В охране труда используется ряд классификаций: например, классификация предприятий по размерам санитарно-защитной зоны (5 классов); деление производств по взрывопожарной опасности на 5 категорий (А, Б, В, Г, Д) и др.

*Принцип вакуумирования* предполагает проведение технологических процессов в условиях вакуума, т.е. пониженного по сравнению с атмосферным давления. Вакуумирование применяется при перекачке жидких агрессивных материалов, транспортировке сыпучих пылеобразных материалов, сушке взрывоопасных, горючих и склонных

к пылению веществ и др. При использовании вакуума возможен подсос наружного воздуха внутрь емкостей и образование взрывоопасных сред. Поэтому вакуумирование требует постоянного контроля за герметичностью и содержанием кислорода в вакуум-аппарате.

*Принцип слабого звена* состоит в том, что в рассматриваемую систему (объект) в целях обеспечения безопасности вводится элемент, который устроен так, что воспринимает или реагирует на изменение соответствующего параметра, предотвращая опасное явление. Элементами, используемыми в качестве слабого звена, являются, например, предохранительные клапаны, разрывные мембраны, защитное заземление, молниеотводы, предохранители и др.

*Принцип флегматизации и ингибирования* основывается на применении веществ, создающих в технологическом оборудовании или в производственном помещении среду, не поддерживающую горение (взрыв), или замедляющих скорость протекания различных процессов (реакций). При наличии пожаровзрывоопасной среды применяют два способа флегматизации: 1) разбавляют воздух *флегматизаторами* – инертными веществами, не участвующими в реакции горения (азот, диоксид углерода, инертные газы, водяной пар); 2) вводят в воздух *ингибиторы горения* – вещества, тормозящие реакцию горения (галогенуглеводородные соединения – хладоны и др.). Для снижения скорости коррозии металлов применяют *ингибиторы коррозии* – вещества, замедляющие коррозию (нитрат натрия, хромат и дихромат калия и др.); их используют для антикоррозийной защиты металлов.

*Принцип информации* заключается в передаче и усвоении персоналом сведений, выполнение которых обеспечивает соответствующий уровень безопасности. Примерами реализации этого принципа могут служить обучение, инструктажи, цвета и знаки безопасности, предупредительные надписи, маркировка оборудования, плакаты и др.

*Принцип несовместимости* исходит из того, что взаимодействие различных объектов (веществ, материалов, оборудования, помещений, людей) может порождать опасные ситуации. Чтобы исключить возникновение таких ситуаций, объекты необходимо разделять в пространстве и времени с учетом характера их взаимодействия. Реализуется принцип несовместимости путем зонирования заводской территории (выделение производственной, бытовой, подсобной, складской и других зон), раздельным хранением на складах несовместимых материалов (взрывчатых веществ и детонаторов) и т.д.

*Принцип нормирования* заключается в установлении таких параметров (норм), соблюдение которых обеспечивает защиту человека от соответствующей опасности. Примерами воплощения данного

принципа являются предельно допустимые концентрации и уровни (ПДК и ПДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, нормы переноски и подъема тяжести, допустимые уровни шума, компенсационные льготы и т.п.

*Принцип иерархичности* базируется на положении, что любая система имеет, как правило, иерархическую (многоуровневую) структуру. Как уже отмечалось выше, иерархическую структуру образуют причины, порождающие ту или иную опасность. При решении практических задач рекомендуется выделять ограниченное число ступеней иерархии, руководствуясь логической целесообразностью.

*Принцип ответственности.* Для обеспечения безопасности деятельности должны быть регламентированы права, обязанности и ответственность лиц, участвующих в управлении безопасностью: рабочих, служащих, ИТР и администрации. Принцип ответственности означает, что за выполнением каждого требования безопасности должно следить конкретное ответственное лицо, а каждый работник должен четко знать и выполнять свои функции.

*Принцип эффективности.* В области безопасности деятельности различают эффективность: инженерно-техническую, экономическую, социальную и др. Принцип эффективности предполагает сопоставление фактических результатов с намеченными (плановыми), оценку достигнутых показателей по критериям затрат и выгод.

*Методы обеспечения безопасности.* *Метод* – это способ достижения цели. В рассматриваемом случае целью является обеспечение безопасности. Методы обеспечения безопасности основаны на применении приведенных выше принципов, с которыми они определенным образом связаны.

Методы (способы) обеспечения безопасности позволяют: а) осуществлять конструктивное и техническое воплощение принципов в реальной действительности; б) согласовать взаимодействие характеристик человека с характеристиками производственной среды, т.е. достичь определенного уровня безопасности.

При описании методов обеспечения безопасности используются термины: *гомосфера* – пространство (рабочая зона), в котором находится человек в процессе рассматриваемой деятельности; *ноксосфера* – пространство, в котором создаются (постоянно существуют или периодически возникают) опасности. Совмещение гомосферы и ноксосферы недопустимо с позиций безопасности. Обеспечение безопасности достигается 3 основными методами: А, Б, В.

*Метод А* состоит в пространственном и (или) временном разделении ноксосферы и гомосферы. Это достигается путем механизации и автоматизации производственных процессов,

применения средств дистанционного управления оборудованием, использования манипуляторов и роботов, создания гибких автоматизированных производств.

*Метод Б* означает адаптацию ноосферы (среды) к человеку, т.е. воздействие на среду в целях приведения ее характеристик в соответствие с характеристиками человека. Метод реализуется применением средств коллективной защиты от газов, пыли, шума, электрического тока, различных излучений и других опасностей, а также созданием безопасной техники.

*Метод В* означает адаптацию человека к ноосфере, т.е. воздействие на человека с целью приспособления его к окружающей среде, повышения защитных свойств человека. Метод предполагает обучение, воспитание, психологическое воздействие и др. Усилить естественные характеристики человека помогают средства, защищающие как отдельные органы (голову, глаза, уши, органы дыхания, руки, ноги), так и все тело человека.

В реальных условиях не всегда удастся обеспечить нужный уровень безопасности одним из указанных методов. В этих случаях используются все возможные комбинации названных методов, т.е. применяют комбинированный метод.

*Средства обеспечения безопасности.* При воплощении принципов и методов обеспечения безопасности используют различные *средства защиты*. В соответствии с действующими в Российской Федерации ГОСТами средства защиты работающих подразделяют по характеру их применения на *средства коллективной защиты* (СКЗ) и *средства индивидуальной защиты* (СИЗ). Первые предназначены для защиты двух и более работающих, вторые – для защиты одного работающего. Те и другие в зависимости от назначения делятся на классы.

СКЗ классифицируются по видам опасностей. ГОСТ 12.4.011-89 разделяет СКЗ на следующие 17 классов (в алфавитном порядке):

средства защиты от воздействия биологических, механических и химических факторов (3 класса);

средства защиты от вибрации, высоких и низких температур окружающей среды, излучения лазеров, инфракрасных излучений, ионизирующих излучений, магнитных и электрических полей, поражения электрическим током, статического электричества, ультразвука, ультрафиолетовых излучений, шума, электромагнитных излучений (12 классов);

средства нормализации воздушной среды и освещения производственных помещений и рабочих мест (2 класса).

По техническому исполнению СКЗ разделяют на устройства для вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха; для отопления; для обеспечения освещения; устройства оградительные, предохранительные (блокировочные и ограничительные), тормозные, герметизирующие, изолирующие, заземления и зануления, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления; цвета сигнальные; знаки безопасности и яр.

СИЗ являются предметом личного снаряжения работников. Их следует применять в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственного процесса, архитектурно-планировочными решениями и СКЗ.

СИЗ классифицируются по видам защищаемых органов или групп органов человеческого тела. В соответствии с ГОСТ 12.4.011-89 СИЗ делятся на следующие 11 классов (в алфавитном порядке): защитные дерматологические средства для защиты кожи рук и других участков тела от воздействия вредных веществ (моющие средства, кремы, мази, пасты); изолирующие костюмы (пневмокостюмы, скафандры и др.); предохранительные приспособления (предохранительные пояса, диэлектрические коврики, наколенники и др.); средства защиты глаз (защитные очки), головы (каска, шлемы, шапки и др.), лица (защитные маски и щитки), органов дыхания (противогазы, респираторы, пневмомаски и др.), органа слуха (противошумные шлемы, наушники, вкладыши), рук (рукавицы, перчатки), специальная обувь (сапоги, ботинки, галоши и др.); специальная одежда (комбинезоны, костюмы, фартуки и др.).

Необходимо заметить, что СИЗ, при всех их положительных качествах, создают дополнительные физиологические и физические трудности. Известно немало конструкций СИЗ, которые прошли успешные испытания в лабораториях, но так и не получили скольконибудь широкого применения на практике из-за того, что работать в них человеку неудобно. Поэтому в обычных условиях ко многим СИЗ следует прибегать как к крайней, временной мере.

Считается, что средства защиты (СКЗ и СИЗ) отвечают предъявляемым к ним требованиям по предотвращению или уменьшению воздействия на работающих опасных и вредных факторов, если они (СЗ): 1) создают благоприятные для организма человека соотношения с окружающей средой и обеспечивают оптимальные условия для трудовой деятельности; 2) не являются источником опасностей; 3) отвечают требованиям технической эстетики и эргономики; 4) обеспечивают высокую степень защитной эффективности и удобство при эксплуатации.

Выбор средств защиты в каждом отдельном случае должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Как можно условно разделить принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации на классы? 2. Какие существуют методы обеспечения безопасности? 3. Какие знаете средства обеспечения безопасности?

## 2. Естественная система защиты человека от опасностей

### 2.1. Анатомо-физиологическая характеристика человека

В процессе эволюции у человека, как и у любого живого существа, выработалась надежная и совершенная естественная система защиты от опасного влияния на него различных факторов внешней среды. Она своевременно предупреждает его о наличии опасностей, предотвращает или уменьшает их воздействие, защищает организм от проникновения в него посторонних веществ, вредных микробов. При определенных условиях эта система оказывается вполне достаточной, чтобы защитить работающего от опасных и вредных факторов производства, если их уровни незначительны. Однако естественная система защиты у разных людей развита неодинаково. Это важное обстоятельство необходимо учитывать как при разработке защитных мер, так и при направлении работающих на конкретные производственные участки.

Эффективность естественной системы защиты с позиций обеспечения безопасности жизнедеятельности определяют собственно тела человека, его анализаторы и механизмы защиты человеческого организма от опасностей.

Тело человека характеризуется формой и размерами. Эти характеристики называют *антропометрическими* (от греч. *antropos* – человек). К ним, в частности, относятся размеры тела и его отдельных частей в положении стоя и сидя, сила костно-мышечной системы, углы вращения в суставах, изменение размеров при перемещении частей тела в пространстве. Антропометрические характеристики необходимы при решении многих вопросов безопасности. С учетом этих показателей конструируют ограждения, определяют безопасные расстояния и зазоры, размеры проходов, лазов, люков, а также эргономические требования к рычагам управления, оборудованию, кабинам водителей, рабочему месту при выполнении работ сидя и стоя.

В теле человека различают *клетки* и объединения клеток – *ткани* (эпителиальные, соединительные, мышечные, нервные). Ткани образуют *органы* (дыхания, пищеварения, зрения, кожа и др.), а группы органов, выполняющих сходные функции, составляют *системы органов* (опорно-двигательную, сердечнососудистую, нервную и др.).

*Органы дыхания* (легкие, дыхательные пути) человека служат для процесса газообмена. В результате кровь обогащается кислородом, а наружу выделяется углекислый газ. Если вдыхаемый воздух содержит 21 % кислорода, то выдыхаемый – 16 %. В сутки в кровь поступает до 500 л кислорода и выделяется до 400 л углекислого газа.



*Кровообращение* – неперенное условие жизнедеятельности организма. При остановке кровообращения смерть наступает через несколько минут, так как головной мозг весьма чувствителен к недостатку крови, а точнее – недостатку кислорода. В организме человека находится около 5 л крови. Потеря примерно половины ее приводит к смерти. Однако свойство крови свертываться в области ран препятствует ее потере при ранениях.

*Костно-мышечная система* характеризуется прочностью костей к воздействию внешних сил и мышечной силой. Кости скелета человека выдерживают давление до 160 МПа. Сила мышц различна и зависит от пола, состояния организма, характера выполняемых работ. Если средняя сила бицепса правой руки у здорового мужчины составляет 380 Н, то у женщины – 220 Н. Значение мышечной силы обратно пропорционально продолжительности ее применения.

*Органы зрения и слуха* наиболее активно участвуют в обеспечении жизнедеятельности (их характеристики см. ниже).

*Нервная система* управляет всеми физиологическими функциями организма и связывает его с внешней средой. Она составляет основу естественной защиты человека. Нервная система подразделяется на *центральную* и *периферическую*. ЦНС образована головным и спинным мозгом и представляет собой многомиллиардное скопление нервных клеток. Периферическую нервную систему образуют исходящие от головного и спинного мозга особые – периферические – нервы и нервные узлы, которые густой сетью пронизывают все органы. С нервными волокнами связаны *анализаторы* – особые чувствительные аппараты, которые воспринимают сигналы, поступающие из внешнего мира и из внутренней среды организма (подробнее рассматриваются ниже). Деятельность внутренних органов (мышц, желез), кровеносных и лимфатических сосудов регулируется особой, так называемой *вегетативной* нервной системой, которая, в свою очередь, подчиняется ЦНС. Деятельность ВНС в основном носит автоматический, произвольный характер.

В основе деятельности ЦНС лежит рефлекс. *Рефлексом* (от лат. reflexus – отражение) называется ответная реакция организма на раздражение, поступившее из внешней или внутренней среды; она (реакция) осуществляется через ЦНС и контролируется ею. Примеры таких реакций: прикоснувшись к горячему предмету, человек машинально отдергивает руку; сильный свет автоматически вызывает сужение зрачка глаза; от внезапного резкого звука человек вздрагивает. Таким образом, нервная система подготавливает и дает ответ организма на запросы-раздражители. Это один из основных принципов работы нервной системы, именуемый обратной связью. Другими словами,

нервная система обеспечивает реакцию организма на раздражители, приводит его в равновесие с окружающей средой. Эту деятельность нервной системы *называют рефлекторной*.

Структурную основу всех рефлексов составляет так называемая *рефлекторная дуга*. Она состоит из воспринимающих раздражение рецепторов (окончания чувствительных нервов); центростремительных (афферентных) нервных волокон, по которым сигналы поступают в ЦНС: вставочных нейронов (нервных клеток) в ЦНС, обрабатывающих полученную информацию; центробежных (эфферентных) нервных волокон, осуществляющих передачу двигательных команд на периферию; рабочего исполнительного органа – эффиктора.

Учеными-физиологами И.М.Сеченовым и И.П.Павловым установлено, что рефлекторная деятельность головного мозга лежит в основе всех, без исключения, проявлений психической жизни человека. Благодаря рефлекторной деятельности нервной системы организм человека оказывается защищенным от опасностей (естественно, только от таких, которые не превосходят возможностей организма).

В многообразной рефлекторной деятельности мозга различают безусловные и условные рефлексы.

*Безусловными* называют рефлексы, протекающие без каких-либо предварительно создаваемых условий. Они являются врожденными и наследуемыми: с ними живое существо появляется на свет, сохраняет их в течение жизни и передает по наследству. С их помощью непроизвольно возникает реакция организма на воздействие предметов и явлений окружающей среды. Безусловные рефлексы связаны с определенными функциями организма. Например, они обслуживают такие инстинкты, как пищевой (едва появившийся на свет ребенок, почувствовав голод, уже производит сосательные движения), оборонительный (человек, на которого замахнулись рукой, невольно делает оборонительное движение; оказавшись в непривычном, опасном состоянии, человек вздрагивает, стремится убежать от опасности), болевой, половой и многие другие.

Учеными доказано, что за рефлексы, спасающие нас от опасности, отвечает особая система клеток, располагающихся по всему спинному и головному мозгу.

Безусловные рефлексы побуждают вести поиск, бороться за существование. Но происходит это вслепую. Для успешной борьбы с опасностями нужен особый тип рефлекторной деятельности – *условные рефлексы*. В отличие от безусловных рефлексов условные рефлексы приобретаются в процессе индивидуального опыта каждого отдельного человека (или животного), они полностью зависят от специфических для каждого условий существования. Именно благодаря условным

рефлексам организм способен быстро перестраивать свое поведение в связи с изменениями в окружающей среде.

Условные рефлексы сложнее, чем безусловные, и формируются на базе безусловных рефлексов и опыта. К их числу относятся знания, умения и навыки, в том числе и трудовые.

Приспособительное значение условных рефлексов огромно. Благодаря им человек может заблаговременно предпринять необходимые действия для своей защиты, ориентируясь на признаки возможной опасности, не видя самой опасности. Условные раздражители имеют сигнальный характер: они предупреждают о приближающейся опасности.

Условные рефлексы неустойчивы и при длительном отсутствии вызвавших их раздражителей могут ослабнуть или исчезнуть совсем. Поэтому И.П. Павлов назвал условный рефлекс также *временной*, гибкой связью сигналов с ответной деятельностью организма. Именно этим обстоятельством объясняется ослабление трудовых навыков и выполнение неправильных действий, наблюдающееся у работников после длительного перерыва в работе, связанного с отпуском, болезнями и т.д. Это же обстоятельство, очевидно, определяет недостаточную эффективность некоторых мероприятий по обеспечению безопасности деятельности. Ведь световая, цветовая, знаковая информация, широко применяемая в охране труда, - это условные сигналы, которые, не получая подкрепления, могут оказаться бесполезными.

Условно-рефлекторную деятельность мозга И.П.Павлов назвал сигнальной деятельностью мозга, так как раздражители дают организму сигналы о том, что имеет для него значение в окружающем мире.

В основе рефлекторной деятельности человека лежат взаимодействия *двух сигнальных систем* – первой и второй. Для первой сигнальной системы раздражителями являются световые, звуковые и другие внешние сигналы. Такая система имеется у человека и животных. В отличие от животных, у человека развилась вторая сигнальная система в виде слов, т.е. система, для которой раздражителем является слово, речь. Она служит средством обмена мыслями между людьми. В обеспечении безопасности, в защите людей от опасностей вторая сигнальная система играет исключительно большую роль.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Какие характеристики называются антропометрическими? 2. Что такое рефлекторная дуга? 3. Из чего состоит рефлекторная дуга?

## 2.2. Анализаторы человека

*Анализаторы* – сложные анатомо-физиологические системы, обеспечивающие прием и анализ информации о состоянии (характеристиках) внешней среды и внутренних систем организма. Информация, поступающая через анализаторы, называется *сенсорной* (от лат. *sensus* – чувство, ощущение), а процесс ее приема и переработки – *сенсорной деятельностью*. С помощью анализаторов достигается целесообразная реакция организма на изменение условий. Тем самым они способствуют наиболее совершенному приспособлению организма к окружающему миру и обеспечивают *гомеостаз*, т.е. сохранение относительного постоянства внутренней среды организма. Каждый анализатор состоит из: периферического воспринимающего прибора – рецептора; проводниковой части анализатора, передающей информацию, и высшего центра анализатора – группы нейронов в коре головного мозга.

*Рецептор* (от лат. *recipere* – получать, принимать), выполняющий функции датчика, воспринимает поступающий к нему сигнал из окружающей среды или организма, осуществляет его частичную переработку и преобразует в биоэлектрический сигнал – нервный импульс, который затем передается по афферентным (центростремительным) нервным путям в мозговой центр анализатора. Здесь происходит распознавание нервных импульсов и выработка приказов для исполнительных органов – мышц и желез, которые совершают действия, соответствующие сигналам, поступившим к ним по эфферентным (центробежным) нервным путям.

В зависимости от специфики принимаемых сигналов различают следующие анализаторы.

Внешние: зрительный (рецептор–глаз); слуховой (рецептор–ухо); кожные: тактильный, болевой, температурный (отдельно на тепло и холод) (рецепторы кожи); обонятельный (рецептор в носовой полости); вкусовой (рецептор на поверхности языка, неба).

Внутренние: кинестетический (рецепторы в мышцах и сухожилиях); вестибулярный (рецептор в полости уха); специальные, расположенные во внутренних органах и полостях тела.

Внешние рецепторы в обычной речи называют *органами чувств*.

По месту расположения рецепторов различают: *экстероцепторы* – расположены на поверхности тела (вызывают зрительные, слуховые, тактильные и другие ощущения); *интероцепторы* – находятся внутри организма (вызывают ощущения голода, жажды, тошноты, внутренних

болей и т.п.); *проприоцепторы* находятся в мышцах и сухожилиях (вызывают двигательные или кинестетические ощущения).

Наибольшее значение для деятельности оператора технических систем имеет зрительный анализатор, за ним следуют слуховой и тактильный анализаторы. Участие других анализаторов в деятельности оператора относительно невелико.

Рассмотрим некоторые параметры анализаторов.

Основной характеристикой любого анализатора является его *чувствительность*, т.е. способность живого организма воспринимать действие раздражителей (сигналов). Различают абсолютные (нижний и верхний) и дифференциальный пороги чувствительности (ощущения). *Нижний абсолютный порог чувствительности* – это минимальное значение раздражителя, при котором у человека возникает едва заметное ощущение. *Верхний абсолютный порог чувствительности* – максимальное значение раздражителя, которое вызывает у человека болевое ощущение (боль, ослепление и другие неприятности). Интервал между нижним и верхним порогами называют *шкалой (диапазоном) чувствительности* анализатора.

*Дифференциальный порог чувствительности* – это минимальное воспринимаемое различие между двумя значениями раздражителя. Чем ближе характеристика раздражителя к пороговым значениям, тем вероятнее ошибка при его приеме; меньше всего ошибок при оптимальных характеристиках. Более сильный раздражитель требует увеличения дифференциального порога, чтобы человек мог воспринимать разницу между двумя сигналами.

Экспериментами установлено, что дифференциальный порог измеряется отношением:  $(\Delta J/J) = K = \text{const}$ , где  $J$  – значение раздражителя,  $\Delta J$  значение дифференциального порога,  $K$  – константа. Например, при исходной массе груза, давящей на кожу,  $J=75$  г, человек ощущает увеличение его на  $\Delta J=2,7$  г, а при массе  $J=150$  г – прирост в  $\Delta J=5,4$  г, т.е.  $K=0,036$ . На основании подобных соотношений установлен *основной психофизический закон*, или закон Вебера-Фехнера, выражаемый формулой

$$E = a \cdot \ln J + b,$$

где  $E$  – интенсивность излучения;  $J$  – сила раздражителя;  $a$  и  $b$  – постоянные. Согласно этому закону интенсивность ощущений прямо пропорциональна логарифму силы раздражителя. Закон справедлив только при средних интенсивностях раздражителя, сильно искажаясь при пороговых или очень больших его интенсивностях.

Чувствительность для каждого человека не является постоянной; границы ее подвижны. Знание чувствительности, как и порогов,

необходимо для психологического отбора по специальности. Есть такие виды деятельности, которые может выполнять человек только с конкретной чувствительностью определенных органов чувств. Высокая чувствительность органов чувств особенно необходима в деятельности оператора в системе «человек-машина».

Чувствительность можно совершенствовать. Она может развиваться под влиянием деятельности. Например, профессионалы, занимающиеся окраской тканей, различают до 60 оттенков черного цвета.

*Зрительный анализатор.* Зрение – важнейшее чувство человека. Оно позволяет воспринимать форму, цвет, яркость, расположение в пространстве и движение предметов, а также их опасность. Установлено, что около 80-90 % всей информации человек получает через зрительный анализатор. Раздражителем зрительного анализатора является видимый свет – электромагнитные излучения в диапазоне 380-780 нм (нанометров), а рецептором – глаз. Возможность зрительного восприятия определяется энергетическими, пространственными, временными и информационными характеристиками.

Энергетическая характеристика зрительного анализатора включает в себя освещенность, яркость, контрастность, цветоощущение, видимость.

*Освещенность  $E$*  - это отношение светового потока  $F$  (энергии, вызывающей световое ощущение) к площади  $S$  освещаемой поверхности:

$$E = F/S.$$

Единица освещенности – люкс (лк). Недостаток освещенности вызывает излишнее напряжение глаз при выполнении работ, а это приводит к быстрому развитию утомления и появлению близорукости. Установлены гигиенические нормы освещенности.

Глаз непосредственно реагирует на *яркость* воспринимаемого предмета. Яркость  $B$  зависит от силы света  $J$ , излучаемого поверхностью определенной площади  $F$ , и угла  $\alpha$ , под которым

рассматривается эта поверхность:  $B = \frac{J}{S} \cdot \cos \alpha$ . Единица яркости –

кандела на 1 кв.м (Кд/м<sup>2</sup>). Диапазон чувствительности зрительного анализатора по яркости очень велик: он простирается от  $3 \cdot 10^{-6}$  до  $2,25 \cdot 10^5$  Кд/м<sup>2</sup>. Наилучшими условиями для работы считается яркость от нескольких десятков до нескольких сотен Кд/м<sup>2</sup>. Гигиенически приемлемая яркость света – до 5000 Кд/м<sup>2</sup>. При очень большой яркости (более 30000 Кд/м<sup>2</sup>) появляется эффект *ослепления*. Поэтому для защиты

человека от слепящего действия источников света и различных блестящих поверхностей должны приниматься соответствующие меры.

Видимость предметов определяется не только яркостью, но также *контрастом* их по отношению к фону. Различают два вида контраста: прямой (предмет темнее фона) и обратный (предмет ярче фона). Количественно величина контраста оценивается по формулам:

$$K_{np} = (B_{\phi} - B_n) / B_{\phi} \text{ и } K_{об} = (B_n - B_{\phi}) / B_n,$$

где  $K_{np}$ ,  $K_{об}$  – контраст соответственно прямой и обратный;  $B_{\phi}$ ,  $B_n$  – яркость соответственно фона и предмета. Контраст считается малым при его величине менее 0,2; средним – от 0,2 до 0,5; большим – более 0,5. Оптимальная величина контраста считается равной 0,60-0,95. Работа при прямом контрасте более благоприятна, чем при обратном.

В общем случае яркость предмета определяется двумя слагающими: яркостью излучения и яркостью отражения. Яркость излучения определяют мощность источника света и его светоотдача, а яркость отражения – уровень освещенности данной поверхности и ее отражающие свойства, задаваемые коэффициентом отражения. Коэффициент отражения показывает, какая часть падающего на поверхность светового потока отражается ею. Данный коэффициент зависит во многом от цвета поверхности. Если для поверхности белого цвета коэффициент отражения равен 0,9, то желтого – от 0,65 до 0,75, зеленого – от 0,10 до 0,65, серого – от 0,3 до 0,75, синего – от 0,13 до 0,55, коричневого – 0,10, черного – 0,07. Увеличение коэффициента отражения (или, иначе, светлоты фона) не всегда облегчает работу глаз, создавая высокую яркость.

Световая чувствительность глаз зависит также от *адаптации* (лат. adaptatio – прилаживание, приурочивание) зрительного анализатора к внешнему световому воздействию. Световая адаптация, т.е. привыкание глаза к большой освещенности, длится от 1-2 до 8-10 мин. Темновая адаптация (привыкание глаза к плохой освещенности) требует значительно большего времени: от 40 до 50 минут. Перевод взгляда от более освещенных к менее освещенным предметам и обратно приводит к быстрому утомлению органа зрения, что может не только снизить производительность труда, но и привести к травме. Чтобы исключить необходимость адаптации или уменьшить ее влияние, в производственных условиях должно применяться освещение, предусмотренное правилами безопасности, в частности, не разрешается использовать только одно местное освещение.

Значительно обогащает познавательные возможности человека *цветоощущение* (цветовосприятие) – способность различать цвета. Ощущаемые человеком цвета делят на ахроматические и

хроматические. Ахроматические, или неокрашенные цвета, – черный, белый и промежуточный между ними серый. Хроматические (от греч. *chromatos* – цвет), или окрашенные, цвета включают 7 основных цветов спектра – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый – и более сотни их оттенков. Длины световых волн (в нанометрах) и соответствующие им хроматические цвета заключены в следующих границах: 380-455 – фиолетовый, 455-470 – синий, 470-500 – голубой, 500-540 – зеленый, 540-590 – желтый, 590-610 – оранжевый, 610-780 – красный.

Цвет различно влияет на самочувствие и работоспособность человека. Он может способствовать улучшению настроения или, наоборот, ухудшать его. Например, зеленый цвет (цвет растений) создает ровное, спокойное настроение; это самый приятный, самый полезный цвет. Красный цвет (цвет крови) возбуждает, вызывает чувство тревоги. Голубой цвет успокаивает, радует, а темно-синий угнетает. Черный цвет сигнализирует об опасности, угнетает, затрудняет ориентировку в темноте.

Восприятие цвета не у всех людей одинаково. У некоторых людей наблюдаются отклонения от нормального цветоощущения, обусловленные особенностями устройства зрительного анализатора. Восприятие цвета обеспечивают находящиеся в сетчатке глаза светочувствительные клетки двух типов: колбочки (их в сетчатке около 7 млн.) и палочки (около 130 млн.), названные так за их внешнюю форму. Колбочки расположены в центре сетчатки, функционируют только при дневном свете и отражают хроматические цвета. При слабом освещении они прекращают свою работу, и зрение осуществляется аппаратом палочек – человек видит в основном серые цвета. Палочки расположены по краям сетчатки, функционируют в любое время суток и отражают ахроматические цвета; поэтому ночью все предметы нам кажутся черными или серыми.

При нарушении работы палочкового или колбового аппаратов зрительного анализатора возникают определенные дефекты в зрительном ощущении: цветовая слепота, дальтонизм, куриная слепота.

У человека, страдающего *цветовой слепотой*, нарушается действие аппарата колбочек, в связи с чем наблюдается полная потеря восприятия хроматических цветов, когда все предметы воспринимаются как серые.

*Дальтонизм* – частный случай цветовой слепоты, возникающий при ослаблении действия колбочкового аппарата, в результате чего человек плохо различает или совсем не различает хроматические цвета. Дальтоники обычно не различают красный и зеленый цвета, а иногда желтый и фиолетовый. Им эти цвета кажутся серыми. Дальтонизм



передается по наследству от отца через дочь внуку. Дальтонизм является серьезным недостатком зрения, и его необходимо учитывать как противопоказание при выборе профессий водителя и оператора, которые связаны с различением (индикацией) цветов.

«Куриная слепота» обуславливается нарушением работы палочкового аппарата и проявляется в том, что человек очень плохо или ничего не видит в сумерки и ночью, а днем его зрение относительно нормально. Куры и голуби палочек не имеют и потому в сумерки почти не видят.

Цветовое зрение обладает способностью меняться под влиянием принимаемых лекарственных средств или других химических веществ. Например, при курении возникают дефекты в красно-зеленой зоне, особенно в красной зоне могут быть постоянными. Кофеин, кофе, кока-кола ослабляют чувствительность к синему цвету, усиливают красный цвет.

Лица с нарушениями цветового зрения не должны допускаться к управлению транспортными средствами, а также к другим видам работ, где неправильное восприятие цветовой сигнализации может нарушить производственный процесс или привести к аварийной ситуации.

Глаз человека воспринимает электромагнитные волны в различных участках спектра неодинаково, т.е. зрительный анализатор обладает определенной *спектральной чувствительностью*. Наибольшую чувствительность глаз имеет по отношению к волнам в середине спектра видимого света (500-600 нм) т.е. к излучению желто-зеленого цвета. Спектральная чувствительность характеризуется так называемой *относительной видимостью* монохроматического излучения. Ее определяют по отношению ощущения, вызываемого источником волны длиной  $\lambda$ , к ощущению, вызываемому источником излучения той же мощности длиной 550 нм. Спектральная чувствительность играет важную роль для горнорабочего. При дневном освещении лучше различаются сигналы и предметы желтого, оранжевого и красного цветов, при искусственном освещении более различимы зелено-голубые цвета.

Пространственные характеристики зрительного анализатора включают в себя остроту зрения, поле зрения и объем зрительного восприятия.

*Остротой зрения* называется способность глаза различать мелкие детали предметов. Она характеризуется минимальным углом, под которым две равноудаленные точки видны как отдельные. Мерами остроты зрения служит угол, образуемый лучами, идущими от этих точек. Чем он меньше, тем выше острота зрения. У большинства людей минимальная величина угла зрения равна 1 мин. Острота зрения зависит

от уровня освещенности (возрастает с увеличением освещенности), контрастности (снижается при уменьшении контраста), формы объекта, расстояния до рассматриваемого предмета и его положения относительно наблюдателя, возраста и других факторов.

При зрении обоими глазами (*бинокулярном*) человек в силу строения глаз и их расположения на лице может правильно воспринимать предметы без поворота головы только в определенном поле. Бинокулярное *поле зрения* охватывает в горизонтальном направлении 120-160°, по вертикали вверх – 55-60°, вниз – 65-72°. При восприятии цвета размеры поля зрения сужаются. Зона оптимальной видимости ограничена полем: вверх – 25°, вниз – 35°, вправо и влево – по 32°.

Восприятие объектов в двухмерном и трехмерном пространстве зависит не только от поля зрения, но и от так называемого глубинного зрения. *Глубинное зрение* связано с восприятием пространства. При глубинном зрении большое значение имеют форма и положение объектов в пространстве: лучше всего различаются предметы правильной формы (круглые, квадратные, треугольные и т.д.), а также простые по форме буквы и цифры. Около 3 % населения страны страдают полным отсутствием *стереоскопического зрения* (от греч. stereo – объемный, пространственный). Такие люди не могут обслуживать краны, работать на лесах, буровых мачтах и т.п.

Под *объемом зрительного восприятия* понимают число объектов, которые может охватить человек в течение одной зрительной фиксации, т.е. за время относительно неподвижного положения глаза, когда взор пристально устремлен на объект. Обнаружено, что при предъявлении не связанных между собой объектов объем восприятия составляет 4-8 элементов. Установлено также, что в зрительном образе может отражаться значительно большее число объектов, однако они не могут быть воспроизведены из-за ограниченного объема памяти.

К временным характеристикам зрительного анализатора, которые определяются временем, необходимым для возникновения зрительного ощущения при тех или иных условиях работы оператора, относятся: латентный период зрительной реакции, длительность инерции ощущения, критическая частота мельканий, время адаптации, длительность информационного поиска.

*Латентным* (скрытым) *периодом* называется промежуток времени от момента подачи сигнала до момента возникновения ощущения. Это время зависит от интенсивности сигнала, его значимости, сложности работы оператора, возраста и других индивидуальных особенностей человека. В среднем для большинства

людей латентный период зрительной реакции лежит в пределах 0,16-0,24 с.

Ощущение, вызванное световым сигналом, сохраняется в глазу в течение некоторого времени (0,1-0,3 с), несмотря на исчезновение сигнала или изменение его характеристик. Благодаря такой *инерции зрения* мелькающий сигнал при определенной частоте начинает восприниматься как постоянно светящийся источник. Частота, при которой мелькания исчезают, называется *критической частотой мельканий*. Если мелькания света используются в качестве сигнала, то оптимальная частота слияния принимается в пределах 3-10 Гц. Инерция зрения позволяет создавать движущиеся объекты из последовательно предъявляемых смещенных по отношению друг к другу неподвижных изображений. Это явление используется в кинематографии и телевидении. Иногда на экране можно наблюдать странную картину: колеса движущейся машины вращаются в противоположную сторону. Эту зрительную иллюзию (искаженное восприятие) называют *стробоскопическим эффектом* (от греч. strobos – кружение, вихрь, skopeo – смотрю). При этом эффекте возможна также иллюзия неподвижности вращающегося предмета. Стробоскопический эффект опасен: в производственной обстановке подобные обманчивые впечатления могут привести к тяжелым последствиям.

Для некоторых видов операторской деятельности процесс зрительного восприятия сводится к *информационному поиску* – нахождению на устройстве отображения информации (индикаторе) объекта с заданными признаками. Такими признаками может быть особая форма или цвет объекта, отклонения стрелки прибора за допустимое значение, проблесковое свечение и т.д. Задача оператора заключается в нахождении такого объекта и характеризуется временем, затраченным на его поиск.

Время *адаптации* глаза, включаемое в число временных характеристик зрительного анализатора, рассмотрено выше.

Основной информационной характеристикой зрительного анализатора является *пропускная способность*, т.е. количество информации, которое анализатор способен принять в единицу времени. Пропускная способность органа зрения (с учетом ответных действий человека) составляет от 2 до 4 двигательных единиц в секунду. К информационным характеристикам относят также оптико-геометрические и другие иллюзии.

*Зрительная иллюзия*, т.е. неправильное, искаженное восприятие предметов реальной действительности, приводит к неправильной оценке размера равновеликих, но разноцветных предметов, искаженному восприятию геометрических фигур, неправильной оценке

частоты вращения фигур при стробоскопическом эффекте и др. Практическое отношение к иллюзиям неоднозначное. Они могут использоваться: 1) для маскировки (например, оружия, техники, позиций, личного состава, намерений); 2) с целью не допустить ошибок в деятельности людей (в определении безошибочного расстояния до объекта, в восприятии интересующего человека и т.д.); 3) при всякого рода прямых наблюдениях и оценках; 4) в практике внешнего оформления изделий; 5) в изобразительном искусстве и архитектуре с целью достижения особых эффектов выразительности и др.

*Слуховой анализатор.* Слух – это второе по важности чувство человека (и животного). Он информирует человека о том, что происходит в окружающем мире, в том числе предупреждает его о грозящей опасности. Слух позволяет воспринимать устную речь, без которой невозможно общение между людьми в их трудовой деятельности и общественной жизни. Слух играет большую роль в развитии у человека чувства прекрасного; когда человек слушает хорошую музыку, художественное чтение, пение птиц, его восприятие окружающего мира становится ярче и богаче. Хороший слух необходим для представителей ряда профессий: музыкантов, акустиков, горняков, занятых на подземных работах, и др. При потере слуха люди теряют и способность говорить, их мир значительно обедняется.

Орган слуха воспринимает действующие на него звуковые колебания воздуха. Звук в широком смысле – колебательные движения частиц упругой среды (газообразной, жидкой или твердой), распространяющиеся в ней в виде волн; в узком смысле – это явление, субъективно воспринимаемое человеком (или животным) при помощи специального органа чувств – органа слуха. Физическое понятие о звуке охватывает как слышимые, так и неслышимые звуки.

Основными физическими характеристиками звука, как любого колебательного движения, являются частота и амплитуда колебаний.

По частоте колебательных движений различают: *инфразвуки* (от лат. *infra* – ниже, под) – звуки с частотой ниже 16 Гц; *слышимые звуки* – с частотой от 16 до 20000 Гц; *ультразвуки* (от лат. *ultra* – сверх, за пределами) – с частотой от  $2 \cdot 10^4$  до  $10^9$  Гц; *гиперзвуки* (от греч. *hyper* – над, сверх) – с частотой от  $10^9$  до  $10^{12}$  Гц. Звуки с частотой до 16 Гц и выше 20000 Гц человек не слышит.

Амплитуда колебательных движений определяет интенсивность звука и зависящее от нее звуковое давление.

*Интенсивностью звука* (силой звука)  $I$  называется отношение падающей на поверхность звуковой мощности  $\Phi$  к площади этой поверхности  $S$ :  $I = \Phi/S$ . Интенсивность звука измеряется в Вт/м.

Наименьшая интенсивность звука, при которой человек начинает его воспринимать органом слуха, называется *порогом слышимости* (ПС), а наибольшая интенсивность звука, при которой начинает ощущаться боль в ушах, называется *по рогом болевого ощущения* (ПВО). Величина порогов зависит от частоты колебаний. В частности, при частоте 1000 Гц ПС= $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а ПВО= $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. ПВО превышает ПС в  $10^2/10^{-12}=10^{14}$  раз. Как видим, разность между порогами очень велика, что затрудняет их практическое применение. Поэтому для оценки интенсивности звука удобнее использовать не абсолютное ее значение, а так называемый *уровень интенсивности звука*, который характеризуется логарифмической величиной, определяемой по формуле

$$L = \ln(J/J_0),$$

где  $J$  – интенсивность данного звука;  $J_0$  – интенсивность звука, принятого за исходный (порог слышимости). Единица уровня интенсивности звука, вычисляемая по этой формуле, носит название *бел* (Б). На практике чаще применяется дольная единица – *децибел* (дБ): 1 дБ = 0,1 Б. Уровень интенсивности звука в децибелах находится по формуле

$$L = 10 \cdot \lg(J/J_0).$$

При приведенных выше значениях ПС и ПВО получим:  
 $L = 10 \cdot \lg(10^2/10^{-12}) = 10 \cdot \lg 10^{14} = 140$  дБ.

Таким образом, диапазон измерения уровня интенсивности звука укладывается в 140 дБ.

Орган слуха воспринимает непосредственно не интенсивность звука, а звуковое давление. *Звуковым давлением* называется давление, избыточное по сравнению с давлением, которое существует в воздушной среде при отсутствии звука. Избыток или недостаток давления порождают происходящие в звуковой волне периодические изменения давления – сжатия и разрежения. Поэтому звуковое давление в каждой точке пространства изменяется по величине и знаку. В воздушной среде звуковое давление  $P_{зв}$  налагается на существующее давление газа  $P_{газ}$ . Связь звукового давления  $P$  с интенсивностью звука  $J$  описывается формулой  $J = P^2/(\rho \cdot c)$ , где  $\rho$  – плотность среды;  $c$  – скорость звука. Единица звукового давления – паскаль (Па). Звуковое давление оценивается также логарифмической величиной – *уровнем звукового давления*, который вычисляется по формуле, дБ

$$L = 10 \cdot \lg(J/J_0) = 10 \cdot \lg(P^2/P_0^2) = 20 \cdot \lg(P/P_0),$$

где  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па – звуковое давление на пороге слышимости.

Наряду с приведенными объективными (физическими) характеристиками звука – интенсивностью и частотой звука – используют субъективные (различаемые ухом) характеристики. К ним относятся громкость, высота и тембр звука.

*Громкость* звука – величина, характеризующая субъективное впечатление от воздействия звукового колебания на орган слуха. Громкость звука сложным образом зависит от интенсивности звука, частоты и формы колебаний. При неизменной частоте и форме колебаний громкость звука растет с увеличением звукового давления, т.е. чем больше интенсивность звука, тем он громче. Однако понятия интенсивность и громкость звука не равнозначны. Звуки, равные по интенсивности, но разной частоты, могут иметь неодинаковую громкость. Например, звук силой 50 децибел и частотой 100 Гц не является равногромким звуку той же силы и частотой 1000 Гц. Другой пример: звук силой 50 децибел и частотой 100 Гц воспринимается как равногромкий звуку силой 20 дБ и частотой 1000 Гц. Поэтому для оценки субъективного ощущения громкости звука введено понятие *уровня громкости* с единицей измерения, именуемой «фон». 1 фон – громкость звука при частоте 1000 Гц и разности уровней интенсивности в 1 дБ. На частоте 1000 Гц уровни громкости (в фонах) приняты равными уровням интенсивности (в децибелах). Для физиологической оценки звука используют так называемые *кривые равной громкости*, которые графически выражают зависимость уровня громкости звука от уровня интенсивности (уровня звукового давления) и частоты звука.

*Высота звука* – качество звука, определяемое человеком субъективно и зависящее в основном от его частоты. С ростом частоты высота звука повышается, т.е. чем больше частота колебаний, тем более высокий звук (тон) слышит человек. Соотношение двух звуков по высоте называют *частотным интервалом*. Математически интервал равен отношению крайних частот (частот, ограничивающих интервал):  $f_1/f_2$ . В качестве единицы измерения частотного интервала принята безразмерная единица – октава. *Октавой* называется частотный интервал, у которого частота нижней границы  $f_1$  в 2 раза меньше частоты верхней границы  $f_2$ , т.е.  $f_2 = 2 \cdot f_1$ . Каждая октава, характеризуется среднегеометрической частотой  $f_{c.x} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ .

*Тембр* – качество звука (его «окраска», «характер»), которое позволяет различать звуки одной и той же высоты, исполненные различными голосами или различными инструментами. Одинаковые по высоте звуки могут звучать по-разному тогда, когда основной тон (звук

определенной высоты) сопровождается в каждой фазе колебательного цикла дополнительными колебаниями – второстепенными тонами (звуками), которые всегда выше по частоте, чем частота, определяющая высоту звука. Эти второстепенные тоны придают основному тону дополнительную окраску и называются *обертонами*.

Прием и анализ поступающих к человеку звуков осуществляет *слуховой анализатор* – совокупность механических, рецепторных и нервных структур. У человека слуховой анализатор состоит из наружного (звукоулавливающий аппарат), среднего (звукопередающий аппарат) и внутреннего (звуковоспринимающий аппарат) уха, слухового нерва и центральных отделов в коре головного мозга.

Наружное ухо включает в себя ушную раковину, улавливающую звуки, и наружный слуховой проход, по которому звуковые колебания приходят к находящейся в его конце туго натянутой барабанной перепонке и вызывают ее колебания. Частота колебаний барабанной перепонки тем больше, чем выше звук, а их размах увеличивается с возрастанием силы звука. За барабанной перепонкой находится среднее ухо, заполненное воздухом. Специальным каналом – евстахиевой (слуховой) трубой – оно соединено с носоглоткой, чем обеспечивается выравнивание давления воздуха с обеих сторон барабанной перепонки. В среднем ухе имеются 3 связанные как бы в одну цепь слуховые косточки: молоточек, наковальня, стремя. Через эти слуховые косточки колебания барабанной перепонки передаются специальной перепонке, затягивающей овальное окно, закрывающей выход из среднего уха. За овальным окном расположено внутреннее ухо, заполненное особой жидкостью. Оно представляет собой систему полостей и извитых каналов в глубине височной кости черепа («костный лабиринт»). Во внутреннем ухе располагаются два органа: орган слуха и орган равновесия (вестибулярный аппарат). Орган слуха представляет собой образование спиралевидной формы, напоминающее улитку. В канале улитки располагаются воспринимающие звук клетки – слуховые рецепторы, образующие кортиева орган. Гидродинамические колебания жидкости, заполняющей улитку, раздражают воспринимающие клетки. Под действием этих раздражений в рецепторах возникает нервное возбуждение, которое передается по слуховому нерву в головной мозг. В слуховой зоне мозга происходит высший анализ звуков – окончательное различение характера, силы, высоты звука. Так функционирует слуховой анализатор.

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты и интенсивности (силы). Ухо человека наиболее чувствительно к звукам с частотой от 1000 до 4000 Гц. Наибольшая острота слуха наблюдается в возрасте 15-

20 лет. С возрастом слух ухудшается. Так, для восприятия речи в 30 лет необходима громкость звука в 40 дБ, а в 70 лет ее громкость должна быть не ниже 65 дБ. Оптимальный уровень громкости - 40-50 дБ. При уровне 120 дБ звук становится дискомфортным, при 130 дБ вызывает неприятные ощущения.

Помимо восприятия звуковых волн орган слуха позволяет человеку распознавать место нахождения источников звука в пространстве: его расстояние и направление относительно субъекта. Эту возможность обеспечивает *бинауральный* (двуухий) *эффект*, который осуществляется за счет разницы во времени прихода сигналов на правое и левое ухо. У людей, глухих на одно ухо, бинауральный эффект отсутствует.

В реальных условиях восприятие человеком звуков может ухудшаться (до полного исчезновения) в присутствии других звуков, образующих определенный акустический фон. При этом фон (например, шум) может маскировать полезный сигнал, что, естественно, затрудняет его обнаружение. Эффект маскировки в охране труда имеет двойное значение. При разработке и конструировании акустических индикаторов необходимо предусматривать меры борьбы с этим эффектом. В некоторых случаях эффект маскировки может быть использован для улучшения акустической обстановки. Например, маскируют высокочастотный тон низкочастотным, который менее вреден для человека.

Все звуки можно свести условно к трем видам: музыкальные, речевые, шум.

*Музыкальные звуки* – это пение, свист, звон, звучание большинства музыкальных инструментов, звуки камертона. Музыкальными называют звуки, которые обладают определенной высотой, тембром и громкостью и входят в состав закономерно организованной ритмической музыкальной системы. Музыкальные звуки, в отличие от речи, не передают точных смысловых значений, и они более простые, чем шумы. Роль музыкальных звуков, музыки в жизни человека исключительно велика. Она является владелицей чувств и настроений, снимает отрицательные эмоции, повышает общий тонус, оказывает благотворное воздействие на работу многих анатомических органов и выполняемые ими физиологические функции. Медицина приписывает музыке целебные свойства.

*Речь* – важнейшее средство общения между людьми и орудие их мышления. Звуки речи – звуки, образуемые в целях языкового общения посредством произносительного аппарата человека. В звуках речи представлены как тоны (звуки определенной частоты), так и шумы. К



тонам относятся гласные, к шумам – глухие согласные; звонкие согласные представляют собой сочетание тона и шума.

Значения основных характеристик речевых звуков изменяются в пределах: частота – 100-8000 Гц, интенсивность звука 0-90 дБ. Воздействие звуков речи на человека зависит от многих факторов: внимания или интереса слушателей к теме, авторитета выступающего, культуры речи и др. Если с помощью речи передается производственная информация (в том числе в условиях горного производства), то очень важна внятность речи, особенно при передаче по телефону или радио. Внятность речи помимо необходимого уровня громкости обеспечивается выбором слов, наименее искажаемых при произнесении, а также хорошим состоянием средств связи.

*Шум* – бессистемное сочетание большого количества звуков, сливающихся в один нестройный голос. Это наблюдается на улице, аэродроме, в заводских цехах, у железнодорожных путей, у штормящего моря и т.д. Считается, что шум – категория звуков, которая в большинстве случаев мешает человеку, раздражает его. Сильный и продолжительный шум вызывает у людей потерю нервной энергии, наносит ущерб сердечнососудистой системе, снижает внимание, понижает слух и работоспособность, приводит к нервным расстройствам. Отрицательно влияет шум на умственную деятельность. Поэтому осуществляются специальные меры по борьбе с шумом.

*Вестибулярный анализатор.* В некоторых профессиях человеку важно знать не только расположение отдельных частей его тела, но и всего тела, и уметь выполнять рабочие движения при изменении тела в пространстве (водолазы, парашютисты, летчики, моряки, монтажники-высотники и др.). О положении тела в пространстве сигнализируют рецепторы вестибулярного анализатора, расположенного во внутреннем ухе. Вестибулярный анализатор состоит из полукружных каналов, которые расположены в трех взаимно перпендикулярных направлениях, и отолитового аппарата. Отолитовый аппарат представляет собой чувствительные клетки, над которыми расположены отолиты – кристаллики кальцита. Каналы и отолитовый аппарат заполнены жидкостью. Отолитовый аппарат воспринимает действие силы тяжести и инерции. Каналы реагируют на вращательное движение. Смещение жидкости в вестибулярном аппарате вызывает раздражение рецепторных клеток и соответствующий рефлекторный ответ мышц.

Резкие и быстрые изменения положения тела относительно плоскости земли (качание на качелях, морская качка), вызывая возбуждение вестибулярного рецептора, приводят к головокружению – «морской болезни». При значительном нарушении функционирования вестибулярного аппарата у человека, кроме головокружения, изменяется

также пульс, появляются тошнота и рвота, теряется способность ориентироваться. Люди с нарушением вестибулярного аппарата, нырнув в воду, не могут определить положение тела и в связи с этим нередко гибнут. Они плохо чувствуют себя на высоте. Поэтому серьезные нарушения вестибулярного аппарата служат противопоказанием для целого ряда профессий, связанных с работой на высоте и на воде.

*Обонятельный анализатор* предназначен для восприятия человеком различных запахов (их диапазон охватывает до 400 наименований). Обонятельные рецепторы расположены в слизистой оболочке носа. Действие пахучих газообразных веществ раздражает обонятельные клетки. От рецепторов возбуждение проводится по обонятельному нерву в обонятельную зону коры больших полушарий головного мозга, где и происходит различение запахов.

Обоняние – исключительно тонкое чувство человека, способное обнаружить присутствие веществ в таких количествах, какие не способны зарегистрировать химический и спектральный анализы. На сигналы обоняния о присутствии в воздухе вредных веществ (эфира, нашатырного спирта, хлороформа и т.д.) организм отвечает рефлекторным замедлением дыхания и его кратковременной остановкой. Безвредные вещества такой реакции не вызывают.

При длительном воздействии на органы обоняния одних и тех же веществ восприятие запахов ослабляется. В таких условиях работающие с ядохимикатами перестают чувствовать присутствие ядовитых газов в подмасочном пространстве индивидуального средства защиты (например, противогаза); так, работники нефтебаз не ощущают присутствие паров нефтепродуктов и т.д.

Люди с нарушенным обонянием чаще подвергаются риску отравления.

Запахи могут сигнализировать о нарушениях в технологических процессах и об опасностях. Запахи в горных выработках являются нередко сигналами нарушения хода производственного процесса, а также появления опасности, например, подземного пожара, короткого замыкания в электросети и т.д.

Для распознавания опасных газов, не имеющих запаха, к ним добавляют сильно пахнущие вещества – *одоранты* (лат. odor – запах). На некоторых производствах применяется *адорация помещений* для защиты людей от неприятных запахов. Пахучие вещества применяются в аварийной ароматической сигнализации.

Обонятельная чувствительность тесно связана с вкусовой, помогает распознавать качество пищи.

У современного человека обонятельный анализатор развит хуже, чем у его отдаленных предков, поскольку у здорового человека ориентировочную функцию выполняет прежде всего зрение и слух. Но при поражении последних обоняние наряду с оставшимися неповрежденными анализаторами приобретает особо важное значение. Слепоглухие, например, пользуются обонянием как зрячие пользуются зрением: определяют по запаху знакомые места и узнают знакомых людей.

*Вкусовой анализатор* обеспечивает различение вкуса веществ, растворенных в слюне или воде (жидкости), попавшей в полость рта. Вкусовые рецепторы – вкусовые сосочки, расположенные на поверхности языка, глотки, неба – различают ощущения сладкого, кислого, соленого и горького. Участки языка по-разному чувствительны к различным веществам: к сладкому наиболее чувствителен кончик языка, к кислому – края языка, к горькому – область корня языка. Во вкусовых рецепторах под влиянием химических раздражителей возникает возбуждение, которое по волокнам вкусового нерва проводится во вкусовую зону коры больших полушарий, расположенную рядом с обонятельной. Здесь происходит окончательное различение вкуса.

Вкусовые ощущения повышают аппетит человека. Как и обонятельные, вкусовые ощущения отражают не только свойства веществ, но и состояние самого организма. Анализируя качество пищи, вкусовые ощущения выполняют и защитную функцию.

Вкусовая чувствительность также относится к числу сигнализаторов опасности и позволяет своевременно выявить присутствие в воде и пище некоторых вредных веществ, кислого и соленого, горького и сладкого.

Под влиянием практической деятельности и специальных знаний чувствительность вкусового (и обонятельного) анализатора может быть существенно развита.

*Кожные анализаторы.* Кожа – это сложный покровный орган, выполняющий множество защитно-оборонительных функций. Она защищает лежащие под ней ткани от механических повреждений, а кровь от проникновения в нее различных химических веществ, тем самым, предотвращая отравление организма; препятствует потере воды организмом; выполняет роль регулятора температуры тела, охраняя организм от перегрева и переохлаждения. Роговой слой кожи и кислая среда на ее поверхности являются барьером на пути болезнетворных микробов.

Если нарушить нормальные условия работы кожи, человек может погибнуть. В историю вошел случай с «золотым» мальчиком. Это

произошло в Милане в конце 1499 года, в дни новогоднего праздника. Голого мальчика, который должен был изображать «золотой век», с головы до ног покрыли золотой краской. Мальчик погиб через несколько дней. В то время трудно было объяснить причину смерти ребенка. Сейчас мы знаем, что причина кроется в нарушении работы кожи.

Одна из опасностей, которым подвергается человек в наше время – электрический ток. Первым защитным барьером в момент прикосновения токоведущего проводника к телу служит кожа. Обладая огромным электрическим сопротивлением, достигающим иногда 100000 Ом, кожа в первый момент препятствует прохождению электрического тока через внутренние органы. Правда, под действием электрического тока сопротивление кожи быстро снижается. Но к этому времени включаются и другие виды защиты организма.

Кожные анализаторы обеспечивают ощущения пяти видов: а) прикосновения (слабого давления), или тактильные (от лат. *tactilis* – осязаемый); б) боли; в) тепла; г) холода и д) вибрации. Для каждого из этих ощущений (кроме вибрации) в коже имеются специальные рецепторы либо их роль выполняют свободные нервные окончания.

*Тактильный анализатор.* Тактильная чувствительность (к прикосновению) проявляется при деформации кожи под воздействием внешнего давления. Ощущение возникает только в момент деформации, т.е. при движении раздражителя, а исчезает как только скорость движения падает до нуля. Наиболее развита тактильная чувствительность на дистальных частях тела (наиболее удаленных от оси тела): на ладони, на кончике пальцев, на губах. Тактильная чувствительность определяется плотностью рецепторов на том или ином участке кожной поверхности; например, число осязательных точек на 1 см<sup>2</sup> равно: мякоть большого пальца – 120, а тыл кисти – 14. Временной порог – менее 0,1 с. Характерная особенность тактильного анализатора – быстрое развитие адаптации, т.е. исчезновение чувства прикосновения или давления. Время адаптации для различных участков тела колеблется от 2 до 20 с. Благодаря адаптации мы не чувствуем прикосновения одежды к телу.

Тактильные ощущения, объединяясь с мышечно-суставной чувствительностью, образуют *осязание*. Благодаря осязанию рука может распознавать форму и пространственное расположение предметов, характер поверхности тел, их температуру, шероховатость, присутствие электрического заряда и т.д. В этом отношении тактильная чувствительность совместно с другими видами кожной чувствительности может в некоторой степени компенсировать

отсутствие или недостаточность функции других органов чувств (зрения, слуха).

Способность распознавать предметы и их качество путем соприкосновения с ними позволяет человеку обнаружить потенциальную опасность, предотвратить многие повреждения тела. Стоит нам прикоснуться к очень острому или горячему предмету, как тотчас же мы рефлекторно отстраняемся от раздражителя.

Осознание играет важную роль во всех трудовых операциях.

*Болевая чувствительность.* Боль – сигнал тревоги для организма, призыв к борьбе с опасностью. Специальными болевыми рецепторами являются свободные нервные окончания в эпителиальном слое кожи, которые подают сигнал в мозг при болевых воздействиях механических, химических и других раздражителей. В болевых ощущениях отражается интенсивность раздражителя, его качество (колющая, режущая, жгучая боль), место воздействия. Организм реагирует на раздражители рефлекторным движением.

Биологический смысл боли заключается в том, что она, являясь сигналом опасности, вреда, наносимого организму раздражителем, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность. Таким образом, заставляя организм реагировать на опасность, боль выполняет полезную роль. Но в то же время боль может быть опасной, например, при болевом шоке, который осложняет деятельность организма по самовосстановлению.

Между болевыми и тактильными рецепторами существуют противоречивые отношения. Проявляется это в том, что наименьшая плотность болевых рецепторов приходится на те участки кожи, которые наиболее богаты тактильными рецепторами, и наоборот. Противоречие обусловлено различием функций рецепторов в жизни. Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в частности, рефлекс удаления от раздражителя. Тактильная чувствительность тесно связана с ориентировочными рефлексам, например рефлексом сближения с раздражителем.

В области боли основной психофизиологический закон не действует. Здесь наблюдается почти прямая зависимость между ощущением и раздражением в диапазоне до порога чувствительности.

*Температурная чувствительность.* Температурные ощущения возникают от раздражения терморецепторов. Существуют отдельные рецепторы для ощущения холода и тепла. Распределение Холодовых и тепловых рецепторов на коже неравномерно. Например, наиболее чувствительна к холоду кожа спины и шеи, а к горячему – кончики пальцев и языка. Различные участки кожного покрова имеют разные

температуры (на лбу, например, 34-35 °С; на лице 20-25 °С; на животе 34 °С; на стопах ног 25-27 °С). Средняя температура свободных от одежды участков кожи равна 30-32 °С. Температуры кожи ниже 0 °С и выше 51 °С вызывают ощущения боли.

Передавая информацию об изменении температуры среды, терморецепторы играют важную роль в терморегуляции организма. Терморегуляция – это совокупность физиологических процессов, направленных на поддержание постоянной температуры тела с помощью процессов теплопродукции и теплоотдачи. Если организм не справляется с терморегуляцией, то возникает его перегрев. Перегревание (*гипертермия*) сопровождается повышением температуры тела до 38 °С. В тяжелых случаях гипертермия протекает в форме *теплого удара*; при этом температура тела повышается до 40 °С и пострадавший теряет сознание. Высокая температура воздуха усиливает и потоотделение, которое приводит к *судорожной болезни* вследствие нарушения водно-солевого баланса. В условиях воздействия пониженных температур возникают охлаждение организма и переохлаждение (*гипотермия*). Переохлаждение организма ведет к *простудным заболеваниям* – ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии, снижению общей иммунологической сопротивляемости. Местное охлаждение является причиной озноба, обморожения и таких заболеваний, как неврит, радикулит, облитерирующий эндартериит и т.д.

Температурные анализаторы защищают организм от перегрева и переохлаждения, помогают сохранять постоянную температуру тела.

*Вибрационная чувствительность* примыкает к слуховой чувствительности. У них общая природа отображаемых физических явлений - механические колебания частиц упругой среды. В отличие от звука, когда энергия механических колебаний передается организму через воздушную среду, при вибрации эта энергия распространяется по тканям и вызывает колебание их или тела в целом. Поэтому вибрационную чувствительность образно называют «контактным слухом».

Интенсивная вибрация при продолжительном воздействии приводит к серьезным изменениям деятельности всех систем организма и при определенных условиях может вызвать тяжелое заболевание – *вибрационную болезнь*. При незначительной интенсивности и небольшой длительности воздействие вибрации может быть полезным: уменьшается утомляемость, повышается обмен веществ, увеличивается мышечная сила.

Специальные рецепторы, воспринимающие вибрацию, не обнаружены. Существует несколько гипотез о природе вибрационной чувствительности.

Вибрация ощущается в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц. Наиболее высока чувствительность к частотам от 200 до 250 Гц. При увеличении или уменьшении частоты вибрационная чувствительность снижается. Пороги вибрационной чувствительности неодинаковы для различных участков тела. Наибольшей чувствительностью обладают участки, наиболее удаленные от медианной плоскости тела (например, кисти рук).

*Кинестетический анализатор.* Кинестетические или кинестетические ощущения (от греч. kineo – двигаюсь и aisthesis – чувствительность) – это ощущения положения или перемещения частей собственного тела, или, иначе, двигательные ощущения. Их обеспечивают специальные рецепторы – проприорецепторы (от лат. proprius – собственный), сигнализирующие о состоянии двигательной системы организма. Они расположены в мышцах, сухожилиях и на суставных поверхностях и обуславливают так называемое «мышечное чувство». Проприорецепторы посылают сигналы в мозг, сообщая о том, в каком состоянии находятся мышцы. В ответ мозг направляет к проприорецепторам импульсы, координирующие работу мышц, заставляющие их сокращаться. Благодаря такому взаимодействию человек ощущает каждый свой мускул. Мышечное чувство "работает" постоянно. Поэтому мы судим о степени сокращения мышц и о положении членов тела, принимаем нужную нам позу. Мышечное чувство обуславливает выбор наиболее удобных форм и размеров бытовой мебели, столов, стульев и других элементов рабочих мест. В определенной степени от удобного положения тела человека зависит его работоспособность, а в некоторых случаях - и безопасность.

Характеристики двигательного аппарата человека (данные о силе сокращения мышц, силе сжатия рук, об оптимальных усилиях на органы управления машинами, о скорости, развиваемой движущимися руками и т.п.) надлежит учитывать при разработке технологических процессов, при конструировании органов управления машинами и механизмами, а также при создании различных защитных устройств.

*Органическая чувствительность.* Мозг человека получает информацию не только от окружающей среды, но и от самого организма. Чувствительные нервные аппараты – *интероцепторы* (сигнализаторы о раздражителях внутренней среды) – имеются в стенках всех внутренних органов: пищевода, желудка, кишечника, кровеносных сосудов, легких и т.д. Под влиянием внешних условий в них возникают определенные ощущения, образующие так называемое

*органическое чувство* (самочувствие) человека. К числу органических относятся также ощущения, которые мы имеем при голоде, жажде, насыщении, тошноте, внутренних болях и т.п. Пока мы вполне здоровы, сыты, когда работа внутренних органов протекает нормально, мы не замечаем почти никаких органических ощущений; они главным образом дают сигналы о нарушениях в работе внутренних органов.

Органические ощущения оказывают сильное влияние на психическое состояние человека, его работоспособность. В то же время эти ощущения испытывают сильное влияние от волевых усилий человека, его мотивов.

*Взаимодействие анализаторов.* Перечисленные выше анализаторы функционируют в сложном взаимодействии. Основой этого взаимодействия является рефлекторный путь: постоянные и временные нервные связи между мозговыми концами анализаторов. В процессе развития человека на основе взаимодействия анализаторов формируются функциональные системы, являющиеся механизмом перцептивных действий (перцепция – восприятие). Структура этих систем определяется условиями деятельности и жизни человека. Если человек попадает в необычные для него условия, то может возникнуть конфликт между сложившимися функциональными системами и новыми требованиями. Чтобы предотвратить подобные нарушения, необходимо перестроить сложившиеся функциональные системы или сформировать новые путем соответствующих тренировок. Это обстоятельство следует иметь в виду при создании систем безопасного труда.

При нарушении какого-либо анализатора (повреждение, болезнь) в процессе тренировки компенсаторно расширяются возможности других анализаторов. Например, у слепых значительно тоньше, чем у зрячих развиты слух, осязание, восприятие давления, температуры.

В реальных условиях на каждый анализатор человека и животного действуют одновременно несколько раздражителей, оказывающих влияние на всю систему анализаторов. В результате достигается более тесное взаимодействие различных анализаторов, а значит, и более целостный анализ воспринимаемой информации и в итоге создается более полная картина (образ) внешнего мира. Именно единство анализаторской и синтетической функций мозга человека и животных обеспечивает соответствие представлений с реальной действительностью. Так, например, воспринимая запах хищника (обонятельный анализатор), слыша (слуховой анализатор) и видя его (зрительный анализатор), потенциальная жертва формирует целостный образ данной ситуации и строит свое поведение, не дожидаясь не только появления болевых сигналов, но и дополнительных сведений от



рецепторов осязания и терморекцепторов ("горячее" дыхание за спиной и т.д.).

Определяя оптимальные условия функционирования, необходимо учитывать не только возможности анализаторов, но и всю систему действующих на них раздражителей. К сожалению, в настоящее время это требование реализуется еще не в полной мере.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что такое анализатор? 2. Какие различают анализаторы в зависимости от специфики принимаемых сигналов? 3. Что представляют собой рецепторы? 4. Основные параметры анализаторов. 5. Как осуществляется взаимодействие анализаторов?

### 2.3. Защитные механизмы организма

К механизмам защиты организма человека от опасностей можно отнести иммунитет, защитное действие кожи и слизистых оболочек, фагоцитоз.

*Иммунитет* (от лат. *immunitas* – освобождение от чего-либо) – невосприимчивость организма к инфекционным (заразным) заболеваниям и чужеродным телам. Различают *врожденный* и *приобретенный* иммунитет. Врожденный (видовой) иммунитет свойственен определенному виду животных и человеку; обеспечивается наследственными свойствами вида. Так, человек не может заболеть чумой крупного рогатого скота, а полиомиелитом болеют только люди и обезьяны. Приобретенный иммунитет может возникнуть в результате перенесенного инфекционного заболевания, а также предохранительных прививок. Как правило, человек дважды не болеет одной и той же инфекционной болезнью, благодаря приобретенному иммунитету. Он обеспечивается антителами, возникающими из гамма-глобулина после инфекционной болезни. Но организм отвечает выработкой иммунитета не на все инфекционные агенты (бактерии, вирусы и т.д.).

Организм человека обладает рядом защитных приспособлений, которые препятствуют проникновению болезнетворных микробов. Важное значение имеют *кожа* и *слизистые оболочки*. Например, кожа не только предохраняет организм, но и выделяет вещества, убивающие находящиеся на ней микробы. Слизистые оболочки полости рта, носа, глаз, верхних дыхательных путей также выделяют губительные для микробов вещества, в частности лизоцим (открыт А. Флеммингом в 1922 г.). Так, слизистая оболочка глаз, как правило, не содержит

микробов, хотя они попадают в нее постоянно вместе с пылью. Противомикробным действием обладает и слюна человека; она очищает зубы и слизистую оболочку рта от бактерий и продуктов их жизнедеятельности, а также остатков пищи. Защищает организм действие желудочного и кишечного сока. Многие болезнетворные микробы погибают в кислой среде желудка человека, а выделяемые некоторыми микробами токсины разрушаются желудочным или кишечным соком.

Естественные защитные приспособления организма играют большую роль, но иногда они недостаточны. Существование организма в этом случае зависит от его способности противостоять микробам и их ядам. Такой способностью обладает большое количество клеток, находящихся в организме. Эти клетки активно передвигаются, захватывают и пожирают микробов. Подобные клетки И.И.Мечников назвал *фагоцитами*, а процесс захватывания и внутриклеточного переваривания микробов – *фагоцитозом* (от греч. *phagos* – пожирающий, *kutos* – вместилище, клетка). Фагоциты есть у некоторых растений (хвойные деревья и др.). Роль фагоцитов в организме человека играют подвижные клетки крови – *лейкоциты* (белые кровяные тельца). В роли фагоцитов могут выступать также клетки печени, селезенки, клетки стенок кровеносных сосудов. При попадании микробов в организм эти клетки скапливаются в очаге воспаления и бурно размножаются. В результате в очаге воспаления погибает большое количество фагоцитов; главным образом, лейкоцитов, что проявляется при воспалительном процессе в организме в форме *лейкопении* – уменьшении числа лейкоцитов в 1 мм<sup>3</sup> крови ниже 4000 при некоторых инфекционных и других заболеваниях. Продуктом распада клеток (фагоцитов) является гной, образующийся непосредственно в очаге воспаления. Таким образом, фагоцитоз полезен для организма. Фагоцитоз – один из факторов, обеспечивающих невосприимчивость организма к болезнетворному началу.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется иммунитетом?

2. Виды иммунитета.

### 3. Обеспечение безопасности деятельности в нормальных ситуациях

#### 3.1. Гелиофизические и метеорологические факторы

*Гелиофизические факторы.* Человек, живущий на Земле, постоянно подвергается действию сил Солнца, Луны, звезд. Гравитационные, электрические и магнитные силы Земли, переменное лунное и солнечное тяготение, уровень солнечной радиации относят к *гелиофизическим факторам*. Воздействие их резко увеличивается в периоды, когда Земля, Луна и Солнце находятся на одной линии. В это время в 3-4,5 раза повышается приливообразующая сила, в 2-3 раза чаще происходят землетрясения, у людей увеличивается объем перегоняемой сердцем крови, повышается уровень артериального давления, усиливается интенсивность секреции гормонов и т.п.

Гелиофизические факторы определяют биологические ритмы (циклы) человека. *Биологическими ритмами* называют периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явления в живых организмах. Биологические ритмы физиологических функций столь точны, что их часто именуют «биологическими часами». Эти ритмы реализуются в тесном взаимодействии человека с окружающей средой и отражают особенности приспособления организма к циклично изменяющимся факторам этой среды.

Биологические ритмы по продолжительности цикла разделяют: на высокочастотные – с периодом колебаний от долей секунды до 0,5 ч (ритмы дыхания, сердца, электрических колебаний в мозге и др.), средней частоты – от 0,5 до 20-28 ч (смена сна и бодрствования, активности и покоя, содержания в крови и моче биологически активных веществ и др.), низкой частоты – это околонедельные, околосезонные, околосезонные, многолетние ритмы.

Наиболее изучены циркадианные (циркадные или околосуточные) биологические ритмы с периодом 20-2 Н ч. Примерами их могут служить периодические колебания на протяжении суток температуры тела, частоты пульса, артериального давления, работоспособности человека. Установлены циркадианные колебания более 300 физиологических функций организма человека. Циркадианные биоритмы являются одними из важнейших в организме; нарушение слаженной работы их служит одним из первых симптомов заболевания организма.

Основой циркадианных биоритмов считается фотопериодичность, под которой подразумевается смена дня и ночи.

При нормальном чередовании дня и ночи, работе человека в светлое время и отсутствии вредных факторов на рабочем месте никаких отклонений в его здоровье не наблюдается. Однако с 1 ч до 5 ч утра у человека наступает период «биологического» сна. В этот период у него резко замедляются биологические процессы: снижаются внимание, память, быстрота и координация движений; это сказывается на работоспособности в ночное время. Для ее сохранения на прежнем уровне он мобилизует свои биологические резервы, что связано с резким возрастанием напряженности труда. Со временем у такого работника может возникнуть гипертоническая болезнь, обострится течение других-заболеваний, а на рабочем месте увеличится число несчастных случаев. Поэтому для обеспечения здоровья человека и его безопасности необходимо стремиться к снижению количества ночных смен, освобождая от них, прежде всего женщин и подростков, беременных и кормящих грудью женщин, сохраняя ночные смены только там, где невозможно приостановить технологический процесс.

В Заполярье, где также работают горняки и геологи, наличие полярной ночи и полярного дня нарушает обычную для средних широт фотопериодичность и оказывает дополнительное вредное влияние на организм человека, в частности, на состояние нервной системы, вызывая неврозы и бессонницу. Эмоциональные расстройства в период полярной ночи выражаются в повышенной раздражительности и обидчивости, сменяющихся агрессивностью и конфликтностью.

С конца прошлого, XIX, века стала разрабатываться *теория* (гипотеза) *трех биологических ритмов* у человека. Согласно этой теории у любого человека с момента его рождения и до самой смерти физическое состояние изменяется с периодом 23 дня (физический ритм), эмоциональное – 28 дней (эмоциональный ритм); интеллектуальные (умственные) возможности изменяются с периодом 33 дня (интеллектуальный биоритм). Утверждается, что все три биоритма изображаются синусоидами. В дни, соответствующие положительным частям синусоиды, человек испытывает подъем работоспособности, улучшение физического, эмоционального и интеллектуального состояния, а в дни, соответствующие отрицательным частям синусоиды, – спад, ухудшение общего состояния. День, когда синусоида какого-либо биоритма проходит через ноль, называется *критическим*. Дни, когда через ноль проходят одновременно две или три синусоиды, называются соответственно двойными или тройными критическими днями. Авторы теории трех ритмов высказали предположение, что в критические дни существенно понижаются психофизиологические возможности человека, его защищенность от опасностей, появляются состояния, благоприятствующие несчастным

случаям различного характера (аварии, сбои в работе, травмы, смерть от болезни и т.д.). Наиболее неблагоприятными являются двойные и тройные критические дни; это – дни наибольшей нестабильности организма.

В настоящее время полагают, что применяемые на практике расчеты 23-, 28-, 33-дневных биоритмов не имеют достаточного научного обоснования. Тем не менее, внедрение таких расчетов, на ряде предприятий дало ощутимый положительный эффект; показало, что теория трех ритмов может иметь практическое значение: она мотивирует рабочих к безопасной работе. Объясняется этот феномен тем, что введение на предприятии графиков трех биоритмов осуществляется наряду с другими мерами по улучшению условий и безопасности труда.

*Метеорологические факторы.* Состояние воздушной среды (атмосферы) определяют различные метеорологические факторы. Они представляют собой количественные и качественные характеристики воздушной среды, называемые соответственно метеорологическими элементами и метеорологическими явлениями. К *метеорологическим элементам* относятся: давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность, осадки, видимость (прозрачность) атмосферы, а также температура почвы и поверхности воды, солнечная радиация, длинноволновое излучение Земли и атмосферы. *Метеорологические явления* – это туман, снег, гроза, смерч и др. Совокупность метеорологических элементов и явлений, характеризующая состояние атмосферы в какой-либо физический момент или отрезок времени, называется *погодой*. Многолетний режим погоды, свойственный той или иной местности на Земле, именуется *климатом*. Климат сравнительно небольших территорий, достаточно однородных по природным условиям (например, определенного лесного массива, морского побережья, небольшого города или городского района и т.д.) определяют как *местный*. Искусственно поддерживаемый режим метеорологических элементов внутри закрытых помещений (в том числе теплиц, парников, зимних садов и т.д.) называют *микроклиматом помещения* (см. ниже).

Жизнедеятельность человека протекает в условиях постоянно изменяющихся метеорологических факторов.

*Атмосферное давление* зависит, прежде всего, от высоты местности и температуры воздуха. Но и в определенной местности атмосферное давление непрерывно меняется. При этом различают микроколебания давления в течение нескольких минут, суточные, недельные и годовые. Выявлено, что при быстром изменении атмосферного давления, в частности, его снижении в период

формирования так называемых барометрическим ям, около четверти населения жалуется на головную боль, общую слабость, появление необъяснимой тревоги и другие недуги. Такие явления наблюдаются чаще всего у людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Еще резче болезненные симптомы проявляются при работе высоко в горах, причем даже у здоровых людей. Это объясняется тем, что на большой высоте относительно моря воздух разрежен и человек не получает необходимого для нормальной жизнедеятельности организма количества кислорода. В результате у него развивается гипоксемия (кислородное голодание), которую в условиях низкого атмосферного давления высокогорья называют *высотной*, или *горной, болезнью*. Острая гипоксемия проявляется в головокружении, учащении дыхания и сердцебиения, ослаблении остроты зрения, шуме в ушах, тошноте, рвоте, кровотечении из носа, повышении кровяного давления и даже потере сознания. К основным мерам предотвращения горной болезни относятся: предварительная физическая подготовка по программе, содержащей упражнения, выполнение которых снижает потребность организма в кислороде; предварительная акклиматизация на небольших высотах продолжительностью в 3 недели, после которой состояние здоровья и самочувствие стабилизируются; использование кислородных дыхательных аппаратов для предотвращения кислородного голодания при подъеме на большие высоты. Средствами первой помощи при горной болезни являются спуска высоты, покой, прием сердечных средств, крепкого чая или кофе, в тяжелых случаях – вдыхание кислорода. Работники, выполняющие работы на значительной высоте относительно уровня моря, должны принимать повышенное количество витаминов С<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР; им предоставляется дополнительный отпуск и сокращенный до 6 ч рабочий день при работе на высоте более 2,3 км.

Повышенное давление воздуха на рабочем месте может быть либо при работе в глубоких шахтах, либо в кессоне (франц. *caisson* – ящик) – ограждающей конструкции для образования под водой или в водонасыщенном грунте рабочей камеры, свободной от воды. При нахождении людей под давлением выше атмосферного кровь и ткани человека поглощают избыточный азот, который затем при снижении давления воздуха выделяется обратно в атмосферу. Это вызывает *декомпрессионное заболевание*, или *кессонную болезнь*. Заболевание сопровождается рядом болезненных и весьма опасных расстройств в организме – болью в ушах, разрывами барабанной перепонки, головной болью, зудом кожи, головокружением, суставным ревматизмом, параличом и даже смертью. Профилактика болезни включает соблюдение правильного режима перехода от высокого давления к

низкому (декомпрессии), отбор лиц, наиболее устойчивых к кессонной болезни, регулярный контроль за состоянием их здоровья. Для предупреждения болезни необходимо руководствоваться Правилами безопасности при производстве кессонных работ (под сжатым воздухом).

*Температура воздуха* окружающей человека внешней среды может изменяться в широких пределах: от  $-(40-50)$  до  $+40$  °C и более. Зафиксированы следующие экстремальные температуры воздуха на поверхности Земли:  $-89,2$  °C в Антарктиде (июль 1982 г.) и  $+58$  °C в Мексике (11 августа 1933 г.).

Жизнедеятельность человека может протекать нормально лишь при условии температурного *гомеостаза* (от греч. *homoios* – подобный и *stasis* – неподвижность), т.е. сохранения относительного постоянства температуры внутри жилого организма. Обеспечивает это постоянство механизм *терморегуляции*, под которой понимается совокупность физиологических процессов, направленных на поддержание температуры мозга и внутренних органов в определенных границах (нормально на уровне  $36,6 \pm 0,5$  °C) при значительных колебаниях климатических условий путем теплового обмена с окружающей средой. В результате терморегуляции достигается равновесие между количеством тепла, образующимся в организме в процессе обмена веществ, и его излишками, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, т.е. терморегуляция сохраняет тепловой баланс организма.

Терморегуляцию различают химическую и физическую. Химическая терморегуляция организма характеризуется изменением – ослаблением или усилением – обмена веществ соответственно при нагревании или охлаждении организма. Однако роль химической терморегуляции в тепловом равновесии организма с внешней средой невелика по сравнению с физической терморегуляцией.

При физической терморегуляции отдачу тепла в окружающую среду формируют *радиация*, или *тепловое излучение* (перенос тепла электромагнитными инфракрасными волнами, излучаемыми поверхностью тела по направлению к окружающим более холодным предметам), *конвекция* (перенос тепла воздухом, омывающим поверхность тела), *кондукция*, или *теплопроводность* (перенос тепла от тела к другим предметам при их непосредственном соприкосновении), *испарение* влаги (пота) с поверхности тела (кожи), легких и слизистых оболочек верхних дыхательных путей, а также *нагревание* охлажденной воды и пищи, поступивших в желудочно-кишечный тракт, и нагревание воздуха, поступающего в легкие.

Соотношение между различными видами теплоотдачи зависит от температуры, влажности и подвижности (скорости движения) воздуха, и

других метеорологических условий, а также от степени тяжести физического труда.

При температуре воздуха в пределах от 15 до 25 °С теплопродукция организма находится приблизительно на постоянном уровне (зона безразличия). При температуре окружающего воздуха около 20 °С, когда человек не испытывает неприятных ощущений, связанных с метеорологическими факторами, теплоотдача конвекцией составляет 25-30 %, тепловым излучением 45, испарением 20-25. При температуре воздуха до 30-35 °С отдача тепла конвекцией и излучением в основном прекращается, а при более высоких температурах теплообмен идет в обратном направлении: от предметов к человеку. При температуре воздуха более 36 °С отдача тепла происходит почти полностью путем усиленного образования и испарения пота с поверхности кожи. В этих условиях организм теряет определенное количество влаги, а вместе с ней и соли, играющих важную роль в жизнедеятельности организма. Поэтому в горячих цехах рабочим дают пить подсоленную воду.

*Влажность воздуха* оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность (более 85 %) затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность (менее 20 %) вызывает подсыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные значения относительной влажности составляют 40-60 %.

*Движение воздуха* является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. При высокой температуре движение воздуха способствует увеличению отдачи тепла организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха.

Способность организма сохранять тепловое равновесие может проявляться и при неблагоприятном изменении метеорологических факторов, однако лишь в течение ограниченного времени и до известного предела, после которого наступает определенное расстройство здоровья, - перегревание или охлаждение.

Если человек выполняет работу в условиях высокой температуры (+25 °С и выше), особенно при высокой влажности и неподвижности воздуха, то может настудить *перегревание* организма, или *гипертермия* (признаки: повышение температуры тела до 38 °С и более, гиперемия (местное полнокровие) лица, обильное потоотделение, слабость, головная боль, головокружение, тошнота, рвота), *тепловой удар* (быстрое повышение температуры тела до 40 °С и выше, бледность, оплошность, частый малый пульс, падение артериального давления, потеря сознания, смерть), *солнечный удар* (головная боль,



головокружение, беспокойство, шум в ушах, расстройство зрения, тошнота, рвота, в тяжелых случаях – нервные расстройства: помрачение сознания, судороги, припадки, галлюцинации и др.), *судорожная болезнь* как следствие нарушения водно-соляного баланса при действии высокой температуры (ведущий симптом: резкие, болезненные, тонические, т.е. связанные с напряжением, судороги, преимущественно и конечностях, которые могут закончиться смертельным исходом).

Если человек работает или просто находится длительное время при низкой температуре воздуха, особенно при высокой его влажности и большой подвижности, то наступает охлаждение и переохлаждение организма. *Охлаждение* организма является причиной ряда заболеваний: озноблений и отморожений, миозитов (воспаление скелетных мышц), невритов (воспаление нерва), радикулитов (заболевание корешков спинномозговых нервов) и др. *Переохлаждение* организма ведет к простудным заболеваниям, ангине (воспалительное заболевание зева), катару (воспаление слизистой оболочки) верхних дыхательных путей, пневмонии (воспаление легкого) и др. Наибольшее число обморожений и даже смертей от переохлаждения наблюдается при сочетании низкой температуры воздуха, высокой влажности и большой его подвижности.

Профилактика перегревания при работе на открытом воздухе (геологоразведочные работы в пустынях, открытию горные работы, строительные работы, разработка торфяных месторождений и др.) осуществляется различными способами.

В условиях пустыни, например, находиться и работать могут только здоровые люди, имеющие нормальное кровяное давление, неучащенный пульс, выносливый пищевой тракт. До начала работ и проведения маршрутов, прибывшие в пустыню должны пройти предварительную акклиматизацию (в течение одной недели). Для защиты от перегрева, солнечных ударов и механических повреждений работающие в пустыне должны применять специальную одежду, обувь и головные уборы. Воздействие виста него тепла на организм можно уменьшить, применяя такие простые меры, как перенесение работы на более прохладный период суток, пребывание в тени в жаркие дневные часы, искусственное создание тени за счет устройства тентов, зонтов, продуваемых палаток и др. Во время перехода или выполнения работы в жаркие дневные часы целесообразно регулярно пить подсоленную воду, чтобы предупредить опасные для жизни обезвоживание (гидратация) и обессоливание организма. Так как в процессе потоотделения человек теряет много витаминов, то в период пребывания в пустыне надо дополнительно потреблять витамины, в первую очередь С и В<sub>1</sub>.

В общем случае для *предупреждения перегрева* организма работающих на открытом воздухе рекомендуются следующие мероприятия:

- 1) закаливание организма (тепловая тренировка) для расширения пределов терморегуляции в условиях повышенных температур;
- 2) медицинский профилактический осмотр работников;
- 3) рациональная организация режима труда и отдыха;
- 4) рационализация питьевого режима;
- 5) использование средств защиты от солнечной радиации и теплового излучения нагретых поверхностей: применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, спецобувь, солнцезащитные головные уборы), применение пассивных (окраска, теплоизоляция, экраны, навесы и др.) и активных (кондиционирование, вентиляция) – средств для уменьшения притока экзотермического тепла в кабины горных, транспортных, строительных и других машин и т.д.

Для *профилактики охлаждения и переохлаждения* организма при работе на открытом воздухе или в не отапливаемых помещениях применяются следующие меры:

- 1) предварительная акклиматизация в условиях холодного климата (в течение 5-7 дней при температуре от -21 до -26 °С по несколько часов в день);
- 2) закаливание организма систематическими водными процедурами и воздушными ваннами;
- 3) медицинские профилактические мероприятия: отбор и периодический осмотр работников (следует, например, учитывать, что на работу в районы Крайнего Севера не допускают лиц с заболеваниями эндокринных желез, болезнями обмена веществ, органов кроветворения, суставов, хроническими заболеваниями дыхательных путей, почек и др.);
- 4) рационализация режимов труда и отдыха путем сокращения рабочего дня, введения дополнительных перерывов, создания условий для эффективного отдыха;
- 5) организация перерывов на обогрев работников в специальных (теплых) помещениях с температурой в них не ниже 24-26 °С;
- 6) организация рационального режима питания (в частности назначение частых приемов жирной пищи);
- 7) использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) из материалов с высокими теплоизоляционными свойствами (спецодежды, спецобуви, рукавиц, головных уборов) с учетом климатического пояса;
- 8) устройство тамбуров или тепловых воздушных завес у входа в помещение (цех) во избежание резких потоков в него холодного воздуха

при открывании ворот (дверей), с целью пропуска транспортных средств;

9) сокращение продолжительности рабочей смены либо прекращение работ в зависимости от «жесткости погоды».

Жесткость погоды  $\mathcal{E}$  (в баллах) определяется для зимнего времени по формуле

$$\mathcal{E} = t + v \cdot k$$

где  $t$  – абсолютное значение отрицательной температуры атмосферного воздуха, °C;  $v$  – скорость движения воздуха, м/с;  $k$  – коэффициент, при  $\mathcal{E} < 5$  м/с равный 1, при  $\mathcal{E} \geq 5$  м/с – 2.

Таким образом, "жесткость погоды" равна 0 баллов при температуре воздуха 0 °C и скорости ветра 0 м/с. При  $t = -28$  °C и  $v = 2$  м/с «жесткость погоды»  $\mathcal{E} = 28 + 2 = 30$  баллов.

При показателе  $\mathcal{E}$  до 10 баллов работа производится в обычном режиме; при  $\mathcal{E}$  от 10 до 40 баллов через каждый час предоставляется перерыв для обогрева в течение 10 минут; если  $\mathcal{E}$  более 40 баллов, работа прекращается (в Иркутской области и Красноярском Крае); в Ленинградской области прекращать работу советуют при  $\mathcal{E} = 30$  баллов.

#### *Микроклимат производственного помещения.*

Жизнедеятельность человека осуществляется как на открытом воздухе, так и в замкнутом пространстве, например, в производственном помещении. Протекающий в таком пространстве технологический (трудовой) процесс и климат местности формируют в рабочей зоне пространства определенный микроклимат. Разнообразие видов и особенностей закрытых пространств обуславливает необходимость различать ряд разновидностей микроклимата: микроклимат производственных помещений, микроклимат заводского цеха, горных выработок, кондитерской фабрики, подводной лодки, орбитальной станции микроклимат жилища и т.д.

Определим понятие «микроклимат производственного помещения».

*Микроклиматом производственного помещения* называются метеорологические элементы внутренней среды этого помещения, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения окружающих поверхностей.

Микроклиматические условия оказывают большое влияние на организм человека, его состояние, трудоспособность, самочувствие, настроение и здоровье. Микроклимат горных выработок влияет на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. Шахтный микроклимат воздействует на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

На основании исследований влияния микроклимата на организм человека в нашей стране разработаны Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245-71 и ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны». В них указаны оптимальные и допустимые нормы микроклимата в производственных помещениях для работ разной категории тяжести (I, II, III) в зависимости от периода года (холодный, теплый). Оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата в рабочей зоне производственных помещений должны находиться в следующих пределах: температура воздуха  $t_{\text{опт}}=16-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{доп}}=12-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность воздуха  $\varphi_{\text{опт}}=40-60\%$ ,  $\varphi_{\text{доп}}=55-75\%$ ; скорость движения воздуха  $v_{\text{опт}}=0,1-0,4\text{ м/с}$ ,  $v_{\text{доп}} = \text{не более } 1-0,6\text{ м/с}$ .

*Оптимальный микроклимат* характеризуется таким сочетанием его параметров, при воздействии которых на человека обеспечивается сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции. Он создаст ощущение теплового комфорта и предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности.

*Допустимым микроклиматом* является такое сочетание его параметров, при воздействии которых на человека могут возникать переходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизма терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, но без нарушения состояния здоровья. Допустимые нормы микроклимата устанавливаются в случаях, когда, по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы.

В шахтных условиях трудно поддерживать комфортный микроклимат. Поэтому Правилами безопасности для угольных шахт нашей страны нормируется *допустимый* микроклимат:

Скорость воздуха, м/с	Допустимая температура, $^{\circ}\text{C}$ , при относительной влажности, %		
	60-75	76-90	свыше 90
До 0,25	16-24	18-23	18-22
0,50	18-25	19-24	19-23
1,00	19-26	20-25	20-24
2,00 и более	20-26	22-26	22-26

Если параметры микроклимата отличаются от предельно допустимых значений, то в выработках должна применяться система мероприятий по предупреждению перегрева или переохлаждения.

*Контроль параметров микроклимата* на рабочих местах в производственных помещениях осуществляют путем регулярных замеров температуры, влажности и скорости движения воздуха, атмосферного давления и интенсивности теплового излучения. Для определения физических значений показателей микроклимата используют специальные, различные по назначению и конструкции приборы.

Для измерения *температуры* воздуха служат термометры метеорологические (жидкостные: ртутные и спиртовые), термографы; *относительной влажности воздуха* – психометры (аспирационные, стационарные, дистанционные), пирометры и гигрографы; *скорости движения воздуха* – анемометры (крыльчатые и чашечные), термоанемометры, электроанемометры, кататермометры, термографы; *атмосферного давления* – барометры ртутные, барометры-анероиды, пружинные барометры, барографы; *интенсивности теплового излучения* – актинометры. Данные, полученные в процессе измерений, оформляют в виде протокола и сопоставляют их с нормативными значениями показателей микроклимата. Результаты сопоставления позволяют судить, соответствуют ли показатели микроклимата нормам, и если нет, то ориентируют работодателя разрабатывать оздоровительные мероприятия для улучшения условий труда.

*Профилактика перегрева* и его последствий в микроклиматических условиях производственных помещений включает ряд мероприятий, основными из которых являются следующие:

- 1) механизация и автоматизация технологических процессов с выводом людей из зон с высокими температурами воздуха и источниками инфракрасного излучения;
- 2) внедрение более рациональных технологических процессов и более совершенного оборудования, меньше излучающих тепло в воздушную среду;
- 3) дистанционное управление теплоизлучающими аппаратами и процессами, исключающее необходимость пребывания работающих в зоне теплового излучения;
- 4) теплоизоляция наружных горячих поверхностей оборудования, аппаратов, коммуникаций и других источников, излучающих тепло на рабочее место;
- 5) устройство защитных экранов, водяных и воздушных завес, защищающих рабочие места от теплового облучения, а также создать «оазисов» и воздушных или водовоздушных душей;
- 6) применение общеобменной вентиляции производственных помещений и отдельных рабочих мест;

7) кондиционирование (автоматическое создание и поддержание оптимальных параметров) воздуха в закрытых помещениях;

8) применение рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего дня и введения в горячих цехах перерывов для кратковременного отдыха в специально оборудованных зонах (комнатах, кабинах, местах), в которые подается очищенный и умеренно-влажный воздух;

9) организация рационального питьевого режима с целью компенсации потерь влаги, солей и витаминов при перегреве организма;

10) внедрение теплоизолирующих средств индивидуальной защиты

*Профилактика охлаждения и переохлаждения* организма при работе в закрытых, не отапливаемых помещениях, аналогична профилактическим оздоровительным мерам при работе в условиях охлаждающего микроклимата на открытом воздухе.

В шахтах для *улучшения микроклимата горных выработок* предусматриваются следующие мероприятия:

1) подогрев калориферами подаваемого в шахту воздуха до температуры не менее  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в 5 м от сопряжения канала калорифера со стволом или штольней);

2) увеличение подачи воздуха в призабойное пространство тупиковых выработок для снижения температуры воздуха;

3) сокращение вентиляционного пути свежей струи воздуха;

4) предупреждение влагонасыщения воздуха;

5) снижение нагрева воздуха от местных источников тепла (камеры для электрических машин, насосные установки, трубопроводы для подачи сжатого воздуха и т.п.);

6) теплоизоляция вентиляционных путей;

7) снижение температуры воздуха с помощью специальных (адиабатических) охладителей;

8) увеличение подвижности воздуха в тупиковых выработках путем воздушного душирования рабочих мест с помощью специальных аппаратов, позволяющих поддерживать нормальные тепловые условия при температуре до  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

9) кондиционирование рудничного воздуха в горных выработках глубоких шахт путем искусственного охлаждения с использованием в качестве хладагентов артезианской воды, льда, сжиженного газа.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется гелиофизическими факторами? 2. Назовите, что является метеорологическими факторами? 3. Что представляет собой механизм терморегуляции? 4. К каким заболеваниям может привести

переохлаждение или перегрев организма человека? 4. Дайте определение микроклимата производственных помещений. 5. Какие параметры микроклимата называются оптимальными, какие допустимыми? 6. Назовите приборы для измерения параметров микроклимата.

### 3.2. Производственная пыль

Практически любая сфера деятельности человека – строительство, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, быт, отдых - сопровождается образованием пыли. *Пыль* – это скопление твердых мелких частиц, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде. Если газовой средой является воздух горных подземных выработок, то пыль называется *рудничной*, или *шахтной*. Пыль, витающую в воздухе при данной его скорости, рассматривают также как пылевой *аэрозоль* - дисперсную систему, в которой твердые частицы являются дисперсной фазой, а воздух – дисперсной средой. Пыль, выпавшая и осевшая на различные плоскости, представляет собой *аэрогель*. При возрастании скорости воздушного потока аэрогель может за счет сдувания превратиться в аэрозоль. В большинстве случаев пыль образуется в результате механического диспергирования (измельчения) твердых тел – дробления, помола, истирания, транспортирования и загрузки пылящих материалов – и включает частицы разных размеров, преимущественно в пределах от  $10^{-7}$  до  $10^{-4}$  м. Пыли, возникающие при горении, плавлении, возгонке, термических процессах называются *дымами*. В отличие от пыли в вышеуказанном смысле частицы дыма периодически не оседают под действием силы тяжести. Частицы пыли могут нести электрический заряд или быть электронейтральными.

При классификации пыли учитывают ее происхождение, способ образования и размеры частиц (дисперсность). По происхождению пыль разделяют на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной - растительной (зерновая, древесная, льняная, торфяная, угольная и др.) и животного происхождения (костяная, рыбная, шерстяная и др.) – и искусственной (пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических продуктов). Неорганическую пыль разделяют на минеральную (кварцевая, асбестовая, цементная и др.) и металлическую (железная, свинцовая и др.). К смешанной пыли относится смесь пыли органической и неорганической, например, примесь диоксида кремния в зерновой пыли.

По способу образования различают пылевой аэрозоль дезинтеграции и аэрозоль конденсации. Аэрозоль дезинтеграции образуется при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрывание пород и др.), при механической обработке изделий (очистка литья, полировка и др.). Аэрозоли конденсации выделяются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов, например, при электросварке образуется аэрозоль металлов электродов.

В зависимости от размеров частиц различают:

1) видимую пыль размером более 10 мкм, выпадающую из неподвижного воздуха с возрастающей скоростью, определяемой законом Ньютона;

2) микроскопическую пыль размером от 0,25 до 10 мкм, оседающую из воздуха с постоянной скоростью, определяемой законом Стокса;

3) ультрамикроскопическую пыль размером менее 0,25 мкм, которая длительно витает в воздухе, подчиняясь законам постоянного хаотического (броуновского) движения.

Действие пыли на организм зависит от ее характеристик.

Важное значение имеет химический (вещественный) состав пыли - совокупность входящих в нее химических соединений, минералов и петрографических разностей. Он определяет многообразие характера действия пылей на организм (механическое, раздражающее, отравляющее и др.). В частности весьма опасны пыли свободного диоксида кремния, силикатов (соли кремниевой кислоты), угольная, некоторых металлов (алюминий и др.), смешанные виды пылей (например, минерально-металлические).

По токсичности пыли делят на ядовитые, которые, растворяясь в биологической среде организма, вызывают отравления (пыль свинца, цинка, ртути и др.), и неядовитые, которые воздействуют на организм, раздражая кожу, глаза, уши, десны, а проникая в легкие, вызывают профессиональные заболевания.

Весьма опасна пыль радиоактивных веществ или пыль этих веществ, адсорбированная неядовитой пылью. Попадая в организм, радиоактивная пыль производит облучение отдельных органов или всего организма.

Размеры (дисперсность) взвешенных в воздухе частиц определяют их устойчивость в воздухе, возможность и глубину проникновения в дыхательный тракт. Установлено, что наибольшей биологической активностью обладает пыль с частицами размером до 5 мкм, которые, не задерживаясь в верхних дыхательных путях,



проникают глубоко в легкие. Оседая там, пылевые частицы вызывают разрастание волокнистой соединительной, или фиброзной (от лат. fibra - волокно), ткани, нарушающее нормальное строение и функции легких. Дисперсность пыли зависит от минералогического состава исходного материала и технологического процесса (например, в геологии, от способа обработки проб, бурения шпуров и скважин, взрывных работ и т.д.).

Форма частиц пыли (округлая, плоская, игольчатая и др.) влияет на устойчивость аэрозоля и поведение в организме. Пылинки с зазубренной колючей поверхностью могут вызывать изъязвления слизистых оболочек, ткани легких и кожи; попадая в слизистую оболочку глаза, они оказывают раздражающее действие.

Электростатическая заряженность пылевых частиц влияет на устойчивость аэрозоля, скорость осаждения частиц и биологическую его активность. При разноименном заряде частицы притягиваются друг к другу и оседают из воздуха. Заряженные частицы задерживаются в легких дольше, чем нейтральные; поэтому они более опасны. Пыль может являться источником статических зарядов.

Растворимость пыли в средах организма также влияет на опасность пыли. Хорошо растворимая пыль (мучная, сахарная и др.) относительно легко выводится из легких, трудно растворимая пыль (зерновая, угольная и др.) надолго задерживается в легких и вызывает развитие заболеваний.

По сгораемости пыли делятся на горючие (пластмассовая, мучная, торфяная и др.) и негорючие (пыль известняка, глинистого сланца и др.).

Горючая пыль способствует возникновению пожаров и взрывов. Пыль, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе помещений (аэрозоль), взрывоопасна (пыль сахарная, мучная, угольная, серная, сульфидная и др.). Осевшая пыль (аэрогель) пожароопасна (пыль табачная, древесные опилки, пыль угля с зольностью 32-36 % и др.).

Пыль может быть загрязнена микробами, бактериями, грибами, клещами, яйцами гельминтов (червей).

Среди различных физико-химических свойств пыли, определяющих действие ее на организм человека, решающее значение имеет *концентрация пыли* – количественное содержание пылевых частиц в воздухе производственного помещения. Концентрацию пыли выражают в массовых показателях ( $\text{мг/м}^3$ ) или в счетных показателях (число частиц пыли/ $\text{см}^3$ ). Концентрация пыли называется *массовой* (весовой), или гравиметрической, если содержание ее в воздухе выражено с помощью массовой единицы. Концентрация пыли

называется *счетной*, или кониметрической, если содержание ее в воздухе выражено с помощью счетного показателя.

Действие пыли на организм в любом случае является неблагоприятным и проявляется в форме пылевых заболеваний легких, глаз и кожи.

К основным пылевым заболеваниям легких относят пневмокониозы, пылевые бронхиты и заболевания верхних дыхательных путей. *Пневмокониозы* (от греч. *pneumon* – легкие, *konía* – пыль) – профессиональные хронические заболевания легких, развивающиеся в результате длительного вдыхания пыли. В зависимости от вида пыли выделяют несколько форм пневмокониозов. Среди них: 1) силикоз – от вдыхания кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния  $\text{SiO}_2$ ; 2) силикатозы – от пыли минералов, содержащих  $\text{SiO}_2$  в связанном состоянии (асбестоз, талькоз, каолиноз и др.); 3) металлокониозы – от пыли металлов (алуминоз, бериллиоз и др.); 4) пневмокониозы от смешанной пыли – от угольной пыли (антракоз), от смешанной пыли угля и породы, содержащей свободный  $\text{SiO}_2$  (синикоантракоз) и др.; 5) пневмокониозы от органической пыли: биисиноз от пыли хлопка и льна, «легкие фермера» – от сельскохозяйственной пыли, содержащей грибы и др. *Пылевые бронхиты* – воспаления бронхов с преимущественным поражением слизистой оболочки легких и характерным кашлем – вызывает древесная, мучная, угольная пыль, пыль ряда органических соединений и др. К *заболеваниям дыхательного тракта* относят пневмонию (пыль марганцевых соединений, томасшлаковая пыль), поражения слизистой носа и носоглотки (пыль цемента, хромовых соединений).

Пылевыми заболеваниями *глаз* являются конъюнктивиты, кератиты, катаракты. Пыль может вызывать засорение и раздражение глаз. Крупная пыль может вызвать травмы глаз.

Заболевания *кожи* от воздействия пыли выражаются в различных формах: шелушение, огрубление, угри, фурункулез, а иногда экземы, дерматиты.

Кроме гигиенического значения пылевыведение имеет и другие отрицательные стороны, наносящие экономический ущерб предприятию: пыль ухудшает видимость и ориентировку в пределах рабочей зоны, а значит, увеличивает травмоопасность среды; уменьшает освещенность вследствие загрязнения окон и осветительной арматуры; вызывает износ трущихся поверхностей машин, что ведет к авариям и несчастным случаям; может стать причиной возникновения пожаров и взрывов.

С целью предупреждения пылевых заболеваний у работающих концентрация пыли в воздухе *нормируется*. Предельно допустимые

концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений регламентирует ГОСТ 12.1.005-88 ПДК (в  $\text{мг/м}^3$ ) пыли в воздухе для некоторых веществ равна: пыль, содержащая более 70 % свободной  $\text{SiO}_2$  в ее кристаллических модификациях (кварц, кристобалит, тридемит) – 1; пыль, содержащая от 10 до 70 % свободной  $\text{SiO}_2$  (гранит, слюда-сырец, углеродная пыль и др.) – 2; асбестовая пыль и пыль смешанная асбестово-породная, содержащая более 10 % асбеста – 2; пыль других силикатов (тальк, оливин и др.), содержащая менее 10 % свободной  $\text{SiO}_2$  – 4; пыль барита, доломита, фосфорита, цемента, известняка – 6; пыль алмазов природных и искусственных – 8; пыль магнезита, титана и др. – 10.

Правилами безопасности в угольных шахтах установлены следующие ПДК (в  $\text{мг/м}^3$ ) пыли в воздухе рабочей зоны в горных выработках в зависимости от качественной характеристики пыли: пыль породная, углепородная (содержание свободной  $\text{SiO}_2$  в пыли от 10 до 70 %) – 2; углепородная угольная ( $\text{SiO}_2$  от 5 до 10 %) – 4; антрацитовая ( $\text{SiO}_2$  до 5 %) – 6; пыль каменных углей ( $\text{SiO}_2$  до 5 %) – 10.

*Контроль* запыленности воздуха осуществляется двумя методами: прямым и косвенным. При прямом методе запыленный воздух пропускается с помощью аспирационного (отсасывающего) устройства (например, прибора ЛЭРА) через фильтр, в котором задерживается пыль. Одновременно замеряется расход воздуха через фильтр и время его прокачки. Чистый фильтр взвешивают предварительно, а после отбора пробы – вторично. По разнице масс устанавливается количество уловленной пыли. Концентрации пыли в  $\text{мг/м}^3$  находится из выражения

$$C = \frac{m_1 - m_2}{V \cdot t};$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – масса чистого и запыленного фильтра, мг;  $V$  – расход воздуха через фильтр,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $t$  – время отбора пробы, мин.

К косвенному методу относят определения, основанные на использовании радиоактивного излучения (приборы ПРИЗ-1, ИЗВ-1, ИЗВ-2), электростатического поля (ИКП-1), оптической плотности (ДПВ-1, АМ-3) и других физических параметров.

Борьба с производственной пылью предполагает выполнение комплекса противопылевых мероприятий: инженерно-технических (А), организационных (Б), медико-санитарных профилактических (В) и социально-правовых (Г).

А. Инженерно-технические мероприятия по защите организма человека от воздействия пыли:

предупреждение пылеобразования такими способами, как техническое совершенствование оборудования; внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов с дистанционным контролем и управлением для обеспечения вывода работающих из запыленной зоны; герметизация оборудования, кабин машинистов, приборов, коммуникаций с целью сокращения или ликвидации пылевыделения в помещения; замена сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми; применение замкнутых и безотходных технологий; предварительное увлажнение угольных пластов и вмещающих горных пород нагнетанием воды в пласт через шпурь или скважины и т.д.;

осаждение витающей пыли (пылеподавление): а) путем подавления водой, паровоздушной смесью, растворами-смазочными, пеной и б) пылеулавливания с помощью специальных пылеулавливателей (для очистки от пыли воздуха, выбрасываемого в атмосферу системами местной вентиляции) или воздушных фильтров (для очистки от взвешенных частиц пыли воздуха, подаваемого в помещение системами приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления);

предупреждение сдувания пыли, осевшей на поверхностях помещения и оборудования или горной выработки посредством ее смыывания или уборки промышленными пылесосами либо центральной пылесосной установкой;

обеспыливание интенсивной вентиляцией (общеобменной, местной, рудничной), обеспечивающей разжижение пылевого аэрозоля чистым воздухом до ПДК и вынос пыли;

предупреждение запыления воздуха, подаваемого в производственное помещение, шахту, карьер;

применение СИЗ от пыли: для защиты органов дыхания – противопылевых респираторов, специальных шлемов и скафандров, для защиты кожи – специальной одежды, специальной обуви, защитных мазей и паст; для защиты глаз – противопылевых защитных очков.

*Б.* Организационные меры по борьбе с пылью включают организацию пылевентиляционной службы, установление противопылевого режима, разработку проектов и планов, по борьбе с запыленностью воздуха на горных предприятиях.

*В.* Медико-профилактические мероприятия предусматривают: систематическое клиническое наблюдение за состоянием здоровья работников; прохождение ими предварительных и периодических медицинских осмотров; лечебно-профилактическое обслуживание (щелочные ингаляции лечебными веществами, ультрафиолетовое облучение в фоториях, специальное питание, дыхательная гимнастика,

занятия спортом, личная гигиена); устройство и оборудование в комплексе санитарно-бытовых помещений предприятия душевых, помещений для обеспыливания специальной одежды, респираторных для хранения и перезарядки пылевых респираторов; организация на предприятии профилакториев (ночных санаториев) для укрепления здоровья работников без отрыва от производства.

Г. Социально-правовые меры для работников, занятых на работах, связанных с запыленностью (т.е. на работах с вредными условиями труда); установление сокращенной продолжительности рабочего времени; предоставление ежегодного дополнительного отпуска; установление повышенной оплаты труда; выдача молока и предоставление лечебно-профилактического питания; перевод работника по состоянию здоровья (пылевые заболевания) на более легкую работу, не связанную с постоянным воздействием пыли; запрещение применения труда женщин и лиц моложе 18 лет; установление пенсии по старости при пониженном пенсионном возрасте или пенсии по инвалидности вследствие профессионального заболевания.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется пылью? 2. Как выглядит классификация пыли по признакам? 3. Назовите известные пылевые заболевания. 4. Как осуществляется контроль запыленности воздуха? 5. Каким образом ведется борьба с производственной пылью?

### 3.3. Механические опасности

К *механическим опасностям* относятся воздействия, явления, процессы, причиняющие механическую травму в результате неспровоцированного контакта какого-либо объекта или его части с человеком. Такой контакт может наблюдаться при взаимодействии человека с объектом в трудовом процессе и при случайном нахождении человека в пределах действия объекта. Пространство, в котором возможно опасное или вредное воздействие объекта, начинается *опасной зоной*. Например, механическую опасность представляет непредвиденный контакт человека с движущимся транспортным средством или с вращающимися частями станочного оборудования. При работе грузоподъемного механизма механические опасности связаны с ударом падающего груза вследствие обрыва подъемного каната, а также с падением самого механизма. Механическую опасность могут представлять зубы акулы при непосредственном контакте ее с плавающим в море человеком.

Механические опасности могут иметь естественное и искусственное происхождение. Например, механическими опасностями естественного свойства являются обвалы и камнепады в горах, снежные лавины и сели, град и цунами и др. Носителями механических опасностей искусственного, происхождения являются машины и механизмы, различное оборудование, инструмент, здания и сооружения и др.

Неблагоприятное механическое воздействие различных объектов на человека определяется заключенной в них энергией: кинетической (энергией движущихся и вращающихся элементов) и потенциальной (энергией тел, объектов, находящихся на высоте). Энергию, затрачиваемую на создание механической опасности, можно оценивать по-разному, например, количеством движения, кинетической энергией  $0,5m\vartheta^2$ , запасенной энергией  $mgh$  ( $m$ ,  $\vartheta$  - масса и скорость тела соответственно,  $h$  – высота,  $g$  – ускорение свободного падения). Объекты, порождающие механические опасности, можно разделить по наличию энергии на энергетические и безэнергетические. Энергетические объекты (движущиеся машины, обрушающиеся породы и т.п.) воздействуют на человека непосредственно, так как имеют тот или иной потенциал. В случае воздействия объектов, лишенных энергии, травмирование может произойти за счет энергии самого человека. Например, колющие, режущие предметы (торчащие гвозди, заусенцы, лезвия и т.п.) представляют опасность при случайном контакте человека с ними.

Классификация механических опасностей производится по фактору воздействия объекта на человеческий организм. К опасностям, механически воздействующим на организм человека, относятся:

- 1) движущиеся машины и механизмы;
- 2) подвижные части производственного оборудования;
- 3) передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- 4) разрушающиеся конструкции;
- 5) обрушающиеся горные породы;
- 6) повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;
- 7) острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок, инструменте и оборудовании;
- 8) расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);
- 9) макроорганизмы;
- 10) физические перегрузки (статические, динамические).

К перечисленным опасностям нужно добавить следующие воздействия, непосредственно не связанные с механическим проявлением:

- 1) коррозию, ослабляющую конструкцию и способствующую последующему внезапному ее разрушению;
- 2) воздействие на человека тяжестей при подъеме, опускании и переносе материалов и оборудования;
- 3) действие сосудов, работающих под давлением, которые в случае взрыва воздействуют отрицательно на окружающую среду;
- 4) действие скользких поверхностей, способствующих падению;
- 5) действие горячих поверхностей, прикосновение к которым вызывает ожог.

Механические опасности имеют место во всех видах деятельности всех людей всех возрастных групп: среди детей, школьников, домохозяек, людей старшего возраста, в спортивных играх, бытовой и производственной деятельности.

В результате действия механических опасностей возможны механические травмы различной степени тяжести: ссадины, раны, порезы, разрывы тканей, переломы костей, вывихи, сотрясения мозга и др.

Для защиты от механических опасностей можно применять два основных метода: 1) обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования; 2) применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Первый метод состоит в пространственном или временном разделении гомосферы (пространство, в котором находится человек) и ноксосферы (пространство, в котором создаются опасности). Он реализуется путем внесения соответствующих конструктивных решений как в создаваемые машины и оборудование, так и в специальные устройства, ограждающие и блокирующие опасные зоны. Недоступность, кроме того, может быть обеспечена размещением опасных объектов на недостижимой высоте, а также под прикрытием или в трубах.

Ко второму методу относятся собственно приспособления, с помощью которых обеспечивается безопасность взаимодействия с опасными частями машин и оборудования, а также устройства, автоматически прекращающие или работу агрегата, или подачу энергии в систему, или отводящие основную часть энергии в другое русло.

Как известно, воплощение того или иного метода связано со средствами защиты – коллективными (СКЗ) и индивидуальными (СИЗ).

К СИЗ от механических опасностей относятся оградительные, предохранительные (блокировочные и ограничительные), тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления, знаки безопасности и сигнальные цвета. В решении задач защиты от механических опасностей важную роль играет правильное определение границ опасной зоны, которая входит обычно в зону действия машины или оборудования при выполнении технологического цикла и лишь в отдельных случаях выходит за пределы зоны их действия (подъемно-транспортные операции, экскавация).

СИЗ от механических опасностей включают: спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головы, глаз и лица, предохранительные пояса для защиты от падения при выполнении работ на высоте.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что относится к механическим опасностям? 2. Классификация механических опасностей. 3. Какие знаете СИЗ от механических опасностей?

#### **3.4. Опасности при эксплуатации сосудов, работающих под 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 изготавливаться 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. На 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 исключением 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, наполняемых 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<sup>2</sup>) 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, изготавливают 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 воздухооборники-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 допустимого давления в воздухооборнике, накопления статического электричества на корпусе компрессора или воздухооборника 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 негорюемых 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).

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется сосудами, работающими под давлением? 2. Какое оборудование относится к сосудам, под давлением? 3. Назовите основные причины взрывов сосудов под давлением.

### 3.5. Механические колебания и волны

#### 3.5.1. Общие сведения

*Колебаниями* называют движения или процессы, в той или иной степени повторяющиеся через определенные интервалы времени. В природе и технике существует множество самых разнообразных колебаний. В зависимости от физической природы колебательного процесса и «механизма» его возбуждения, различают механические колебания, электромагнитные, электромеханические и др.

*Механические колебания* состоят в изменении, с течением времени взаимного расположения в пространстве частиц какой-либо

газообразной, жидкой или твердой среды. Например, механические колебания совершают ветки дерева на ветру, давление воздуха при распространении в нем звука, корабль на волне, наше сердце, струны музыкальных инструментов, земная кора.

Тела или совокупность тел, системы, которые могут совершать повторяющиеся движения, называются *колебательными системами*. Колебания именуют *периодическими*, если характеризующие их физические величины повторяются через равные промежутки времени. Определяющими характеристиками периодических процессов являются период и амплитуда колебаний. *Периодом колебаний*  $T$  называется наименьший интервал времени, через который повторяется состояние механической колебательной системы. *Частота колебаний*  $f$  - число периодов колебаний в единицу времени, или, иначе, - величина, обратная периоду  $f = 1/T$ . Если за время  $t$  совершается  $N$  полных колебаний, то  $f = N/t$ . *Угловой (круговой, циклической) частотой* называется величина, равная произведению частоты колебаний  $f$  на  $2\pi$  единиц времени:

$$\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}.$$

Частным случаем периодических колебаний являются *гармонические колебания*, в которых колеблющаяся физическая величина  $y$  изменяется с течением времени  $t$  по закону синуса:

$$y = Y_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

или косинуса:

$$y = Y_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

где  $y$  - значение колеблющейся величины в данный момент времени (для механических колебаний, например, смещение тела от положения равновесия);  $Y_m$  - амплитуда колебаний (например, наибольшее значение смещения тела от положения равновесия);  $\omega$  - угловая частота колебаний;  $(\omega \cdot t + \varphi_0) = \varphi$  - фаза колебаний;  $\varphi_0$  - начальная фаза, т.е. значение фазы в начальный момент времени (при  $t = 0$ ).

Повседневные наблюдения показывают, что колебания от одной колебательной системы (например, от диффузора громкоговорителя) передаются другим колебательным системам (например, барабанной перепонке уха). Всекие изменения состояния среды (возмущения, деформации), распространяющиеся в этой среде и несущие с собой энергию, называются *волнами*. Например, колебания давления,

распространяющиеся в воздухе, представляют собой *звуковые волны*. Процесс распространения механических колебаний в упругой среде называется *волновым*. Тела, возбуждающие механические колебания в среде, называют *источниками волн* (мембрана микрофона, струны арфы и т.д.).

Различают поперечные волны и продольные. Волны, у которых колебания частиц происходят перпендикулярно направлению распространения волны, называются *поперечными*. У этих волн происходит чередование горбов и впадин (волны, распространяющиеся вдоль струн музыкальных инструментов). Если направления колебания частиц и распространения волны совпадают, то волны называются *продольными*. У этих волн чередуются области сгущения и разрежения (звуковые волны в воздухе).

Все волны распространяются в среде с конечной скоростью  $c$ . Скорость  $c$  распространения волны и период  $T$  колебаний или частота  $f$  колебаний определяют *длину волны*  $\lambda$  - расстояние между двумя ближайшими точками волны, находящимися в одинаковой фазе колебаний:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}.$$

Любая волна переносит энергию, которая передается от одной колеблющейся частицы среды к другой. Энергетические характеристики волнового движения (энергия, мощность и интенсивность волны) рассматриваются ниже на примере звуковых волн.

Механические колебания и волны могут представлять определенную опасность для жизнедеятельности человека. В частности, потенциально опасными являются шум, инфразвук, ультразвук и вибрации.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называют колебанием? 2. Как различают колебания в зависимости от физической природы колебательного процесса и «механизма» его возбуждения?

### 3.5.2. Шум

Характеристика шума. *Шум* – это беспорядочное сочетание различных звуков, вызывающих, как правило, неприятные субъективные ощущения. *Звуком* (в широком смысле) называют механическое колебательное движение частиц упругой среды (газообразной, жидкой и твердой), распространяющееся в ней в виде волн; в узком смысле – явление, субъективно воспринимаемое

специальным органом чувств человека и животных. Физическое понятие о звуке охватывает как слышимые, так и неслышимые звуки.

Звуковые волны представляют собой продольные механические волны. Они испускаются *источником звука* – колеблющимся телом (в любом агрегатном состоянии) – и распространяются в упругой среде в виде колебаний давления (волн давления). Источником звука может быть струна, стержень, пластина, столб воздуха в трубе и та область в упругой среде, в которой имеются звуковые волны, называется *звуковым полем*. Каждая точка его обладает определенным давлением и скоростью движения частиц.

Для характеристики звукового поля используются следующие физические величины: амплитуда колебаний, скорость распространения звуковых волн в среде, частота колебаний, частотный состав шума, звуковое давление, звуковая энергия, интенсивность (сила) звука.

Амплитуда колебаний  $Y_m$  – наибольшая величина изменения давления при сгущениях и разрежениях воздуха, или, иначе, – наибольшее абсолютное значение физической величины, изменяющейся по закону гармонического колебания. Амплитуда колебаний определяет значение давления и силу (интенсивность) звучания: чем она больше, тем больше звуковое давление и громче звук.

Скорость звука  $c$  в среде зависит от упругих свойств, температуры и плотности среды, в которой он распространяется. В газообразной среде скорость звука:

$$c = \sqrt{\frac{\chi \cdot p}{\rho}},$$

где  $\chi$  – показатель адиабаты (для воздуха  $\chi = 1,40$ ),  $p$  – давление и плотность газа.

При температуре  $T = 273$  К и давлении  $p = 1013$  Па скорость звука в воздухе

$$c = \sqrt{1,40 \cdot 1013 / 1,29} = 331,6 \text{ м/с.}$$

В стали звук распространяется со скоростью 5000 м/с, в обычной воде – 1497 м/с (25 °C), в морской воде – 1510-1550 м/с (17 °C). Скорость распространения звуковых волн  $c$  значительно выше скорости колебания и частиц среды относительно положения равновесия.

*Максимальная колебательная скорость (амплитуда скорости)  $V_m$  частиц среды при угловой частоте  $\omega$  и амплитуде колебаний  $Y_m$  составляет:*



$$V_m = \omega \cdot Y_m$$

а эффективное значение колебательной скорости принимается равным

$$g = \frac{V_m}{\sqrt{2}}.$$

(Обычно колебательную скорость частиц не измеряют, а вычисляют по значению звукового давления).

Человеческое ухо, как правило, воспринимает звуки, имеющие частоту от 16-20 до 20000 Гц (или 20 кГц). При этом длина звуковой волны в воздухе варьирует от  $\lambda_1 = c/f = 331,6/(16...20) = 21...17$  м до  $\lambda_2 = 331,6/20000 = 0,017$  м. Ниже 16 Гц ( $\lambda$  более 17-21 м) находится область *инфразвуков* (инфразвуковых волн), выше 20000 Гц ( $\lambda$  менее 0,017 м) – область *ультразвуков* (ультразвуковых волн). Те и другие человек не слышит. Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты: наименьшая чувствительность приходится на низкие частоты (20-100 Гц) и наибольшая – на средние и высокие частоты (800-4000 Гц). Имеется возрастная и индивидуальная чувствительность в отношении верхней границы воспринимаемых частот: дети обычно слышат звуки с частотой от 16 Гц до 20 кГц, у людей среднего возраста верхняя граница находится на уровне 13-15 кГц, у пожилых людей – 10 кГц и меньше. Частота колебаний определяет высоту звучания. Например, при одной и той же силе звуки с частотой 300-400 Гц воспринимаются как басовые, 400-800 Гц – как баритональные, 1000 Гц и более – как теноровые.

В связи с тем, что диапазон воспринимаемых органом слуха частот (от 16 до 20000 Гц) очень широк и определение характеристик звука (например, его интенсивности) для каждой частоты практически неприемлемо, на практике весь возможный диапазон частот делят на частотные интервалы, называемые октавами. *Октава* – это полоса частот, в которой верхняя частота  $f_6$  в два раза больше нижней частоты  $f_n$ . Для каждой октавы подсчитывается *среднегеометрическая частота*

$$f_{с.г.} = \sqrt{f_6 \cdot f_n}.$$

Так, при граничных частотах  $f_n = 45$  Гц и  $f_6 = 90$  Гц среднегеометрическая частота  $f_{с.г.} = \sqrt{90 \cdot 45} \cong 63$  Гц. Весь диапазон слышимых частот по ГОСТу разделен на 11 октав со среднегеометрическими стандартными частотами 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000.

Частотный состав сложного звука, например шума, т.е. звука, не являющегося чистым тоном (чистым звуком), определяет его акустический спектр. *Спектр звука* – представление амплитуд сложного звука в функции частоты. Спектр бывает *сплошной*, когда амплитуды колебаний непрерывно распределяются в рассматриваемой области частот, и *линейчатый*, когда частоты и соответствующие им амплитуды распределены в области дискретно (прерывно). Звук со сплошным спектром воспринимается как шум.

Распространяясь в среде, звуковая волна образует ее сгущения и разрежения, которые создают дополнительные изменения давления по отношению к его значениям в невозмущенной среде. Эту переменную избыточную часть давления, возникающую при прохождении звуковой волны в среде, называют *звуковым давлением*. Звуковое давление, воспринимаемое человеческим ухом как звук, находится в пределах от  $2 \cdot 10^{-5}$  до 60-65 Па, и следовательно, составляет небольшую долю от нормального атмосферного давления (101325 Па). Тем не менее, звуковое давление является наиболее важной характеристикой звука. Это связано с тем, что из всех величин, характеризующих звук, человеческое ухо воспринимает именно звуковое давление. *Максимальное звуковое давление* (амплитуда давления) в определенной точке звукового поля составляет,  $P_m = \rho c \omega Y_m = \rho c V_m$ , а эффективное значение звукового давления

$$p = \frac{P_m}{\sqrt{2}} = \frac{\rho c V_m}{\sqrt{2}},$$

где  $\rho$  – плотность среды,  $c$  – скорость звука в среде,  $\omega = 2\pi f$  – угловая частота,  $Y_m$  – амплитуда колебаний,  $V_m$  – максимальная колебательная скорость частиц (амплитуда скорости).

Любой объем среды, в которой распространяются волны, обладает энергией, складывающейся из кинетической энергии колеблющихся частиц и потенциальной энергии упругой деформации. *Звуковая энергия*  $W$ , заключенная в некотором объеме упругой среды  $V$ , имеющем массу  $m = \rho V = \rho Sct$ , определяется выражениями

$$\begin{aligned} W &= 0,5 \cdot m \cdot V_m^2 = 0,5 \cdot m \cdot \omega^2 \cdot Y_m^2 = \\ &= 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot c \cdot t \cdot V_m^2 = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot c \cdot t \cdot \omega^2 \cdot Y_m^2 \end{aligned}$$

где  $S$  - площадь поверхности (в выделенном объеме), перпендикулярной направлению распространения волны, через которую звуковая энергия проходит за время  $t$ .

Отношение звуковой энергии  $W$  к общему объему  $V$ , в котором она распределена, называют *объемной плотностью звуковой энергии*  $\omega$ :

$$\omega = \frac{W}{V} = 0,5 \cdot \rho \cdot V_m^2 = 0,5 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot Y_m^2$$

Отношение звуковой энергии  $W$  ко времени  $t$  прохождения ее через данную площадку, перпендикулярную распространению волны, называют *потоком звуковой мощности*, или *звуковой мощностью*  $P$ :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\omega \cdot V}{t} = \frac{\omega \cdot S \cdot c \cdot t}{t} = \omega \cdot S \cdot c =$$

$$= 0,5 \cdot \rho \cdot V_m^2 \cdot S \cdot c = 0,5 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot Y_m^2 \cdot S$$

*Интенсивностью (силой) звука*  $J$  называют отношение падающей на поверхность звуковой мощности  $P$  к площади этой поверхности  $S$ :

$$J = \frac{P}{S} = 0,5 \rho \cdot c \cdot V_m^2 = 0,5 \rho \cdot c \cdot \omega^2 \cdot Y_m^2$$

Учитывая выражения  $V_m = \sqrt{2 \cdot v}$  и  $P_m = \rho \cdot c \cdot V_m = \sqrt{2 \cdot p}$ , для интенсивности звука получаем:

$$J = \frac{\rho \cdot c \cdot V_m^2}{2} = \frac{P_m \cdot V_m}{2} = \frac{P_m^2}{2 \rho \cdot c} = \rho \cdot c \cdot v^{-2} = \frac{p^{-2}}{\rho \cdot c}$$

Наименьшая интенсивность звука, воспринимаемого ухом человека, называется *порогом слышимости*, а наибольшая интенсивность звука, при которой создается ощущение боли в ушах, – *порогом болевого ощущения*. Значения порогов зависят от частоты колебаний. При акустических измерениях за стандартную принята частота колебаний 1000 Гц. Это связано с тем, что наибольшей чувствительностью к звуку слуховой аппарат человека обладает при частотах от 2000 до 5000 Гц. Для частоты 1000 Гц значение порога слышимости установлено равным  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а порога болевого ощущения –  $10^2$  Вт/м<sup>2</sup>. Как видим, болевой порог превышает порог слышимости в  $10^2/10^{-12}=10^{14}$  раз. Так как диапазон абсолютных значений интенсивности звука очень широк, то пользоваться ими практически крайне неудобно. Кроме того, известно, что, во-первых,

человеческое ухо реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение звукового давления и зависящей от него интенсивности, и, во-вторых, ощущения человека пропорциональны логарифму раздражителя (закон Вебера-Фехнера). Поэтому для гигиенической оценки шума принято использовать не абсолютное значение интенсивности, а относительный ее уровень, выражаемый в виде логарифмической величины  $L$ .

В общем случае логарифмической величиной  $L$  называется логарифм безразмерного отношения физической величины  $N$  к одноименной физической величине  $N_0$  принимаемой за исходную:

$L = \lg(N/N_0)$ . Единица измерения логарифмической величины носит название *бел* (Б). Если величина  $N$  больше исходной в 10 раз, т.е.  $N/N_0=10$ , то бел равен 1, или, другими словами, величина  $N$  превышает исходную на 1 Б, при  $N/N_0=100$  превышает на 2Б и т.д. Поскольку орган слуха человека способен различать изменения уровня звукового давления на 0,1 бела, то на практике удобнее использовать единицу в 10 раз меньше бела – *децибел* (дБ): 1 дБ = 0,1 Б.

Логарифм отношения интенсивности звука  $J$  к порогу слышимости  $J_0$  называют *уровнем интенсивности звука*. Уровень интенсивности звука  $L$  определяется по формулам: в белах –  $L = \lg(J/J_0)$ , в децибелах –  $L = 10 \cdot \lg(J/J_0)$ .

Использование логарифмической шкалы для измерения уровня шума позволяет укладывать большой диапазон значений интенсивности звука  $J$  в сравнительно небольшом интервале величин от  $L=0$  до  $L=10 \cdot \lg(J/J_0) = L=10 \cdot \lg(10^2/10^{-12}) = 140$  дБ.

Так как интенсивность звука прямо пропорциональна квадрату звукового давления  $J = p^2/\rho \cdot c$ , то уровень силы звука  $L$  (в дБ) можно определить, исходя из значения звукового давления:

$$L = 10 \cdot l \cdot q \cdot \frac{I}{I_0} = 10 \cdot l \cdot q \cdot \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot l \cdot q \cdot \frac{p}{p_0}$$

Для различных источников звуков уровень звукового давления (в дБ) равен: 10 – шорох листьев; 20 – тихий сад; 30 – тихая комната; 40 – негромкая музыка, шум в жилом помещении; 50 – слабая работа громкоговорителя, шум в ресторане; 60 – громкий радиоприемник; 70 – шум мотора грузового автомобиля; 80 – машинописное бюро; 90 – звук металлообрабатывающего станка; 100 – клепальная машина; 110 –

пневматический молот; 120 – реактивный двигатель на расстоянии 5 м, сильные удары грома; 130 – болевой предел; звук уже не слышен. При действии шума более 140-145 дБ возможен разрыв барабанной перепонки.

Уровни интенсивности звука обычно применяют при выполнении акустических расчетов, а уровни звукового давления – при измерении шума и оценке его воздействия на человека, поскольку наш орган слуха чувствителен не к интенсивности, а к давлению.

Рассмотренные характеристики звукового поля представляют собой физические величины, которые объективно существуют и, следовательно, могут быть измерены. Однако восприятие звуков человеком субъективно, например, один и тот же звук одному человеку может казаться громким, а другому – тихим. Поэтому в акустике помимо физических характеристик применяются *субъективные характеристики* звука: громкость, высота и тембр звука.

*Громкость* - это сила звука, воспринимаемая человеком субъективно. Она сложным образом зависит от амплитуды колебаний (от звукового давления или интенсивности звука), от частоты и формы звуковых колебаний, а также от чувствительности уха. Громкость звука можно выразить как *уровень громкости* в фонах либо как *громкость* в тонах. Уровень громкости данного звука в *фонах* численно равен уровню звукового давления в децибелах чистого тона (чистого звука) частотой 1000 Гц столь же громкого (сравнивая на слух), как и данный (измеряемый) звук. Другими словами, уровень громкости чистого звука частотой 1000 Гц в фонах численно равен - его уровню звукового давления. Уровень громкости других чистых тонов, имеющих данный уровень звукового давления, можно найти с помощью *кривых равной громкости*. По этим кривым можно, например, показать, что уровень громкости чистого тона частотой 200 Гц, имеющего уровень звукового давления 60 дБ, равен 50 фонам, т.к. он воспринимается равным по громкости чистому тону частотой "1000 Гц, имеющему уровень звукового давления 50 дБ. Следует отметить, что уровень громкости в фонах не дает значения, прямо пропорционального громкости звука. Поэтому введена условная шкала громкости звука с единицей *сон*, которая непосредственно (наглядно) выражает, во сколько раз один звук громче другого. 1 сон соответствует уровню громкости 40 фон при чистоте звука 1000 Гц, шкала громкости в сонах – линейная: при каждом последующем увеличении уровня громкости на 10 фон число сонов приблизительно удваивается. Таким образом, если 40 фон равны 1 сону, то 50 фон равны 2 сонам, 60 фон – 4 сонам и т.д. Когда нужно сравнивать между собой громкость двух шумов, например, до и после внедрения оздоровительных мероприятий или в разных цехах, выражать

громкость в тонах удобнее, так как по ним можно непосредственно судить, во сколько раз один шум громче или слабее второго.

*Высота звука* зависит от частоты колебаний: чем больше частота колебаний, тем выше звук, и наоборот, чем ниже частота, тем звук ниже.

*Тембр* – качество звука (его окраска), позволяющее различать звуки одинаковой высоты, исполненные на различных инструментах или раз; личными голосами. Тембр определяется формой колебаний. Он зависит от того, какие обертоны сопутствуют основному тону, какова интенсивность каждого из них. Обертоны – это дополнительные колебания в каждой фазе, имеющие более высокие частоты, чем основная частота, определяющая высоту тона (звука).

*Классификация шумов* производится по различным признакам: по характеру спектра, времени действия, частотному составу, источнику возникновения.

По характеру спектра различают *шум широкополосный* с непрерывным спектром шириной более одной октавы и *тональный* с выраженными дискретными (прерывистыми) составляющими (звуками), уровень звукового давления которых по сравнению с составляющими в других полосах частот выше не менее чем на 10 дБ.

По временной характеристике шумов подразделяются на *постоянные*, уровень шума которых за рабочую смену изменяется во времени не более чем на 5 дБА, и *непостоянные*, уровень звука которых за рабочую смену изменяется более чем на 5 дБА.

Непосредственный шум в свою очередь бывает *колеблющийся*, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени, *прерывистый*, уровень звука которого изменяется ступенчато (на 5 дБА и более), и *импульсный*, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1с.

По частотному составу шум делится на *низкочастотный* (до 300 Гц), *среднечастотный* (300-800 Гц) и *высокочастотный* (выше 800 Гц).

По источнику возникновения шум делят на *ударный*, возникающий при штамповке, клепке, ковке и т.д.; *механический* – при трении и биении узлов и деталей машин и механизмов (дробилки, мельницы, электродвигатели, компрессоры, насосы, центрифуги и др.); *аэро- и гидродинамический* – при движении с большой скоростью в аппаратах и трубопроводах воздуха, газа или жидкости и при резких изменениях направления их движения и давления.

Наибольшую опасность для человека представляют тональные, непостоянные и высокочастотные шумы.

Действие шума на организм. На организм человека шум может оказывать различное влияние. Негромкий однообразный шум леса или

морского прибоя навевает покой, вызывает сонливость, таким шумом лечат, например, бессонницу. Слишком же громкий шум, напротив, способен вызвать не только отрицательные эмоции, но и психические и даже физические расстройства.

Чрезмерный шум отрицательно отражается, прежде всего, на органе слуха. Результатом неблагоприятного воздействия шума может быть: 1) утомление слуха, которое при длительном воздействии шума может привести к профессиональной тугоухости и полной глухоте; 2) шумовая (акустический) травма – у пострадавших отмечается головокружение, шум и боль в ушах, а также поражается барабанная перепонка, вплоть до ее разрыва.

Громкий шум неблагоприятен для восприятия, мешает разговорной речи, отрицательно влияет на здоровье. При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и расшатывается периферическая и центральная нервная система. Действуя на нервную систему, шум вызывает общее утомление, усталость, подавленное состояние, раздражительность, неспособность сосредоточиться, бессонницу, замедляет психические реакции. В условиях постоянного шума нарушается деятельность сердечно-сосудистой системы, повышается кровяное давление, обостряются другие, казалось бы, совсем не связанные со слуховым аппаратом заболевания, такие, как ухудшение зрения, нарушение нормального функционирования, желудочно-кишечного тракта, определенные нарушения координации движений, язвенная болезнь и др. Патологические изменения, возникающие в организме под влиянием шума, рассматривают как шумовую болезнь.

В условиях сильного шума возрастает опасность возникновения несчастных случаев, так как на фоне такого шума не слышно сигналов транспорта, автопогрузчиков и других машин. В горных выработках шум мешает вовремя распознать звуки, обычно предшествующие и сопровождающие движение пород: обвалы кровли, выбросы угля, породы и газа. Кроме того, под влиянием шума увеличивается число ошибок при работе, возрастает заболеваемость, снижается производительность труда.

*Нормирование шума.* В условиях современного производства технически трудно снизить шум до очень малых уровней. Поэтому при гигиеническом нормировании шума исходят не из оптимальных (комфортных), а из терпимых, допускаемых уровней, т.е. таких, при которых вредное действие шума на человека не проявляется, либо проявляется незначительно. Гигиеническое нормирование осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 и Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (СН 323-85). В

них в качестве характеристик шума приняты уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука.

Основной нормируемой характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Совокупность нормативных уровней звукового давления в девяти указанных октавных полосах называется *предельным спектром* (ПС) шума. Каждый предельный спектр имеет свой индекс, например ПС-75, где 75 – уровень звукового давления в дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Нормирование по предельному спектру шума является основным методом для постоянных широкополосных шумов. Для ориентировочной оценки постоянного широкополосного шума допускается принимать уровень шума в дБА, измеряемый по шкале А шумомера. Такая оценка осуществляется при проверке органами надзора, выявлении необходимости осуществления мер по шумоощущению и др.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является так называемый эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА. Этот уровень определяется по ГОСТ 12.1.003-83 и ГОСТ 12.1.050-86. Допускается в качестве характеристики непостоянного шума использовать дозу шума или относительную дозу шума, определяемые в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83.

Допустимые уровни звукового давления, приведенные в названных выше нормативных документах, находятся в пределах 38-110 дБ, а уровни звука и эквивалентные уровни звука – в пределах 50-85 дБА.

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни звукового давления принимаются на 5 дБ меньше указанных для широкополосного шума. Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования, вентиляции, воздушного отопления допустимые уровни устанавливаются на 5 дБ меньше фактических уровней шума в этих помещениях (измеренных или определенных расчетом). Максимальный уровень звука не должен превышать: для непостоянного шума – 110 дБА при измерениях по временной характеристике «медленно», для импульсного шума – 125 дБА при измерениях по временной характеристике «импульс».

Измерение шума проводится для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым уровням по нормативным документам (ГОСТ 12.1.003-83, СН 3223-85), оценки шумового режима предприятия, разработки методов и средств на снижение шума на рабочих местах. При измерении шума используются



различные приборы. Применяемые на практике приборы - шумомеры и др. позволяют измерять:

1) уровни звукового давления в октавных полосах частот (интегрирующие шумомеры типа ВШВ-003, ВКШ-1 с фильтрами ФЭ-2);

2) уровни шума (шумомеры типа Шум-1М, ВШВ-003, ШМ-1);

3) эквивалентные уровни шума (шумоинтеграторы типа ШИН-01);

4) относительную дозу шума (зарубежные дозиметры шумов ЧЧ28 - Дания и др.)

Широко применяется также аппаратура зарубежных стран (Дания, ФРГ, Англия и др.).

*Защита от шума* предполагает использование различных методов и средств. Для борьбы с шумом применяется комплекс технических, организационных и лечебно-профилактических мероприятий.

Технические *средства коллективной защиты* от шума предусматривают два основных направления борьбы с шумом.

*А* – снижение уровня шума в источнике его возникновения. Это направление реализуется при создании шумобезопасных машин путем осуществления мероприятий конструктивного, технологического и эксплуатационного характера. Например, применяют капроновые шестерни в паре со стальными, что снижает уровень шума на 10-12 дБ.

*Б* – снижение уровня шума на путях его распространения от источника возникновения. Это направление включает в себя ряд мероприятий:

проведение строительно-акустических мероприятий, включающих рациональную планировку предприятий и цехов, акустическую обработку помещений, использование естественных и искусственных преград, препятствующих распространению шума, меры по ограничению шума на территории и т.д.;

применение малозумных технологических процессов, при которых уровни звукового давления на рабочих местах не превышают допустимого уровня, например, использование при бурении шпуров электросверл вместо пневматических перфораторов;

применение звукоизолирующих устройств из гладких и непористых Материалов, хорошо отражающих звуковые колебания (древесноволокнистые плиты, минераловатные и стекловолокнистые плиты и рулоны, плиты из эластичных газонаполненных пластмасс). К звукоизолирующим устройствам относятся капоты для укрытия шумных узлов машин, кожухи для размещения в них машин целиком, звукозащитные кабины для ограждения человека от шума, стены и

перегородки для создания Преграды на пути распространения шума, акустические экраны для снижения уровня шума на пути его распространения;

применение звукопоглощающих устройств из пористых материалов с большим числом сообщающихся между собой пор, поглощающих значительную часть звуковой энергии (войлок, вата, зернистая штукатурка, стекловолокно и др.). Звукопоглощающие материалы используются для облицовки (отделки) потолка и стен помещений, покрытия источников шума (например дробилок), изготовления штучных объемных звукопоглотителей в виде тел различной формы (кубов, конусов, призм и т.п.), устанавливаемых непосредственно над источниками шума;

применение глушителей шума различных конструкций, подразделяемых по принципу действия на активные (поглощают поступающую в них звуковую энергию размещенным в них звукопоглощающим материалом – глушители трубчатого и экранного типов), реактивные (отражают звуковую энергию обратно к источнику шума – камерные и резонансные глушители) и комбинированные (обеспечивают поглощение и отражение звука – например, камерный глушитель, внутренние стенки которого облицованы звукопоглощающим материалом);

применение средств автоматического контроля и сигнализации;

применение устройств дистанционного управления шумными машинами.

Если техническими средствами коллективной защиты не удастся снизить уровень шума на рабочем месте до допустимых уровней, необходимо использовать средства индивидуальной защиты: наружные и внутренние антифоны (противошумы) в виде шлемов, наушников, вкладышей из специальных материалов (резины, пластмассы, особых видов тканей, ваты). Высокоэффективны вкладыши из волокнистой перхлорвиниловой ткани, так называемые «беруши» (сокращение от «берегите уши»), снижающие шум на 20-35 дБ.

В борьбе с вредным влиянием шума большую роль играют организационные мероприятия:

создание на крупных предприятиях бюро или групп специалистов по борьбе с шумом и вредным влиянием его на здоровье;

выбор рационального режима труда и отдыха, предусматривающего сокращение времени нахождения в шумных условиях (защита временем) путем предоставления работникам периодического отдыха от шума в рамках одной профессии и возможности заниматься работой, не связанной с шумом;

обязательное обозначение зон с уровнем звука свыше 85 дБА знаками безопасности. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать СИЗ. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления более 135 дБ в любой октавной полосе;

обеспечение на предприятиях контроля уровня шума на рабочих местах и установление правил безопасной работы в шумных условиях.

Важное значение в профилактике шумовой болезни имеют медицинские мероприятия:

организация систематического врачебного контроля за здоровьем работающих в шумных помещениях (цехах);

соблюдение гигиенических нормативов шума на рабочих местах;

проведение медицинских осмотров перед поступлением на работу с целью выявления заболеваний, противопоказанных к приему, и периодических медицинских осмотров работников шумных цехов в случаях превышения уровня шума на рабочих местах над значениями предельно допустимых уровней.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется шумом? 2. Назовите основные физические характеристики звука. 3. Какие параметры являются субъективными характеристиками звука? 4. Классификация шумов по различным признакам. 5. Как осуществляется нормирование шума? 6. Какие существуют методы и средства защиты от шума?

### 3.5.3. Инфразвук

*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 крупногабаритных машин и механизмов (компрессоров, дизельных двигателей, электровозов, вентиляторов, турбин, реактивных двигателей, речных и морских судов и др.), совершающих вращательное или возвратно-поступательное движение (обороты, 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 ( $\lambda = c/f = 17 - 20$  м и более) 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 центральную 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.

Нормативным документом, ограничивающим действие инфразвука, является СИ 22-74-80. В соответствии с этим документом 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 интерференционного типа. В качестве СИЗ рекомендуется применение наушников, вкладышей, защищающих ухо от неблагоприятного действия шума.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что представляет собой инфразвук? 2. В чем заключается биологическое действие инфразвука

на организм человека? 3. Как осуществляется нормирование инфразвука?

### 3.5.4. Ультразвук

К *ультразвуку* относят 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.

При распространении в различных средах ультразвуковые волны поглощаются, причем тем больше, чем выше их частота. Низкочастотный ультразвук довольно хорошо распространяется в воздухе, а высокочастотный – практически не распространяется. 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 и др. Ультразвук нашел применение в геологии, горном деле, металлургии, радиоэлектронике, биологии, пищевой промышленности, военноморском деле и т.д. Наконец, ультразвук широко используется для диагностики и лечения болезней (заболеваний позвоночника, суставов, периферической нервной системы и т.д.).

Ультразвук оказывает вредное воздействие на организм человека. У работающих с ультразвуковыми установками нередко наблюдаются 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).

Обычно ультразвуковыми условно считают колебания с частотой свыше 16 кГц, по нормирование допустимых уровней звукового давления начинают с 12,5 кГц, чтобы осуществить плавный переход от звукового диапазона к ультразвуковому.

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах, нормируемые в третьоктавных полосах частот (для третьоктавной полосы  $f_c/f_n = \sqrt[3]{2} = 1,26$  согласно ГОСТ 12.1.003-83 должны соответствовать следующим значениям (при воздействии ультразвука в течение 8-часового рабочего дня):

Среднегеометрические частоты

Третьоктавных полос, кГц	12,5	16,0	20,0	25,0	31,5-100
Уровни звукового давления, дБ	8,0	90	100	106	110

Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами приборов и установок не должны превышать 10 дБ.

Для измерения ультразвука применяют шумомер ШВК-1 с фильтрами ФЭ-3, а также акустическую аппаратуру немецких и датских фирм.

Для устранения и снижения вредного воздействия повышенных уровней ультразвука на организм человека рекомендуются следующие мероприятия:

1) уменьшение вредного излучения звуковой энергии в источнике, для чего следует повышать номинальные рабочие частоты источников ультразвука и исключить паразитное излучение звуковой энергии;

2) локализация действия ультразвука конструктивными и планировочными решениями, включающими: применение звукоизолирующих кожухов, полужоухов, экранов; размещение оборудования в отдельных помещениях и кабинах; устройство системы блокировки, отключающей источник ультразвука при нарушении звукоизоляции; применение дистанционного управления; облицовку отдельных помещений и кабин звукопоглощающими материалами;

3) организационно-профилактические мероприятия: инструктаж работающих о характере действия ультразвука и мерах защиты от него, рациональные режимы труда и отдыха;

5) применение СИЗ работающих, в качестве которых следует применять противошумы по ГОСТ 12.4.051-78.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что представляет собой ультразвук? 2. В чем заключается биологическое действие ультразвука

на организм человека? 3. Какие мероприятия предусматривают защиту от ультразвука?

### 3.5.5. Вибрация

*Вибрация* (от лат. *vidratio* – колебание, дрожание) – это механические колебания упругих тел (машин, аппаратов, оборудования, инструмента, строительных конструкций и сооружений и т.д.), воспринимаемые телом человека как сотрясения. В отличие от шума, когда энергия механических колебаний передается через воздушную среду, вибрация распространяется по тканям и вызывает колебания их или тела в целом.

Для характеристики вибрации используется ряд физических величин: виброперемещение, амплитуда виброперемещения, период колебаний, частота периодических колебаний, среднегеометрическая частота полосы, виброскорость, амплитуда виброскорости, виброускорение, амплитуда виброускорения, логарифмический уровень виброускорения и др.

Вибрация может быть полезной (вибромассаж в медицине, вибраторы в технике) и вредной (нарушение здоровья человека, нарушение режима работы и разрушение технического устройства). По способу передачи на человека вибрация подразделяется на *общую*, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и *локальную*, передающуюся через руки человека. В реальных условиях часто имеет место сочетание этих вибраций. Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения может быть трех категорий: транспортная, возникающая при движении транспортных средств; транспортно-технологическая, воздействующая на операторов машин с ограниченным перемещением в производственных помещениях; технологическая, воздействующая на операторов стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. Влияние вибрации на человека зависит и от направления ее действия. Поэтому выделяют составляющие вибрации, действующие вдоль осей ортогональной системы координат X, Y, Z. Для общей вибрации Z – вертикальная ось, а X и Y – горизонтальные оси. Для локальной вибрации ось X совпадает с осью мест охвата источника вибрации (осью рукоятки), ось Z – с направлением приложения силы, ось Y перпендикулярна осям X и Z.

Вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную и сердечно-сосудистую системы, желудочно-кишечный тракт, органы равновесия (вестибулярный аппарат), мышцы, костно-суставный аппарат, зрение, слух. Она вызывает головную боль, головокружение, плохой сон, онемение конечностей, заболевание суставов. Длительное

воздействие вибрации на организм приводит к профессиональному заболеванию – *вибрационной болезни*, успешное лечение которой возможно только на ранней стадии ее развития. Тяжелые формы болезни ведут, как правило, к частичной или полной потере трудоспособности. Вибрация приводит также к преждевременному износу и разрушению производственного оборудования, коммуникаций и сооружений. Под ее воздействием снижается КПД машин и механизмов, возрастает опасность возникновения аварий.

Нормы вибрации содержат: общей и локальной - ГОСТ 12.1.012-90. «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности»; общей – СН 3044-84, «Санитарные нормы вибрации на рабочих местах»; локальной – СН 3041-84 «Санитарные нормы и правила при работе с машинами и оборудованием, создающим локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих».

Гигиеническая оценка вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях, выполняется одним из следующих методов: частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра; интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра; дозой вибрации. Первый из перечисленных методов является основным для характеристики вибрационного воздействия на человека, второй метод применяется для ориентировочной оценки, третий используется для оценки вибрации с учетом времени воздействия.

В зависимости от принятого метода оценки стандарт регламентирует разные нормативные параметры вибрации.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости  $V$  (и их логарифмические уровни  $L_v$ ) или виброускорения для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации в октавных или 1/3-октавных полосах частот.

Логарифмические уровни виброскорости  $L$ , в дБ определяют по формуле  $L_v = 20 \cdot \lg(V/V_0)$ , где  $V$  – среднее квадратическое значение виброскорости в точке измерения, м/с;  $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  м/с – пороговое значение виброскорости. Соотношение между логарифмическим уровнем виброскорости в дБ и ее значением в м/с имеет вид  $V = V_0 \cdot 10^{L/20}$ . Например, логарифмическому уровню виброскорости  $L = 60$  дБ соответствует значение  $V = 5 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{60/20} = 5 \cdot 10^{-5}$  м/с.

Гигиенические нормы вибрации на рабочих местах по ГОСТ 12.1 012-90 в зависимости от вида вибрации и направления осей, по которым она нормируется, изменяются в пределах:



1) общая вибрация в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 1 до 63 Гц (допустимые значения по виброскорости: числитель - м/с, знаменатель - дБ) – от  $2,0 \cdot 10^{-1}/132$  до  $2,8 \cdot 10^{-4}/75$ ;

2) локальная вибрация в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 8 до 1000 Гц (по виброскорости: числитель – м/с, знаменатель - дБ) - от  $5,0 \cdot 10^{-2}/120$  до  $2,8 \cdot 10^{-4}/75$ .

Для измерения вибрации применяется ряд приборов: виброметр переносный ВМ-1 с фильтрами электрическими ФЭ-2, виброметр искробезопасным ВВМ-001, измеритель шума и вибрации ВШВ-003, шумовиброинтегратор логарифмический ВШИЛ-01, а также виброизмерительная аппаратура зарубежных (немецких и датских) фирм.

*Защита от вибрации* включает комплекс мероприятий технического, организационного и лечебно-профилактического характера.

Технические средства защиты от вибрации делятся на коллективные и индивидуальные.

Средства коллективной виброзащиты предусматривают два направления борьбы с вибрацией: 1 - снижение уровня (параметров) вибрации воздействием на источник возбуждения; 2 - снижение уровня вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения.

Первое направление реализуется при создании вибробезопасных машин путем изменения конструктивных элементов источника возбуждения и характера вынуждающих сил и моментов, обусловленных рабочим процессом в машине, а также уравнивания отдельных элементов машин.

В местах распространения вибрацию можно снизить путем антифазной синхронизации двух или нескольких источников возбуждения, изменением конструктивных элементов машин и строительных конструкций, использованием дополнительных устройств, встраиваемых в конструкцию машины (виброизоляционных, виброгасящих) применением вибропоглощающих покрытий, использованием средств дистанционного управления, средств автоматического контроля и сигнализации, а также оградительных средств (ограждения, предупредительные знаки, надписи, блокировки и др.).

*Виброизоляция* заключается в уменьшении передачи вибрации от источника возбуждения к защищаемому объекту путем встраивания между ними промежуточных деформируемых - упругих - элементов в

виде виброизоляторов или амортизаторов из стальных пружин, резины и других материалов.

*Виброгашение* - присоединение к вибрирующему объекту реактивного сопротивления, т.е. системы, реакции которой уменьшают размах вибрации в точках присоединения системы. Чаще всего виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на виброгасящее основание (фундаменты).

*Вибропоглощение или вибродемпфирование* (от немец. dampfen - заглушать) состоит в том, что на вибрирующую поверхность наносят слой материала, обладающего большим внутренним трением и рассеивающего (поглощающего) энергию вибраций, особенно на резонансных режимах. К таким материалам относятся пластмассы, резина, полимерные материалы, войлок, вибропоглощающие мастики и др.

Средства индивидуальной виброзащиты делятся на: СИЗ рук оператора – рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки; СИЗ ног оператора – специальная обувь, подметки, наколенники; СИЗ тела оператора – нагрудники, пояса, специальные костюмы.

Организационные мероприятия включают в себя: организацию труда работающих на виброопасном оборудовании в соответствии с действующими нормативно-техническими документами; обеспечение периодического контроля уровня вибрации на рабочих местах; проверку оборудования и инструмента после ремонта на соответствие уровней вибрации санитарным нормам.

Из гигиенических мер, направленных на предупреждение вибрационной болезни, необходимо отметить следующее. При работе с ручным механизированным инструментом время контакта с вибрирующими поверхностями не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня. С этой целью рекомендуется предусматривать 10-15-минутные перерывы после каждых 60 мин работы или выполнять технологические операции, не связанные с действием вибрации. На особо опасных в вибрационном отношении работах рекомендуется организация комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий, что резко уменьшает время контакта рабочего с инструментом. Сверхурочные работы не допускаются. На вибрационных работах должны быть исключены значительные физические усилия, неудобное положение тела, действие охлаждения, голод. Лица моложе 18 лет и беременные женщины к вибрационным работам не допускаются.

В комплекс лечебно-профилактических мероприятий входят физиотерапевтические процедуры (ванны для рук, массаж, производственная гимнастика, ультрафиолетовое облучение), а также прием витаминов (В<sub>1</sub>, С, никотиновая кислота).

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что такое вибрация? 2. Назовите физические величины, используемые для характеристики вибрации. 3. Какими приборами измеряется вибрация? 4. Какие мероприятия включает в себя защита от вибрации?

### 3.6. Электробезопасность

Электричество широко применяется во всех отраслях народного хозяйства, в быту, в медицине и т.д. Облегчая труд, электричество в то же время представляет большую опасность для жизни и здоровья людей, так как органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического тока (напряжения) на объекте. Поэтому нужно уделять большое внимание вопросам электробезопасности. *Электробезопасность* - это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического, тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

#### 3.6.1. Опасность поражения электрическим током

*Действие электрического тока на организм человека* представляет собой довольно сложное явление. Если человек оказывается под электрическим напряжением, то проходящий через него 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) и *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*, т.е. хаотические разновременные сокращения волокон (фибрилл) сердечной мышцы. Опасность фибрилляции заключается в том, что сердце не

может самостоятельно выйти из этого состояния и восстановить свою нормальную деятельность. Поэтому без квалифицированной врачебной помощи пораженный электрическим током погибает в течение нескольких минут (не более 5-6) от кислородного голодания. Таких пораженных электрическим током называют «*белыми*». При остановке сердца и при фибрилляции сердечной мышцы нарушается кровообращение и работа органов дыхания. В результате может наступить *клиническая смерть* – переходный период от жизни к истинной смерти. 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. Между тем 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, в течение которой путем *реанимации* можно оживить человека, наступает, если человеку своевременно не оказана необходимая медицинская помощь, *биологическая смерть* – необратимое прекращение биологических процессов в клетках и тканях организма и распад белковых структур.

Виды электрических травм. Любое из рассмотренных воздействий электрического тока может привести к *электрической травме*, т.е. к 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 исхода 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, т.е. 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 электрической дуги; пораженный участок кожи имеет шероховатую, жесткую поверхность и приобретает окраску в зависимости от металла электрода: при контакте с красной медью – зеленую, с латунью – синезеленую, 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.

Факторы, влияющие на исход электрической травмы. 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 колеблется от 3 до 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  $R_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом}$ .

*Сила тока*, проходящего через тело человека, является основным фактором, влияющим на исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее его действие.

Условно считают (так как тело человека не является «чистым» проводником), что сила тока  $I_{\text{ч}}$  проходящего через человека, определяется законом Ома:

$$I = \frac{U}{R},$$

где  $U$  – падение напряжения на сопротивлении тела человека (приложенное напряжение), В.

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, самостоятельно 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 действия 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 по 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:

$$U_{\text{без}} = I_{\text{без}} \cdot R_{\text{ч}},$$

где  $I_{\text{без}}$  – безопасная сила тока, А;  $R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела, Ом.

При  $I_{\text{без}} = 12 \text{ мА} = 0,012 \text{ А}$  и  $R_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом}$  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  $T$  на электрокардиограмме человека, когда сердце находится в расслабленном состоянии и наиболее чувствительно к воздействию электрического тока. Фаза  $T$  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 - также в значительной степени 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 следующие значения 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  $I_q$ , 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, так как тело человека в этом случае находится под действием наибольшего в данной сети напряжения - линейного  $U_l$ , а ток  $I_q$ , проходящий через человека, оказываясь независимым от схемы сети, режима нейтрали и других факторов, имеет наибольшее значение:

$$I_q = U_l / R_q,$$

где  $U_l$  - линейное напряжение, В (в сети постоянного тока вместо  $U_n$  берется рабочее сопротивление  $U_{раб}$ , В);  $R_q$  - сопротивление тела человека, Ом.

Например, при  $U_l=380$  В и  $R_q=1000$  Ом через человека проходит ток  $I_q=380/1000=0,38$  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  $U_\phi$ , которое в  $\sqrt{3}$  раз меньше линейного. Поэтому и ток, проходящий через тело человека при однофазном прикосновении меньше, чем при двухфазном, т.е.  $I_q = U_\phi / R_q$ . 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:  $I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{н}} + R_{\text{из}}/3)$ ;

б) для трехфазной четырехпроводной сети переменного тока с заземленной нейтралью:  $I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{н}} + R_{\text{н}})$ .

где  $R_{\text{об}}$  – сопротивление обуви, Ом;  $R_{\text{н}}$  – сопротивление пола, м;  $R_{\text{из}}$  – сопротивление изоляции одной фазы относительно земли, Ом;  $R_{\text{н}}$  – сопротивление заземления нейтрали источников тока, Ом.

Если принять для примера  $U_{\text{cp}} = 220$  В,  $R_{\text{ч}} = 1000$  Ом,  $R_{\text{об}} = 45000$  Ом,  $R_{\text{н}} = 100000$  Ом,  $R_{\text{из}} = 90000$  Ом,  $R_{\text{н}} = 10$  Ом, то ток через человека будет:

а) в сети тока с изолированной нейтралью

$$I_{\text{ч}} = 220 / (1000 + 45000 + 100000 + 90000/3) = 0,00125 \text{ А} = 1,25 \text{ мА};$$

б) в сети тока с заземленной нейтралью

$$I_{\text{ч}} = 220 / (1000 + 45000 + 100000 + 10) = 0,0015 \text{ А} = 1,5 \text{ мА}.$$

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, т.е.  $R_{\text{об}} = 0$ ,  $R_{\text{н}} = 0$ , а  $R_{\text{н}} \leq 0$  Ом) через тело человека проходит ток:

а) в сети с изолированной нейтралью  $I_{\text{ч}} = 220 / (1000 + 90000/3) = 0,007 \text{ А} = 7 \text{ мА}$ , такой ток является ощутимым;

б) в сети с заземленной нейтралью  $I_{\text{ч}} = 220 / 1000 = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА}$ , 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 обуславливает 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.

**Вопросы для самопроверки.** 1. В чем заключается опасность действия электрического тока на организм человека? 2. Назовите основные виды электротравм. 3. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. 4. Анализ опасности поражения электрическим током. 5. Перечислите основные причины поражения электрическим током. 6. Что называется шаговым напряжением?

### **3.6.2. Обеспечение безопасности при эксплуатации электроустановок**

*Электроустановкой* называется установка (совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), в которой производится, преобразуется, передается, распределяется, потребляется электрическая энергия. Основные требования к устройству электроустановок изложены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), а основные мероприятия, предотвращающие воздействие на работающих опасных производственных факторов в действующих электроустановках, содержат Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок (ПТБ).

Электробезопасность электроустановок в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 обеспечивается: конструкцией электроустановок; техническими способами и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями.

*А. Требования безопасности к конструкции электроустановок.*

Конструкция электроустановок (ЭУ) должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудование - от попадания внутрь посторонних твердых тел и воды. Ограждение токоведущих частей является обязательной частью конструкции электрооборудования.

Требования (правила и нормы) электробезопасности к конструкции и устройству. ЭУ устанавливаются в стандартах Системы стандартов безопасности труда, а также в стандартах и технических условиях на электротехнические изделия.

Классификация электроустановок и помещений по степени электроопасности. Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются ПУЭ на ЭУ до 1 кВ и ЭУ выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

По степени защиты от атмосферных воздействий различают открытые или *наружные ЭУ*, не защищенные зданием, и *закрытые* или *внутренние ЭУ*, размещенные внутри здания.

Помещения или отгороженные, например, сетками, части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала, называются *электропомещениями*. Электропомещения подразделяют на *сухие* (относительная влажность воздуха  $n$  не превышает 60 %), *влажные* ( $n$  более 60 %, но не превышает 75 %), *сырые* ( $n$  превышает 75 %), *особо сырые* ( $n$  близко к 100 %), *жаркие* (температура воздуха длительно превышает 35 °С), *пыльные* (с токоведущей и нетокведущей пылью) и помещения с *химически активной или органической средой*,

В отношении опасности поражения людей электротоком различаются:

1) *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. ниже п. 2 и 3);

2) *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий: а) сырости или токопроводящей пыли; б) токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.п.); в) высокой температуры; г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой;

3) *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий: а) особой сырости; б) химически

активной или органической среды; в) одновременно двух или более условий повышенной опасности (см. п.2);

4) *территории размещения наружных электроустановок*; такие территории приравниваются к особо опасным помещениям, так как в зависимости от погоды возможны повышенная температура воздуха, особая сырость и проводящее основание (открытый сырой грунт).

Виды исполнения электрооборудования. Электрооборудование по исполнению подразделяется: 1) на общепромышленное; 2) рудничное нормальное (РН), не имеющее средств взрывозащиты; 3) рудничное повышенной надежности (РП) против взрыва, в котором взрывозащита обеспечивается в нормальном режиме его работы; 4) рудничное взрывобезопасное (РВ), обеспечивающее защиту от взрыва окружающей взрывоопасной среды в результате искрения, электрической дуги и нагрева, происходящих в аппарате при его нормальной работе и при возможных повреждениях; 5) рудничное особо взрывобезопасное (РО) при любых повреждениях, имеющее защиту от действия искр и электрических дуг как при нормальной работе, так и при любом числе повреждений элементов (кроме защитных).

Каждый вид исполнения электрооборудования имеет определенную область применения, и отступления от нее являются серьезным нарушением Правил безопасности.

Рудничное взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

- 1) взрывонепроницаемую оболочку;
- 2) искробезопасную электрическую сеть;
- 3) защиту повышенной надежности (защита вида V);
- 4) масляное заполнение оболочки;
- 5) кварцевое заполнение оболочки;
- 6) автоматическое защитное отключение и специальный вид взрывозащиты (ГОСТ 12.2.020-76).

#### *Б. Технические способы и средства защиты.*

Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства: 1) защитное заземление; 2) зануление; 3) выравнивание потенциалов; 4) малое напряжение; 5) электрическое разделение сетей; 6) защитное отключение; 7) изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная); 8) компенсация токов замыкания на землю; 9) оградительные устройства; 10) предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности; 11) средства защиты и предохранительные приспособления.

Технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность, устанавливаются с учетом: а) номинального напряжения, рода и частоты тока ЭУ; б) способа электроснабжения (от стационарной сети, от автономного источника питания электроэнергией); в) режима нейтрали (средней точки) источника питания электроэнергией (изолированная, заземленная нейтраль); г) вида исполнения (стационарные, передвижные, переносные ЭУ); д) условий внешней среды (особо опасные помещения, помещения повышенной опасности, помещения без повышенной опасности, на открытом воздухе); е) возможности снятия напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых должна производиться работа; ж) характера возможного прикосновения человека к элементам цепи тока (однофазное или однополюсное прикосновение, двухфазное или двухполюсное прикосновение, прикосновение к металлическим токоведущим частям, оказавшимся под напряжением; з) возможности приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстоянии меньше допустимого или попадания в зону растекания тока; и) видов работ (монтаж, наладка, испытание, эксплуатация ЭУ, осуществляемых в зоне расположения ЭУ, в том числе в зоне воздушных линий электропередачи).

Защитное заземление какой-либо части ЭУ или другой установки - преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством с целью обеспечения электробезопасности. Защитное действие заземления основано на снижении напряжения соприкосновения, что достигается путем уменьшения потенциала на корпусе оборудования относительно земли за счет малого сопротивления заземления. В случае замыкания фазы на корпус ЭУ ток пойдет в землю двумя параллельными путями: через человека и через заземление и распределится между ними обратно пропорционально их сопротивлениям. Так как сопротивление цепи «человек-земля» (1000 Ом) значительно больше сопротивления цепи «корпус-земля» (несколько Ом), то значение тока, проходящего через человека, не будет опасным.

Небольшое сопротивление цепи «корпус электрооборудования – земля» достигается путем применения заземляющего устройства. *Заземляющее устройство*, используемое для соединения с землей, представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников. *Заземлителем* называется проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей. Для заземления используют: а) *естественные заземлители* – находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций,

зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления; б) *искусственные заземлители* – металлические полосы или стержни, заложенные в землю. Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем, называется *заземляющим проводником*. Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства нормируется ПУЭ в следующих пределах: ЭУ до 1 кВ сети с изолированной нейтралью – не более 4 Ом; ЭУ до 1 кВ сети с глухозаземлённой нейтралью – не более 2, 4 и 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380, 220 В; ЭУ выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью – не более 10 Ом.

Зануление в ЭУ напряжением до 1 кВ – преднамеренное электрическое соединение частей ЭУ, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока. Принцип действия зануления заключается в превращении замыкания на корпус ЭУ в однофазное короткое замыкание между фазным и нулевым проводами за счет соединения их *нулевым защитным проводником* с целью создания в цепи столь большого тока короткого замыкания, при котором срабатывает защита и ЭУ автоматически отключается от сети. В качестве защиты могут быть использованы плавкие предохранители, время срабатывания которых 5-7 с, автоматические выключатели с временем срабатывания 1-2 с и др.

Выравнивание потенциалов – это метод снижения напряжений прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек. Потенциалы выравнивают, как правило, путем устройства контурного заземления, при котором заземлители размещаются по контуру (периметру) площадки, занятой оборудованием, или распределяются по ней по возможности равномерно в виде сетки. В производственном помещении корпуса электрического и производственного оборудования в той или иной степени связаны между собой. При замыкании на корпус в каком-либо из электроприемников все металлические части получают близкое по значению напряжение относительно земли. В результате напряжение между корпусом электроприемника и полом существенно уменьшается, происходит выравнивание потенциалов по всей площади помещения. При выравнивании потенциалов человек, находящийся в этой цепи замыкания, оказывается под сравнительно малым напряжением. Выравнивание потенциалов применяют как дополнение к другим мерам защиты.

Малое напряжение – это номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в ЭУ для обеспечения электробезопасности. При использовании малых напряжений резко снижается опасность поражения, особенно при работах в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и на наружных ЭУ. Однако ЭУ и с таким напряжением могут быть опасными при двухфазном прикосновении. Малые напряжения применяют для питания электроинструмента, светильников стационарного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных и в других случаях. Источниками малого напряжения могут быть специальные понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12-42 В. Использование малых напряжений – эффективная мера защиты, однако область ее применения невелика, что, обусловлено трудностями создания протяженных сетей и мощных электроприемников малого напряжения.

Электрическое разделение сетей – это разделение сети на отдельные электрически не связанные между собой участки с помощью разделительного трансформатора. Разделительный трансформатор имеет коэффициент трансформации 1:1 и отделяет (изолирует) электроприемник от первичной сети и сети заземления. От разделительного трансформатора может питаться только один электроприемник с номинальным током плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата на первичной стороне не более 15 А. Вторичная обмотка трансформатора и корпус электроприемника не должны иметь ни заземления, ни связи с сетью зануления. Область применения электрического разделения сетей - ЭУ до 1 кВ, эксплуатация которых связана с повышенными требованиями обеспечения электробезопасности (ручной электроинструмент, передвижные ЭУ).

Защитное отключение предназначено для быстрого автоматического отключения электроустановок от сети при возникновении в них опасности поражения током. Смысл защиты в этом случае заключается в ограничении времени протекания через тело человека опасного тока. При случайном прикосновении человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением, происходит изменение некоторых электрических параметров, например напряжения корпуса относительно земли, тока замыкания на землю, напряжения фазы относительно земли, оперативного тока и т.д. Изменение любого из этих параметров до определенного предела, при котором возникает опасность поражения человека током, может стать входным сигналом, вызывающим срабатывание специального *устройства защитного отключения* (УЗО), время срабатывания которого не должно превышать



0,2 с. Принцип работы УЗО состоит в том, что оно постоянно контролирует величину входного сигнала и сравнивает его с наперед установленной величиной. Если входной сигнал превышает наперед установленную величину, то защита срабатывает, т.е. автоматически отключает поврежденную ЭУ от источника питания. Основными частями УЗО являются: *прибор защитного отключения*, представляющий собой совокупность отдельных элементов, реагирующих на изменение соответствующего параметра сети и дающих сигнал на отключение установки от сети, и *автоматический выключатель*, отключающий защищаемую ЭУ при поступлении сигнала от прибора защитного отключения. Защитное отключение может служить дополнением к системам заземления и зануления, а также в качестве единственной и основной меры защиты в ЭУ до 1 кВ. Защитное отключение незаменимо при использовании электрифицированного инструмента.

Изоляция токоведущих частей электроустановок является важным средством защиты от прикосновения к ним. Электрическая изоляция - это слой диэлектрика, которым покрывается поверхность токоведущих частей (эмали и оплетка обмоточных проводов, пропиточные лаки и компаунды и др.) или конструкция, выполненная из диэлектрика, которой токоведущие части отделяются от других частей (например, пластмассовый корпус ручной электродрели). Состояние изоляции характеризуется ее электрической прочностью, диэлектрическими потерями и электрическим сопротивлением. Изоляция препятствует протеканию токов через нее благодаря большому сопротивлению.

Изоляцию подразделяют на *рабочую* (обеспечивает нормальную работу ЭУ и защиту от поражения электрическим током), *дополнительную* (предусматривается дополнительно к рабочей в случае ее повреждения), *усиленную* (улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты, как и двойная), *двойную* (состоит из рабочей и дополнительной изоляции).

С течением времени и под воздействием окружающей среды изоляция теряет свои первоначальные свойства, стареет. Содержание изоляции в исправном состоянии является одним из важнейших требований ПУЭ. Контроль сопротивления изоляции, ее качества может быть периодический и непрерывный. Сопротивление изоляции силовых и осветительных электропроводов должно быть не ниже 0,5 МОм.

Компенсация токов замыкания на землю имеет место в случае, когда между нулевой точкой источника питания (нейтралью) и землей включается компенсирующая катушка. Такое устройство своей индуктивностью компенсирует емкостную составляющую тока

замыкания на землю и снижает его значение. Компенсация емкостной составляющей тока замыкания на землю применяется обычно в сетях напряжением выше 1 кВ. Эта мера применяется в дополнение к другим защитным мерам – защитному заземлению или защитному отключению.

Оградительные устройства – устройства, предотвращающие прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям ЭУ в случаях, когда провода или токоведущие части электрооборудования не могут иметь изоляцию (например троллейбусные провода). Ограждение токоведущих частей должно предусматриваться конструкцией электрооборудования. Стационарные ограждающие устройства бывают как сплошные, так и сетчатые. Сплошные ограждения в виде кожухов и крышек применяются в ЭУ напряжением до 1 кВ. Сетчатые ограждения применяют в ЭУ, доступных лишь квалифицированному электротехническому персоналу; они имеют двери, запираемые на замок. К переносным, временным ограждающим устройствам относятся: щиты, изолирующие накладки, изолирующие колпаки, временные переносные заземления. В тех случаях, когда изоляция и ограждение токоведущих частей оказываются невозможными или нецелесообразными (например, воздушные линии электропередачи высокого напряжения), их размещают на недоступной для прикосновения высоте.

Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности. *Предупредительная сигнализация* выполняется световой и звуковой и широко используется в сочетании с другими мерами защиты. Сигнальные лампы и другие светосигнальные аппараты должны иметь знаки или надписи, указывающие значения сигналов (например, «Включено», «Нагрев» и т.п.). *Блокировкой* называется автоматическое устройство, с помощью которого надежно исключается возможность случайного прикосновения человека к находящимся под напряжением частям, расположенным в специальных закрытых помещениях. Для профилактики электротравматизма применяют *знаки безопасности* в соответствии с требованиями ГОСТ 2.4.026-76, а также *предупредительные плакаты*. Плакаты делятся на 4 группы: предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные (ПТЭ и ПТБ). По характеру применения плакаты бывают постоянные и переносные.

Средства защиты и предохранительные приспособления предназначены для защиты персонала от электротравм при работе на ЭУ. По назначению средства защиты разделяют на изолирующие, ограждающие и предохранительные. В свою очередь *изолирующие средства* электрозащиты делят на основные и дополнительные.

*Основные изолирующие средства* способны длительное время выдерживать рабочее напряжение ЭУ и допускают касание к токоведущим частям оборудования. К ним относятся: в ЭУ напряжением до 1 кВ - изолирующие штанги, изолирующие и измерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными ручками; в ЭУ напряжением выше 1 кВ - оперативные и измерительные штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения и др. *Дополнительные изолирующие средства* самостоятельно не обеспечивают безопасность персонала и поэтому применяются вместе с основными в виде дополнительной меры защиты. К таким средствам относятся: в ЭУ напряжением до 1 кВ - диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки; в ЭУ напряжением выше 1 кВ - диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.

*Ограждающие защитные средства* предназначены для временного ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением, К ним относятся щиты, барьеры, ограждения, а также временные переносные заземления.

*Вспомогательные защитные средства* служат для защиты персонала от случайного падения с высоты (предохранительные пояса и др.), для обеспечения безопасного подъема на высоту (когти, лестница), для защиты от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока (защитные очки, щитки, рукавицы и др.).

**В. Организационные и технические мероприятия для обеспечения электробезопасности**

Требования безопасности к персоналу электроустановок. Основой организации безопасной эксплуатации ЭУ являются высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина обслуживающего персонала, который обязан строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность выполнения эксплуатационных операций в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ) и Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок (ПТБ).

Персонал, обеспечивающий нормальную эксплуатацию ЭУ, условно делится на три группы:

1) *оперативный* или дежурный - несет дежурство в ЭУ непосредственно или на дому, осуществляет оперативное обслуживание ЭУ;

2) *ремонтный* – выполняет текущий и капитальный ремонты, наладку оборудования;

3) *оперативно-ремонтный* – выполняет все функции оперативного и ремонтного персонала в закрепленных за ними ЭУ, за исключением дежурства, которое в этих установках не ведется.

К работе в ЭУ допускаются лица (не моложе 18 лет), прошедшие медицинский осмотр, инструктаж и обучение безопасным методам труда, имеющие определенную *квалификационную группу по электробезопасности*. В зависимости от уровня необходимых электротехнических знаний и стажа работы в ЭУ существует пять квалификационных групп по электробезопасности (I-V); самой высокой является V группа. Квалификационная группа присваивается при наличии следующих знаний.

I группа присваивается лицам, не имеющим специальных электротехнических знаний и отчетливого представления об опасности электротока и мерах безопасности при работе в ЭУ.

Лица II группы должны иметь элементарное знакомство с устройством и оборудованием ЭУ, отчетливо представлять опасность электротока и приближения к токоведущим частям, знать основные меры безопасности при работах на ЭУ, уметь оказать первую помощь пострадавшему.

Лица III группы должны иметь элементарные познания из общей электротехники; отчетливо представлять опасность при работе на ЭУ; знать общие правила техники безопасности, в частности правила допуска к работам на ЭУ; знать специальные правила техники безопасности по тем видам работ, которые входят в обязанность данного лица; уметь вести надзор за работающими в ЭУ, а также оказывать первую помощь.

Лица IV группы должны знать электротехнику в объеме техминимума; иметь представление об опасности работы на ЭУ, знать полностью ПТЭ и ПТБ, знать схемы и оборудование обслуживаемого участка, уметь организовать на месте безопасное производство работ и вести надзор за работающими, а также оказывать первую помощь.

Лица V группы должны знать все схемы и оборудование обслуживаемого участка; твердо знать ПТЭ и ПТБ как в общей, так и в специальной частях; уметь ясно представлять, чем вызвано то или иное требование правил; уметь организовать безопасное производство работ и вести надзор за ними; обучать персонал других групп правилам техники безопасности; уметь оказать первую помощь.

Для получения квалификационной группы требуется определенный стаж работы в ЭУ: I группа - стаж не нормируется; II группа – не менее 1-2 месяцев в зависимости от специальности, профессии; III группа – не менее 6 месяцев в предыдущей группе; IV

группа – не менее 1 года в предыдущей группе; V группа – не менее 6 месяцев - 2 лет в зависимости от выполняемой работы или должности.

Эксплуатация действующих электроустановок состоит из их оперативного обслуживания и производства работ в них. *Оперативное обслуживание* включает дежурство в ЭУ, обходы и осмотры их, оперативные переключения, выполнение некоторых мелких работ, особо оговоренных правилами безопасности. *Производство работ* охватывает выполнение ремонтных, монтажных, строительных и других работ в самих ЭУ. При выполнении всех работ должны быть реализованы организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность персонала.

Для обеспечения безопасности работ в действующих ЭУ выполняют целый комплекс *организационных мероприятий*: назначают лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформляют наряд или распоряжение на производство работ; осуществляют допуск к проведению работ; организуют надзор за проведением работ; оформляют окончание работы, перерывы в работе, переводы на другие рабочие места.

*Технические мероприятия* должны предусматривать:

а) при проведении работ со снятием напряжения в действующих ЭУ или вблизи них: отключение установки от источника питания электроэнергией; снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие мероприятия, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы; установка знаков безопасности и ограждение остающихся под напряжением токоведущих частей; наложение заземлений (включение заземляющих ножей или наложение переносных заземлений); ограждение рабочего места и установка предписывающих знаков безопасности;

б) при проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением, и вблизи них: выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электрозащитных средств, под непрерывным надзором, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется электроустановкой? 2. Основные требования безопасности к конструкции электроустановок. 3. Классификация электроустановок. 4. Как выглядит классификация помещений в зависимости от опасности поражения людей электротоком? 5. Какие существуют средства защиты и предохранительные приспособления для защиты персонала от электротравм при работе на ЭУ?

### 3.6.3. Защита от статического электричества

*Статическое электричество* – это совокупность явлений, связанных с возникновением и накоплением электрических зарядов при контакте (трении) двух разнородных материалов, когда хотя бы один из них является диэлектриком или полупроводником. Процесс возникновения и накопления электрических зарядов в веществах называют *электризацией*. Она характерна для многих производственных процессов. Электризация возникает, например, в бункерах, при трении резиновых лент о ролики, проскальзывании приводных ремней относительно шкивов, механической обработке пластмасс, дроблении и грохочении горных пород, транспортировании диэлектрических жидкостей (например, керосина, бензина), истечении струй газов и др.

При высоких напряжениях возникающего электростатического поля может произойти разряд, в результате чего возникает искра, способная вызвать зажигание и взрыв горючих смесей. На людях также могут накапливаться заряды статического электричества. Их разряды при соприкосновении человека с токоведущими частями могут вызвать испуг, а также уколы, толчки или судороги, неопасные для жизни из-за незначительной силы тока, но под их воздействием могут возникнуть произвольные, рефлекторные движения, приводящие в ряде случаев к травматизму - падению с высоты, попаданию в опасную зону, отдергиванию руки, сопровождающемуся ушибом, и т.п. Кроме того, электростатическое поле повышенной напряженности отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной, сердечнососудистой и других систем организма.

Защиту от статического электричества осуществляют преимущественно по двум направлениям: 1) предупреждение возникновения и накопления статических зарядов; 2) устранение уже образовавшихся и накопившихся зарядов.

Первое направление осуществляют за счет подбора слабо- или неэлектризующихся материалов, смешивания материалов, уменьшения силы трения и шероховатости взаимодействующих поверхностей, ограничения скорости переработки и транспортирования материалов, очистки горючих газов и жидкостей от примесей, исключения дробления, распыления и разбрызгивания веществ. Так, не допускается налив жидкостей в резервуары свободно падающей струей: расстояние от конца заливочной трубы до дна сосуда должно быть не более 0,2 м или струю направляют вдоль стенки без разбрызгивания, распыления или быстрого перемешивания.

Устранение зарядов статического электричества достигается чаще всего путем заземления электропроводных частей оборудования и коммуникаций. При этом заземляющее устройство для отвода статического электричества обычно объединяют с защитным заземлением ЭУ. Если заземление предназначено только для защиты от статического электричества, то его сопротивление допускается до 100 Ом. Заземление передвижных объектов (машин) осуществляют посредством колес из электропроводных материалов или с помощью специальных заземляющих устройств (металлических цепочек или ленточек из электропроводной резины). Полы во взрывоопасных помещениях устраивают из бетона или покрывают антистатическим материалом для обеспечения постоянного отвода зарядов в землю. Ускорению снятия зарядов способствует увеличение относительной влажности воздуха и электропроводности материалов с помощью антистатических добавок или присадок. Используют также нейтрализаторы статического электричества, которые увеличивают электропроводность воздуха путем его ионизации. Нейтрализаторы бывают коронного разряда (индукционные и высоковольтные), радиоизотопные, комбинированные и аэродинамические. Для снятия зарядов статического электричества, накапливающихся на людях, устраивают электропроводящие полы или заземленные зоны, помосты и рабочие площадки; заземляют ручки дверей, поручни лестниц, рукоятки приборов, машин и аппаратов; обеспечивают работающих токопроводящей обувью, антистатическими халатами.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что такое статическое электричество? 2. Как осуществляют защиту от статического электричества?

#### **3.6.4. Молниезащита зданий и сооружений**

Молния – электрический разряд длиной в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-либо наземным сооружением. Сила тока молний достигает десятков и сотен тысяч ампер, напряжение до 150 МВ. Температура канала с током может превышать 25000 °С. Длительность молний – от одной десятитысячной секунды до нескольких секунд. Опасное воздействие молнии происходит как от прямого удара молнии, так и в результате вторичных проявлений молнии (в виде электростатической и электромагнитной индукции) и заноса высокого потенциала. Прямым ударам молнии подвержены высокие здания и сооружения, а вторичным проявлениям и заносу потенциала – металлические конструкции, трубопроводы, провода внутри и вне зданий и сооружений,

находящиеся в районе действия молнии. Прямой удар молнии может вызвать пожар, взрыв, разрушение сооружения, а также гибель людей и животных. Вторичные проявления молнии и занос высокого потенциала создают опасность искрения (искрообразования) внутри поражаемого объекта. Все это требует устройства молниезащиты зданий и сооружений. *Молниезащита* представляет собой комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей (сельскохозяйственных животных), предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, пожаров и разрушений, возможных при воздействиях молнии.

По тяжести возможных последствий удара молнией здания и сооружения разделяют на три категории: I, II, III.

К I категории отнесены производственные помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пылей, волокон. Во II категорию попадают производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. К III категории отнесены: 1) объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде; сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости; 2) объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных (большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов); 3) мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции.

Защита от прямых ударов молнии. Средством защиты от прямых ударов молнии служит *молниеотвод* – устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю. Молниеотвод состоит: из опоры, молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии; токоотвода, по которому ток молнии передается в землю; заземлителя, обеспечивающего растекание тока молнии в земле. По типу молниеприемника молниеотводы разделяются: а) на *стержневые* (диверторные, вертикальные) - с вертикальным расположением молниеприемника; б) *тросовые* (антенные, горизонтальные протяженные) - с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах; в) *сетки* (сетчатые), состоящие из продольных и поперечных электродов (молниеприемников), соединенных в местах пересечения и



укладываемых на защищаемое здание. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и установленные на объекте; молниеприемные сетки укладываются на неметаллические кровли защищаемых зданий и сооружений. Однако укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальными крышами, где равновероятно поражение молнией любого ее участка. При больших наклонах крыши наиболее вероятны удары молнии вблизи ее конька, и в этих случаях укладка сетки по всей поверхности кровли приведет к неоправданным затратам металла; более экономична установка стержневых или тросовых молниеприемников, в зону защиты которых входит весь объект.

Зонай защиты молниеотвода называется пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения. Различают 2 зоны защиты: зону защиты типа *A* с надежностью 99,5 % и типа *B* – 95 % и выше. Например, зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте  $h_0 < h$ , а на уровне земли образует круг радиусом  $r_0$ ; для зоны *A*:  $h_0 = 0,85h$ ,  $r_0 = (1,1 - 0,002h)h$ ; для зоны *B*:  $h_0 = 0,92h$ ,  $r_0 = 1,5h$ .

Защита от вторичных проявлений молнии. Электростатическая индукция обуславливает появление электрических зарядов на незаземленных частях какого-либо наземного объекта (например, крыше здания) в момент прохождения над ним грозовой тучи. Защиту от электростатической индукции осуществляют посредством заземления всех протяженных предметов (железной кровли, трубопроводов, арматуры и др.).

Электромагнитная индукция проявляется в случае, когда в защищаемом объекте трубопроводы, кабели и другие металлические конструкции образуют замкнутый контур, который пересекается линиями магнитного поля, возникающего вокруг разрядного тока молнии. В этом контуре возбуждается электрический ток, который может вызвать искровой разряд в местах разрыва или плохого контакта контура. Для защиты от воздействия электромагнитной индукции соединяют металлическими проводниками (перемычками) все протяженные металлические предметы, а затем заземляют их; создают хорошие контакты на фланцах, стыках, муфтах различных трубопроводов, кабельной брони и на других металлических контурах.

Защита от заноса высокого потенциала. Занос высокого потенциала в здания происходит по воздушным проводам: силовым,

осветительным, телефонным и др. Известны случаи заноса потенциала в здания по подземным магистралям и кабелям. Высокие потенциалы на воздушных проводах возникают в результате: прямого удара молнии; перехода молнии на провода с близкорасположенных предметов, пораженных молнией; под действием электростатической индукции. Мерами защиты от заноса высокого потенциала являются: отказ от воздушных кабельных линий; установка токоприемников и аппаратуры снаружи зданий и сооружений; применение кабельных подходов длиной не менее 50 м с заземлением на обоих концах брони и свинцовой оболочки кабеля (на особо пожаро- и взрывоопасных объектах, например на складах ВМ); экранирование молниеотводами воздушных подходов на расстоянии 150 м от объекта.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что представляет собой молниезащита? 2. Что служит средством защиты от прямых ударов молнии? 3. Как различают молниеотводы по типу молниеприемника?

### 3.7. Электромагнитные излучения

На человека могут воздействовать различные виды электромагнитных излучений (ЭМИ): радиоволны, инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое, лазерное, рентгеновское и гамма-излучение. По возможности вызывать биологически важные изменения в живом организме путем ионизации ЭМИ делят на неионизирующие и ионизирующие излучения. К ионизирующим ЭМИ из числа перечисленных относятся рентгеновское и гамма-излучение. Последние, а также видимое излучение рассматриваются ниже отдельно (см. п. 3.8 и 3.9).

Источники ЭМИ могут быть естественные (радиоизлучение галактик и Солнца, электрическое и магнитное поле Земли, атмосферное электричество) и искусственные (радиоэлектронные устройства и средства и их элементы – индукторы, конденсаторы, трансформаторы, антенны и т.д.).

ЭМИ распространяются в пространстве в виде электромагнитных волн (ЭМВ) со скоростью  $c \approx 3 \cdot 10^8$  м/с. Основными параметрами ЭМВ являются длина волны  $\lambda$  (м) и частота колебаний  $f$  (Гц), которые связаны между собой соотношением  $\lambda \cdot f = c$  или  $\lambda = 3 \cdot 10^8 / f$  (м).

Радиоволны представляют собой электромагнитные колебания с частотой  $f = 3 - 3 \cdot 10^{12}$  Гц и соответственно длиной волны  $\lambda = 10^8 -$

$10^{-4}$  м. В этом диапазоне выделяют: низкие частоты НЧ ( $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$  Гц), средние частоты СЧ ( $3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$  Гц), высокие частоты ВЧ ( $3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$  Гц), ультравысокие частоты УВЧ ( $3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^8$  Гц), сверхвысокие частоты СВЧ ( $3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10}$  Гц) и др.

Радиоволны находят широкое применение в промышленности, технике, быту, науке. Так, ЭМВ НЧ используются в большинстве электрических приборов и двигателей переменного тока. ЭМВ ВЧ и УВЧ применяются для термической обработки металлов (плавка, напайка, закалка и др.) и неметаллов (сушка древесины и бетона, сварка и полимеризация пластмасс и др.), в радиовещании, радиосвязи, медицине и др. ЭМВ СВЧ находят применение в радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, радиоскопии, физиотерапии, ядерной физике и т.д.

Распространение ЭМВ связано с образованием электрических и магнитных полей. Электромагнитные поля (ЭМП) радиочастот оказывают вредное влияние на организм. Степень их воздействия на человека зависит от частоты колебаний, напряженности электрического и магнитного полей, интенсивности потока энергии, локализации излучения и индивидуальных особенностей организма. В частности, симптомы облучения наиболее резко проявляются в диапазоне  $10^5 - 10^8$  Гц, а особенно при частоте колебаний  $10^8 - 10^{11}$  Гц (диапазон ВЧ - СВЧ). Под влиянием высокочастотных колебаний в крови, являющейся электролитом, возникают ионные токи, вызывающие нагрев тканей тела человека. При определенной интенсивности излучения, называемой *тепловым порогом*, организм может не справиться с образующимся теплом. Нагрев особенно опасен для органов со слаборазвитой сосудистой системой с неинтенсивным кровообращением (глаза, мозг, желудок и др.). Так, облучение глаз через несколько дней вызывает помутнение хрусталика (катаракту). Кроме теплового воздействия, ЗМИ оказывают неблагоприятное влияние на нервную систему, вызывают нарушение функций сердечнососудистой системы, обмена веществ. Наблюдаются также трофические расстройства: похудение, выпадение волос, ломкость ногтей. Возможны незначительные и нестойкие изменения в составе крови: лейкоцитоз, тромбопения и др.

При гигиеническом нормировании ЭМП используются следующие параметры: для электрического поля токов промышленной частоты (50 Гц) напряжением 400 кВ и выше – напряженность этого поля в кВ/м; для ЭМП частот от 60 кГц до 300 МГц – электрическая составляющая напряженности ЭМП в В/м и магнитная составляющая напряженности ЭМП в А/м; для ЭМП частот от 300 МГц до 300 ГГц –

плотность потока энергии в Вт/м<sup>2</sup>. Нормируемые значения этих параметров ЭМП содержат ГОСТ 12.1.002-84 и ГОСТ 12.1.006-84. Для измерения их применяется различная аппаратура (ИЭМП-2, Г-79, ПЗ-15 и др.).

Основные способы и средства защиты персонала от ЭМП – уменьшение мощности установки, экранирование рабочего места, рациональное размещение оборудования, дистанционное управление установкой; применение средств предупреждающей сигнализации (световой, звуковой и др.); ограничение времени работы; применение СИЗ (спецодежда с металлической нитью, защитные очки).

Инфракрасное (тепловое) излучение (ЭМИ с частотой  $f = 3 \cdot 10^{12} - 4 \cdot 10^{14}$  Гц) генерирует любое нагретое тело: лучистое тепло Солнца, открытое пламя, плавильная печь, электрическая дуга, газосветная лампа, ртутный выпрямитель, расплавленный металл, нагретые поверхности оборудования, ограждений, коммуникаций и т.д. Тепловые лучи поглощаются тканями человеческого тела, вызывая их нагревание. Интенсивное и длительное тепловое облучение может привести к ожогам кожи, перегреву тела, тепловому удару, нарушению деятельности сердечнососудистой и нервной систем. Действуя на глаза, тепловые лучи вызывают помутнение хрусталика, потерю зрения. Тепловая радиация повышает температуру окружающей среды, ухудшает ее микроклимат что приводит к перегреву организма.

Если интенсивность теплового излучения превышает 350 Вт/м<sup>2</sup>, предусматриваются мероприятия по защите от инфракрасных лучей: снижение интенсивности излучения источника, теплоизоляция нагретых поверхностей, защитное экранирование, организация специального режима труда и отдыха, применение защитной одежды и средств защиты лица и глаз.

Видимое (оптическое) излучение (ЭМИ с частотой  $f = (3,94 - 7,7) \cdot 10^{14}$  Гц)) создает естественное и искусственное освещение. Так как освещение оказывает большое влияние на организм человека и результаты его деятельности, то вопросы нормализации светового климата в производственной обстановке рассматриваются ниже отдельно.

Ультрафиолетовое излучение (ЭМИ с частотами от  $7,7 \cdot 10^{14}$  до  $3 \cdot 10^{17}$  Гц) создают космические объекты (Солнце, звезды, туманности и др.) и любая высокотемпературная плазма, порождаемая, например, электрическими искрами и дугами, газовым разрядом, лазерным излучением и др. Ультрафиолетовому облучению могут подвергаться

лица, занятые на электросварочных работах, электроплавке стали или обслуживании ртутно-кварцевых ламп.

Ультрафиолетовые лучи (УФЛ) в умеренных дозах положительно влияют на организм: улучшают обмен веществ, усиливают иммунобиологическую сопротивляемость, стимулируют образование в коже витамина Д, обладают бактерицидным свойством. Поэтому для лиц, работающих в районах Крайнего Севера и в подземных горных выработках, предусматривается профилактическое облучение УФЛ в специальных помещениях – *фотариях*, которые оборудуются в административно-бытовых комбинатах угольных и рудных шахт. УФЛ большой мощности, появляющиеся, например, при сварке, сильной солнечной радиации, могут вызвать дерматит кожи с явлениями отека, жжения, зуда, сопровождающимися иногда повышением температуры тела, головной болью. УФЛ отрицательно воздействуют на нервную систему. Они могут вызвать профессиональное заболевание глаз у электросварщиков – офтальмию.

Для защиты от действия УФЛ большой мощности сварку ведут в кабинах, применяют защитные экраны, ширмы. Из СИЗ используют щитки, шлемы, очки со специальными стеклами (фильтрами), спецодежду. Важную профилактическую роль играет санитарно-просветительная работа, особенно среди подсобных рабочих, которые не всегда пользуются СИЗ глаз и заболевают значительно чаще, чем электросварщики.

Лазерное излучение (ЭМИ с частотами от  $3 \cdot 10^{11}$  до  $1,5 \cdot 10^{15}$  Гц) генерируют оптические квантовые генераторы (ОКГ) - лазеры, получившие а последние годы широкое распространение в различных отраслях народного хозяйства (медицина, военная техника, геология и др.). Лазерное излучение (ЛИ) – это узкий нефокусированный или фокусированный световой поток, сосредоточенный в основном в видимой области длин волн, а также в инфракрасной и ультрафиолетовой. Специфическими свойствами ЛИ являются острая направленность, монохроматичность (одноцветность), большая мощность, достигающая сотен джоулей. Не фокусированный луч имеет ширину 1-2 см, фокусированный – 1-0,01 мм и менее. Фокусирование позволяет сконцентрировать огромную энергию на очень небольшом участке поверхности и достичь температуры в несколько миллионов градусов, поэтому лазеры могут быть использованы для плавки, сварки, резания самых тугоплавких металлов.

Биологическое действие ЛИ возникает вследствие поглощения организмом тепловой энергии лазера, что приводит к ожогам кожи. Особенно сильно влияет ЛИ на глаза. При работе с лазерами большой

мощности возможно повреждение внутренних органов и мозга. ЛИ может вызывать изменения в деятельности сердечнососудистой системы. При работе с ОКГ опасно не только прямое, но и отраженное ЛИ. В механизме биологического воздействия лазерного луча, кроме теплового эффекта, имеет значение и ряд других факторов. При прохождении луча сквозь ткани возникают упругие колебания и своеобразный «взрывной эффект», вызывающий мгновенное превращение твердых и жидких тел в газообразное состояние и резко повышающий давление до десятков и сотен атмосфер. При обслуживании ОКГ, кроме излучений, на работающих может влиять постоянный или импульсный шум интенсивностью до 120 дБ, пониженное содержание кислорода в воздухе или повышенное содержание азота, а также токсические вещества (нитробензол, сероуглерод).

ЛИ нормируется ГОСТ 12.1.040-83, контролируется ГОСТ 12.1.031-81.

Защитные мероприятия включают в себя: экранирование ОКГ; применение телевизионных систем наблюдения за ходом процесса; использование дистанционного управления процессом; сведение к минимуму отражающих поверхностей оборудования и стенок. Работа выполняется при общем ярком освещении. Размещают лазер только в специальном помещении, дверь которого должна иметь блокировку. На входную дверь наносят знак лазерной безопасности. При эксплуатации лазеров должен производиться периодический дозиметрический контроль (не реже одного раза в год). В качестве СИЗ применяют специальные противолазерные очки, специальные фильтры, защищающие глаза оператора, щитки, маски, технологические халаты и перчатки.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Какие бывают виды электромагнитных излучений (ЭМИ)? 2. С чем связано распространение ЭМВ? 3. Как осуществляется нормирование ЭМВ? 4. Защитные мероприятия от различных видов излучений?

### 3.8. Световой климат

*Свет* в физическом отношении рассматривают как *оптическое излучение*, под которым понимают электромагнитное излучение с частотами от  $3 \cdot 10^{11}$  до  $3 \cdot 10^{17}$  Гц. В оптическом излучении выделяется

диапазон воспринимаемого глазом *видимого излучения* с частотами от  $3,94 \cdot 10^{14}$  до  $7,7 \cdot 10^{14}$  Гц (с длинами волн от 400 до 760 нм).

Оптическое излучение, создавая освещение, сильно влияет на организм человека. Рациональная организация освещения, обеспечивая видимость окружающей обстановки, оказывает благоприятное психофизиологическое воздействие, повышает работоспособность и активность человека, улучшает условия зрительной работы, снижает зрительное и общее утомление организма, улучшает самочувствие работающего. Это приводит к росту производительности труда (на 10-15 %) и улучшению качества продукции, а также к повышению безопасности работ и снижению травматизма. Ошибки в проектировании и устройстве осветительных установок и неправильная эксплуатация их в пожаро- и взрывоопасных цехах могут привести к пожарам, взрывам и несчастным случаям. Нерациональное освещение может явиться причиной профессиональных заболеваний глаз (рабочая миопия, спазм аккомодации и др.). При недостатке освещения в подземных выработках у шахтеров может возникнуть профессиональная глазная болезнь – *нистагм* (гр. *nystagma* – сон, дремота). Признаки нистагма – непроизвольные судорожные движения глазного яблока, дрожание головы, ослабление зрения и резкое снижение видимости к заходу солнца. Больному нистагмом кажется прыгающим свет неподвижной лампы, что причиняет ощутимое беспокойство.

Для характеристики освещения рабочих мест внутри и вне помещений используется ряд светотехнических величин; в их числе – сила света, световой поток, освещенность. *Сила света*  $I$  – одна из шести основных величин международной системы СИ. Она характеризует свечение источника видимого излучения в некотором направлении. Единица ее измерения в СИ – кандела (Кд). *Световой поток*  $F$  – произведение силы света  $I$  (Кд) на телесный угол  $\omega$  (в стерadianах - ср), в котором распространяется поток:  $F = I \cdot \omega$ . Единица СИ светового потока – люмен (лм) = Кд \* ср. *Освещенность*  $E$  – отношение светового потока  $F$  к площади  $S$  освещаемой поверхности:  $E = F/S$ . Единица СИ освещенности – люкс (лк) = лм/м<sup>2</sup>. Численное значение  $E$  измеряется в широких пределах в зависимости от источника света, времени суток и года, состояния атмосферы, географической широты местности и т.д. и, например, составляет (в лк): в безлунную ночь – 0,00003, при свете полной луны – 0,2, при солнечном свете зимой – 10000 и летом – 100000.

По источнику излучения светового потока различают естественное, совмещенное и искусственное освещение.

*Естественным освещением* называют освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение, наиболее благоприятное с физиологической точки зрения. Выделяют три вида естественного освещения помещений: боковое – через световые проемы в наружных стенах; *верхнее* – через фонари и световые проемы в покрытии, а также световые проемы в местах перепада высот здания; *комбинированное* – сочетание бокового и верхнего естественного освещения.

*Совмещенное освещение* - освещение, при котором недостаточное по норме естественное освещение дополняется искусственным освещением (естественное и искусственное вместе).

*Искусственное освещение* создается искусственными источниками света и предназначено для освещения рабочих поверхностей при недостаточности естественного освещения и в темное время суток. Искусственное освещение по назначению разделяют на рабочее, дежурное, аварийное, эвакуационное и охранное, а по конструктивному оформлению – на общее и комбинированное.

Для количественной оценки естественного освещения внутри здания служит *коэффициент естественной освещенности* (КЕО), показывающий, во сколько раз освещенность внутри помещения меньше освещенности снаружи; этот показатель выражают в процентах (или долях единицы). Значение КЕО лежит в пределах 0,1-10 %. Нормируемое значение КЕО при естественном и совмещенном освещении приводится в СНиП-23-05-95. Расчет естественного освещения предусматривает определение требуемой площади световых проемов, методика которого изложена в названном СНиПе.

Нормируемой количественной характеристикой искусственного освещения служит *освещенность*, которая согласно СНиП-23-05-95 устанавливается в пределах от 5 до 5000 лк в зависимости от назначения помещения, условий и рода выполняемой людьми работы: 5 лк – освещенность на полу чердака; 5000 лк – освещенность для зрительной работы наивысшей точности, когда приходится различать объекты размером менее 0,15 мм при малом контрасте объекта с темным фоном в условиях комбинированного освещения. Нормы, освещенности, установленные СНиП-23-05-95, имеют межотраслевой характер. На их основе и с учетом особенностей зрительной работы в различных производствах могут разрабатываться отраслевые нормы. Расчет искусственного освещения сводится к определению требуемого количества выбранных ламп. Существует несколько методов расчета



искусственного освещения, которые излагаются в курсах электротехники или светотехники.

Измерение (контроль) освещенности на рабочем месте осуществляют с помощью переносного прибора – люксметра.

Источниками света при искусственном освещении служат лампы накаливания, галогенные и газоразрядные лампы.

В *лампах накаливания* свечение возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высоких температур. Такие лампы удобны в эксплуатации, просты в изготовлении, не требуют дополнительных устройств для включения в сеть, отличаются малым временем разгорания. Однако лампы накаливания имеют существенные недостатки: низкая световая отдача (7-20 лм/Вт); низкий КПД, равный 10-13 %; сравнительно малый срок службы (до 2500 ч). Спектр ламп отличается от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком цветов окружающих предметов, поэтому такие лампы не рекомендуется применять на работах, требующих различения цветов. Наиболее распространенными типами ламп накаливания являются вакуумные (маркируемое обозначение НВ), газонаполненные (НГ) (наполнитель – смесь аргона и азота), биспиральные (НБ), биспиральные с криптоноксеиновым наполнителем (НБК), зеркальные (З) и др.

*Галогенные лампы* накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена (например, йода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую отдачу (до 30 лм/Вт).

*Газоразрядные лампы* излучают свет в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов (например, паров ртути), а также за счет явления люминесценции. Для освещения помещений применяются газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

Люминесцентные лампы в зависимости от состава люминофора, обуславливающего их различную цветность, делят на несколько типов: ЛБ – лампы белого света, ЛД – лампы дневного света, ЛДЦ – лампы дневного света с улучшенной цветопередачей, ЛЕ – лампы естественного солнечного света, ЛТБ – лампы тепло-белого света, ЛХБ – лампы холодно-белого света, ЛХЕ – лампы холодно-естественного света.

Газоразрядные лампы высокого давления бывают дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ), дуговые ртутные с йодидами металлов (ДРИ), дуговые ксеноновые трубчатые (ДКСТ), дуговые натриевые трубчатые (ДНАТ).

Преимуществами газоразрядных ламп перед лампами накаливания являются высокая световая отдача - 40-110 лм/Вт (люминесцентные до 75, ртутные до 60, металло-галогенные до 100, ксеноновые до 40, натриевые до 110 лм/Вт), большой срок службы (до 8000-12000 ч) и возможность получения светового потока практически с любым спектром. К недостаткам относятся: пульсация светового потока, слепящее действие, шум дросселей, возникновение *стробоскопического эффекта* («рябит в глазах») и создается иллюзия движения (вращения) в обратную сторону либо полного отсутствия движения), длительный период разгорания (в некоторых случаях до 10-15 ими), сложность схемы включения, зависимость от температуры внешней среды. В СНиП 23-05-95 газоразрядные лампы приняты в качестве основного источника света. Лампы накаливания используются только в случае не-, возможности или технико-экономической нецелесообразности применения газоразрядных источников света.

Источник искусственного света вместе с осветительной арматурой называют *осветительным прибором*. Он обеспечивает требуемое направление светового потока на рабочие поверхности, защищает глаза от слепящего действия ламп, предохраняет лампы от загрязнения и механических повреждений, а также изолирует их от неблагоприятной внешней среды. Осветительный прибор ближнего действия называется *светильником*, дальнего действия – *прожектором*.

Светильники классифицируют по различным признакам:

- а) по назначению – на приборы общего и местного освещения;
- б) по распределению светового потока в пространстве – на приборы прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света;
- в) по конструктивному исполнению – на открытые, защитные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные и взрывобезопасные.

Эффективность светильников значительно снижается в процессе эксплуатации вследствие загрязнений, старения ламп, падения напряжения. Поэтому светильники необходимо систематически (1 раз в месяц, в 2 или в квартал) очищать от пыли, копоти, грязи. Нужно своевременно заменять перегоревшие лампы.

Прожектор – световой прибор, концентрирующий с помощью оптической системы световой поток лампы в ограниченном телесном угле. По назначению различают прожекторы дальнего света, заливающего света и сигнальные.

Для защиты глаз от слепящей яркости видимого излучения применяют очки. На крупных предприятиях должно выделяться

специальное лицо (инженер или техник), ведающее эксплуатацией освещения.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Назовите основные количественные показатели света. 2. Какие знаете виды освещения? 3. Что называется коэффициентом естественной освещенности? 4. Назовите основные источники света при искусственном освещении? 5. Достоинства и недостатки источников света. 6. Как осуществляется нормирование освещения?

### 3.9. Ионизирующие излучения

#### 3.9.1. Виды и характеристика ионизирующих излучений.

*Ионизирующие излучения* (ИИ) – излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию ионов (электрически заряженных частиц) разных знаков из электрически нейтральных атомов и молекул. Различают естественные источники ИИ – космические лучи и естественно распределенные на Земле радиоактивные вещества, создающие *естественный радиационный фон*, и искусственные источники ИИ – ядерные реакторы, ускорители заряженных частиц, рентгеновские установки, искусственные радиоактивные изотопы и др. ИИ широко применяется в промышленности и сельском хозяйстве, геологии и атомной энергетике, биологии и медицине, горном деле и археологии и т.д.

ИИ делят на корпускулярные и электромагнитные.

К корпускулярным ИИ относятся: *альфа( $\alpha$ )-излучение* – поток ядер атомов гелия; *бета( $\beta$ )-излучение* – поток электронов, иногда позитронов («положительных электронов»); *нейтронное( $n$ ) излучение* – поток нейтронов, возникающий в результате ряда ядерных реакций. Нейтроны, будучи нестабильными, вскоре превращаются в протоны (ядра атома водорода), испуская электроны.

Электромагнитными ИИ являются: *рентгеновское ( $\chi$ ) излучение* – электромагнитные колебания с частотой  $3 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{20}$  Гц, возникающие при резком торможении электронов в веществе; *гамма( $\gamma$ )-излучение* – электромагнитные колебания с частотой  $3 \cdot 10^{20}$  Гц и более, возникающие при изменении энергетического состояния атомного ядра, при ядерных превращениях или аннигиляции («уничтожении») частиц. Видимый свет и ультрафиолетовое излучение, являющиеся электромагнитными излучениями, не относят к ИИ.

Основные характеристики ИИ: энергия ионизирующих частиц, из-; меряемая в электрон-вольтах (эВ) или джоулях (Дж),  $1\text{эВ} = 1,60 \cdot 10^{-19}$  Дж; ионизирующая способность – число пар ионов на единицу длины пробега (пути); проникающая способность или длина пробега ионизирующих частиц.

ИИ действуют разрушительным образом на вещество, поэтому контакт с ними представляет серьезную опасность для человека. Однако при соблюдении определенных технических и организационных требований использование ИИ безопасно.

### 3.9.2. Дозы излучения и единицы их измерения

Количественную оценку действия ИИ в среде производят по значению дозы излучения: экспозиционной, поглощенной и эквивалентной.

*Экспозиционная доза* характеризует ионизирующее действие гамма- и рентгеновского излучения в сухом атмосферном воздухе; ее единица измерения в СИ – кулон/кг (Кл/кг), внесистемная единица – рентген (Р),  $1\text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг. *Поглощенная доза* характеризует количество энергии любого ИИ, поглощенной единицей облучаемой массы и измеряется в СИ в греях (Гр),  $1\text{ Гр} = 1$  Дж/кг; внесистемная единица – рад (рад),  $1\text{ рад} = 0,01$  Гр. *Эквивалентная доза* характеризует количество энергии любого ИИ, поглощенной биологической тканью и измеряется в СИ в зивертах (Зв),  $1\text{ Зв} = 1\text{ Гр}/K$ , где  $K = 1-20$  и более – коэффициенты качества, показывающие, во сколько раз радиационная опасность для данного вида ИИ выше, чем от рентгеновского излучения при одинаковых поглощенных дозах; внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр (бэр)  $1\text{ бэр} = 0,01\text{ Зв}$ .

Доза, отнесенная к единице времени, называется *мощностью дозы*. Различают мощность экспозиционной дозы (единица измерения Кл/(кг·с) = А(ампер)/кг, Р/ч и т.д.); поглощенной дозы (Гр/с, рад/мин и др.) и эквивалентной дозы (Зв/год, бэр/неделя и др.).

### 3.9.3. Биологическое действие ИИ

Биологическое действие ИИ на организм человека характеризуется следующими особенностями. Наши органы чувств не приспособлены к восприятию ИИ, поэтому человек не может обнаружить их наличие и действие на организм. Различные органы и ткани человека имеют неодинаковую чувствительность к действию облучения. Имеется латентный (скрытый) период проявления действия ИИ, характеризующийся тем, что видимое развитие лучевого заболевания проявляется не сразу, а спустя некоторое время (от

нескольких минут до десятков лет в зависимости от дозы облучения, радиочувствительности органа и наблюдаемой функции). Действие даже от малых доз облучения может накапливаться. Суммирование (кумуляция) доз происходит скрытно. Последствия облучения могут проявиться непосредственно у самого облученного (соматические эффекты) или у его потомства (генетические эффекты).

К *соматическим эффектам* относятся: локальные лучевые повреждения (лучевой ожог, катаракта глаз, повреждение половых клеток кратковременное или постоянное и др.); острая лучевая болезнь (при однократном облучении большой дозой за короткий промежуток времени, например при аварии); хроническая лучевая болезнь (при облучении организма в течение продолжительного времени); лейкозы (опухолевые заболевания кроветворной системы); опухоли разных органов и клеток; сокращение продолжительности жизни. *Генетические эффекты* – врожденные уродства – возникают в результате мутаций (наследственных изменений) и других нарушений в половых клеточных структурах, ведающих наследственностью.

При однократном облучении всего тела человека возможны следующие биологические нарушения в зависимости от эквивалентной дозы: 0,25-0,50 Зв – возможны изменения в крови; 0,8-1,2 Зв – начальные признаки лучевой болезни, но смертельный исход отсутствует; 2,7-3,0 Зв – острая лучевая болезнь, смертельный исход возможен в 50 % случаев; 5,5-7,0 Зв – смертельный исход в 100 % случаев. Однако эквивалентная доза 4-7 Зв, полученная человеком в течение всей его жизни, не приводит к видимым изменениям его состояния.

Облучение источниками ИИ может быть внешним и внутренним. Внешнее облучение производится источниками, находящимися вне организма, внутреннее – источниками, попавшими в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожу или ее повреждения. Особенностью внешнего облучения является то, что воздействие происходит только в период работы с источником радиации, а при удалении от него облучение прекращается. При внутреннем облучении действие попавшего в организм радиоактивного вещества становится постоянным и не зависит от того, будет ли продолжаться дальнейшая работа с источником или нет. Организм человека будет подвергаться непрерывному облучению до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено из организма физиологическим путем. Такое облучение очень опасно, так как вызывает долго не заживающие язвы, поражающие различные органы.

### 3.9.4. Нормирование ионизирующих излучений

Допустимые уровни вредного воздействия ИИ регламентируют Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87. Документ устанавливает три категории облучаемых лиц: *категория А* – профессиональные работники, работающие непосредственно с источниками ИИ; *категория Б* – лица, которые не работают непосредственно с источниками ИИ, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться промышленному облучению; *категория В* – остальное население.

Для категорий А и Б облученных лиц Нормами РБ предусмотрены *основные дозовые пределы*, в качестве которых приняты: для категории А – *предельно допустимая доза* (ПДД) облучения за календарный год; для категории Б – *предел дозы* (ПД) за год. Облучение категории В не нормируется.

Дозовые пределы даются для трех групп *критических органа* (органов, облучение которых в данных условиях причиняет наибольший ущерб здоровью): I – все тело, гонады (половые железы) и красный костный мозг; II – те органы, которые не относятся к I и III группам; III – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Основные дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения за календарный год:

Группа критических органов	I	II	III
ПДД для категории А, Зв/год	0,05	0,15	0,3
ПД для категории Б, Зв/год	0,005	0,015	0,03

Естественный радиационный фон на территории нашей страны создает мощность эквивалентной дозы 0,36-1,8 мЗв/год.

### 3.9.5. Измерение ионизирующих излучений

Для обеспечения безопасных условий при работе с источниками ИИ и соблюдения норм радиационной безопасности необходимо постоянно иметь информацию о состоянии радиационной обстановки на рабочем месте. Такую информацию получают с помощью приборов для измерения ИИ. Все они основаны на измерении эффектов, возникающих при взаимодействии излучения с веществом. В основу приборов положены различные методы обнаружения и измерения ИИ: ионизационный, сцинтилляционный, фотолюминесцентный, термолуминесцентный, калориметрический, фотографический, химический и др.

По назначению приборы для измерения ИИ делят: I) на дозиметрические (дозиметры) – для измерения доз ИИ или величин, связанных с дозами; некоторые дозиметры имеют специфические названия - индикаторы, рентгенметры, индивидуальные дозиметры; 2)

радиометрические (радиометры) – для измерения активности РАВ (нуклидов), числа и плотности частиц или квантов ИИ; 3) спектрометры ИИ – для измерения спектра энергетического распределения ионизирующего излучения по одному или нескольким параметрам, характеризующим источники и поля ИИ.

По способу эксплуатации различают приборы стационарные, переносные (можно переносить только в выключенном виде) и носимые.

### 3.9.6. Защита от ионизирующих излучений

Общие правила защиты от ионизирующих излучений. Эквивалентная доза излучения  $D_{\text{экв}}$  (Зв), накапливающаяся в организме человека, прямо пропорциональна активности источника излучения  $A$  (Бк), гамма – постоянной данного изотопа или нуклида  $\Gamma$  ( $\text{аГр} \cdot \text{м}^2/(\text{с} \cdot \text{Бк})$ ), времени  $t$  (с) облучения или работы источника ИИ и обратно пропорциональна квадрату расстояния от него до рабочего места  $r$  (м):  $D_{\text{экв}} = A \cdot \Gamma \cdot t / r^2$ . Следовательно, эквивалентную дозу излучения можно снизить: а) если уменьшить активность источника ИИ («защита количеством»), б) использовать в качестве источника излучения нуклид (изотоп) с меньшей энергией, т.е. уменьшить величину  $\Gamma$  («защита мягкостью излучения»), в) уменьшить время облучения («защита временем») или г) увеличить расстояние от источника излучения («защита расстоянием»).

Если защита количеством, мягкостью излучения, временем или расстоянием невозможна, то используют экраны («защита экранированием»). Экранирование – основное защитное средство, позволяющее снизить ИИ на рабочем месте до любого уровня. В основе защитного экранирования лежит определение необходимой толщины экрана для поглощения излучения. Толщина экрана зависит от плотности его вещества и длины пробега частиц и должна быть не менее этой длины; она определяется по формулам, справочным данным и специальным номограммам.

Защита от внешнего облучения (от источника вне организма) возможна при всех видах ИИ.

*Защита от альфа-излучения.* Энергия альфа-частиц изменяется от 4 до 9 МэВ. Ионизирующая способность их очень высока – несколько десятков тысяч (20000 - 30000) пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность частиц, однако, невелика и составляет в воздухе 2-10 см, в ткани человека - 0,02-0,06 мм. Поэтому для поглощения альфа-частиц достаточен слой воздуха в 8-10 см или более плотного вещества (стекло, фольга и т.п.) – в несколько миллиметров.

Одежда полностью защищает тело от такого облучения. Руки должны быть защищены резиновыми перчатками. Открытые части тела в 10 см от альфа-излучателя гарантированы от поражения альфа-лучами.

*Защита от бета-излучения.* Энергия бета-частиц сравнительно невелика и изменяется от нескольких кэВ до 2-3 МэВ. Ионизирующая способность - несколько десятков (около 50) пар ионов на 1 см пробега. Длина пробега частиц составляет в воздухе до 10-15 м, в биологической ткани - до 10 мм, в металле - до 1 мм. Мягкие бета-частицы с энергией менее 1 МэВ поглощаются стеклом лабораторной посуды. Для задержки жестких бета-частиц требуются защитные экраны из легких материалов - стекла, плексигласа, тонких листов алюминия - толщиной более значения максимального пробега бета-частиц. Бета-излучения оказывают сильное разрушительное действие на слизистую оболочку и роговицу глаз, поэтому глаза работавших в зоне бета-излучения должны быть защищены специальными очками.

*Защита от гамма-излучения.* Гамма-излучения обладают энергией от нескольких кэВ до 3-4 МэВ. Ионизирующая способность - малая несколько пар ионов. Проникающая способность - наибольшая из всех ИИ: гамма-лучи проходя через тело человека, толстые пластины свинца бетонные стены большой толщины. Поэтому для защиты от гамма-излучения определяют толщину экрана, обеспечивающую ослабление интенсивности потока гамма-квантов в любое (необходимое в соответствии санитарными нормами) число раз. Для изготовления защитных экранов, поглощающих гамма-излучение, используют материалы, содержащие элементы с высоким атомным номером и плотностью - свинец, вольфрам и др.; пригодны также сталь, чугун, бетон, баритобетон и др.

*Защита от нейтронов.* Энергия нейтронов изменяется от долей кэВ до 20 МэВ и выше. Проникающая способность нейтронов большая и существенно зависит от их энергии и состава ядер атомов, с которыми они взаимодействуют. Отличительной особенностью нейтронного излучения является способность превращать атомы стабильных элементов в их радиоактивные изотопы, что резко повышает опасность нейтронного облучения. Для защиты от нейтронного излучения (как и от гамма-излучения) используются экраны. От нейтронов с энергией 0,2-20 МэВ (быстрых нейтронов) хорошо защищают водородосодержащие материалы: парафин, вода, пластмассы, бетон и др.

Защита от внутреннего облучения состоит в предотвращении или ограничении (требуемом санитарными нормами) попадания радиоактивного вещества внутрь организма. Наиболее важные защитные меры здесь: поддержание необходимой чистоты воздуха в



помещениях путем эффективной вентиляции их; подавление и улавливание радиоактивной пыли, чтобы исключить накопление радиоактивных веществ на различных плоскостях; соблюдение правил личной гигиены.

Санитарные правила работы с источниками ИИ. В нашей стране разработаны Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП – 72/87), где содержатся требования и нормы радиационной безопасности применительно к конкретным видам работ, проводимых при воздействии ИИ. Они регламентируют размещение учреждений, участков и установок, предназначенных для работы с источниками ИИ; организацию работ; порядок получения, учета, хранения и перевозки источников излучения; правила работы с закрытыми источниками излучения и с радиоактивными веществами в открытом виде; устройство вентиляции, пылегазоочистки, отопления, водоснабжения и канализации; требования к сбору, удалению, обезвреживанию радиоактивных отходов, а также дезактивации помещений и оборудования, меры индивидуальной защиты и личной гигиены; вопросы радиационного контроля.

Работа с закрытыми источниками ИИ. Закрытым» называют *источники* ИИ, устройство которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду. Такие источники создают в основном угрозу внешнего облучения. При использовании их необходимо выполнять следующее: предпочтительно направлять излучения в сторону земли или в сторону, где отсутствуют люди; максимально удалять источники от обслуживающего персонала и других лиц; ограничивать время пребывания людей вблизи источников; применять передвижные ограждения и защитные экраны; вывешивать плакаты, предупреждающие об опасности, отчетливо видимые с расстояния не менее 3 м. Все источники ИИ в нерабочем положении должны находиться в защитных контейнерах. Для извлечения источника из контейнера необходимо пользоваться дистанционным инструментом или манипулятором. В случае применения стационарной установки с мощными источниками должны разрабатываться мероприятия, предусматривающие действия персонала в случае аварии – разгерметизации источника.

Работа с радиоактивными веществами в открытом виде. *Открытыми* называют *источники* ИИ, при использовании которых возможно попадание содержащихся в них радиоактивных веществ в окружающую среду. Радиоактивные вещества по степени радиационной опасности (их минимально значимой активности) разделяются на четыре группы с индексами А, Б, В и Г (в убывающем порядке). В свою

очередь все работы с открытыми источниками делят на три класса: I, II, III. Класс работ устанавливается в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и фактической его активности (в Бк) на рабочем месте. Классом работ определяются требования к размещению и оборудованию помещений, в которых проводятся работы с открытыми источниками. Наиболее сложные требования предъявляются работам I класса, требования к работам II и особенно III классов менее жестки. На дверях помещения, где проводятся работы с открытыми источниками, вывешивается знак радиационной опасности с указанием класса работ.

Комплекс защитных мер при работе с открытыми источниками должен обеспечивать защиту людей от внутреннего и внешнего облучения, предотвращать загрязнение воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов и одежды персонала, а также объектов внешней среды; воздуха, воды, почвы, растительности и др.

К числу основных профилактических мероприятий относятся правильный выбор планировки помещений, оборудования, отделки помещений, технологических режимов, рациональная организация рабочих мест, соблюдение мер личной гигиены работающими, рациональные системы вентиляции, защиты от внешнего и внутреннего облучения, сбора и удаления радиоактивных отходов.

Меры индивидуальной защиты и личной гигиены. К средствам индивидуальной защиты от ИИ относятся:

1) изолирующие пластиковые пневмокостюмы с принудительной подачей воздуха в них;

2) специальная одежда хлопчатобумажная (халаты, комбинезоны, полукombineзоны) и пленочная (халаты, костюмы, фартуки, брюки, нарукавники);

3) респираторы и шланговые противогазы для защиты органов дыхания;

4) специальная обувь (сапоги резиновые, пленочные туфли, парусиновые чехлы на обувь);

5) резиновые перчатки и рукавицы из просвинцованной резины с гибкими нарукавниками для защиты рук;

6) пневмошлемы и шапочки (хлопчатобумажные, из просвинцованной резины) для защиты головы;

7) щитки из оргстекла для защиты лица;

8) очки для защиты глаз: из обычного стекла при альфа- и мягком бета-излучении, из силикатного и органического стекла (плексигласа) при бета-излучении высокой энергии, из свинцового стекла при гамма-излучении, из стекла с боросиликатом кадмия или с фтористыми соединениями при излучении нейтронов.

В помещениях для работ с открытыми источниками ИИ запрещается:

- 1) пребывание сотрудников без необходимых СИЗ;
- 2) хранение пищевых продуктов, табачных изделий, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе;
- 3) прием пищи, курение, пользование косметическими принадлежностями.

Для приема пищи и курения предусматривается специальное помещение, оборудованное умывальником для мытья рук с подводкой горячей воды и установкой радиометрического прибора для самоконтроля и изолированное от помещений, где ведутся работы с открытыми источниками.

Радиационный контроль. В учреждениях, где проводятся работы с применением радиоактивных веществ и других источников ИИ, должен осуществляться *радиационный контроль*, целью которого являются контроль за соблюдением норм радиационной безопасности и санитарных правил работы с такими источниками, а также получение информации о дозе облучения персонала. Контроль осуществляется службой радиационной безопасности учреждения или специально выделенным должностным лицом, а также соответствующими ведомственными службами с применением приборов и методов радиационного контроля и расчетных методов.

В зависимости от характера проводимых работ различают: 1) *дозиметрический контроль* - контроль за мощностью дозы и дозой ИИ на рабочих, местах, за индивидуальными дозами облучения персонала; 2) *радиометрический контроль* – контроль за содержанием радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе рабочих и других помещений учреждений, уровнем загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей и оборудования, кожных покровов и одежды работающих.

Результаты всех видов радиационного контроля должны регистрироваться и храниться в течение 30 лет. При проведении индивидуального контроля необходимо вести учет годовой дозы, а также суммарной дозы за весь период профессиональной работы. Индивидуальную дозу излучения фиксируют в карточке индивидуального учета. Карточку следует хранить в течение 30 лет после увольнения работника.

Защита от радиоактивных излучений в шахтах. В горных породах Земли с самого ее образования присутствуют вещества, обладающие свойством радиоактивности – *радиоактивные вещества* (РАВ). Под радиоактивностью понимают самопроизвольное превращение (распад)

ядер некоторых химических элементов в другие элементы, сопровождающееся альфа( $\alpha$ )-, бета( $\beta$ )- и гамма( $\gamma$ )-излучением (*радиоактивное излучение*). Радиоактивный распад начинается с более тяжелого исходного (материнского) элемента, с превращением его в последующий (дочерний) более легкий и простой элемент, и продолжается до тех пор, пока не образуются стабильные изотопы.

Установлено, что наиболее весомым из всех естественных источников радиации (ионизирующего излучения) является *радон*. Известны три природные формы этого радиоактивного изотопа с абсолютным номером 86: радон-222 (член радиоактивного ряда распада урана-238, период полураспада  $T_{1/2} = 3,825$  суток), радон-220 (член ряда тория-232,  $T_{1/2} = 54,5$  с) и радон-219 (член ряда актино-урана-235,  $T_{1/2} = 3,92$  с). Радон-222 часто называют *истинным радоном* и обозначают символом Rn, радон-220 именуют *тороном* (символ Tn), а радон-219 – *актиноном* (символ An). Природные изотопы радона, представляющие собой *радиоактивные газы*, называют также *эманациями* (лат. emanatio - излучение, истечение): радон – эманация радия, торон – эманация тория, актинон – эманация актиния. Искусственно с помощью ядерных реакций получено свыше 20 изотопов Rn с атомными массами от 201 до 222. Так как период полураспада Rn по сравнению с периодами полураспада Tn и An достаточно велик, то наибольшую опасность для людей представляет Rn. В виду малости вклада Tn и An в суммарную дозу облучения для удобства все три изотопа Rn в дальнейшем будем рассматривать вместе, называя их просто радоном.

При нормальных условиях *радон* - невидимый, не имеющий вкуса цвета и запаха тяжелый газ (в 7,5 раза тяжелее воздуха), не образующий химические соединения с другими элементами. При температуре кипения 61,8 °С радон переходит в жидкость, которая затвердевает при температур -71 °С. Плотность Rn при нормальных условиях равна 9,727 кг/м<sup>3</sup>.

Rn растворяется в воде и других жидкостях. Например, в одном объеме воды при 0 °С растворяется около 0,5 объема Rn. С повышением температуры растворимость Rn в воде снижается. При кипении, перемешивании и барботаже воды Rn полностью из нее удаляется. Шахтная *вода*, содержащая в растворенном виде Rn или другие РАВ, называется *радиоактивной*. Радиоактивные воды весьма опасны в биологическом отношении.

Rn хорошо растворяется в жирах, что обуславливает эффективность поглощения его жировыми тканями человека и

животных. Многие вещества (каучук, целлулоид, воск, парафин, смолы, силикагель, древесный уголь и др.) хорошо сорбируют (поглощают) молекулы радона и могут использоваться в СИЗ и воздухофилтровальных установках.

В воздухе (в том числе в шахтном воздухе) радону всегда сопутствуют дочерние продукты распада (ДПР) – нелетучие радиоактивные элементы (изотопы полония Po-84, висмута Bi-83, и свинца Pb-92); часть из них представляет собой короткоживущие продукты распада (RaA, RaB, RaC, RaC'), а другая часть – долгоживущие продукты распада (RaD, RaE, RaF).

На радон и короткоживущие продукты его распада приходится большая часть энергии альфа-частиц, образующихся при радиоактивном распаде и оказывающих вредные воздействия на человека. Число долгоживущих продуктов распада в воздухе мало и их биологическое воздействие незначительно по сравнению с таким же воздействием Rn и его короткоживущих ДПР.

Rn и ДПР присутствуют в воздухе в виде свободных ионов и атомов, присоединенных к субмикроскопическим частицам (0,1 мкм и менее) пыли или крупным аэрозолям. Пылевые частицы, в состав которых входят радиоактивные изотопы, называются *радиоактивными пылями*. В атмосфере горных выработок образуются также *ядра конденсации*- субмикроскопические пылевые частицы и частицы дыма и тумана, на поверхности которых адсорбированы свободные атомы радона и его ДПР. Радиоактивные пыли и ядра конденсации очень опасны для человека. Проходя по дыхательному тракту и отлагаясь в легочной ткани, или при попадании в органы пищеварения эти частицы длительное время интенсивно облучают близко расположенные биологические ткани  $\alpha$  -,  $\beta$  - частицами или  $\gamma$  - квантами.

В урановых шахтах на долю радона приходится около 5 %, на радиоактивную пыль – около 10 %, на ДПР радона – около 85 % общей биологической вредности.

Биологическое действие радона и его производных обусловлено, главным образом, излучением  $\alpha$  -частиц. В основном радиацией поражаются легкие (рак легких). ДПР радона могут вызвать развитие фиброзных процессов и осложнить пневмокониоз; при этом возникает силикорациационный пневмокониоз.

Поскольку Rn химически инертен и более долговечен по сравнению с To и An, то он способен удаляться (мигрировать) в газовой или растворенной фазе от источника эманации на расстояния, определяемые продолжительностью его жизни (периодом  $T_{1/2}$ ). В

шахтных условиях эти расстояния могут оказаться недопустимо значительными.

Отличительной особенностью радона является то, что он непрерывно образуется (эманация) в урановых и ториевых месторождениях. Между площадью обнажения радиоактивных руд и дебитом радона в выработку шахты (рудника) существует прямая зависимость. Поэтому по мере развития горных работ и увеличения сети выработок возрастает дебит радона. Рудная мелочь и пыль практически полностью отдают находящийся в них радон. Рудничная атмосфера загрязняется также продуктами радиоактивного распада, выделяющимися из шахтных вод.

Следует иметь в виду, что природные изотопы радона высвобождаются из земной коры повсеместно и постепенно поступают на поверхность Земли, в гидросферу и в атмосферу; и, как следствие – в растения, в организмы животных и человека; поэтому при их наличии возникает необходимость выполнения определенных мероприятий радиационной безопасности.

Защитные мероприятия от радиоактивных излучений в шахте включают в себя следующее:

- 1) максимальное сокращение подземных разведочных работ, в зонах рудника с богатыми рудами;
- 2) проходка основных воздухоподающих и откаточных выработок по нерадиоактивным породам;
- 3) применение систем разработки с минимальным объемом подготовительных работ и без магазинирования руды;
- 4) использование способов отработки руды, при которых уменьшается выход ее мелких фракций;
- 5) воздухоизоляция действующих и старых выработок, пройденных по рудному телу, перемычками с нанесением на них слоя битумно-вазелиновой или битумно-латексной эмульсии;
- 6) нанесение противорадонных покрытий на интенсивно эманлирующие участки воздухоподающих выработок;
- 7) сокращение пути движения свежего воздуха до забоев;
- 8) применение высокоэффективных способов борьбы с пылью;
- 9) вывод радиоактивных шахтных вод по трубам и запрещение не пользоваться их для мокрого бурения, орошения и т.д.

Основной способ снижения радиационной опасности в горных выработках – их эффективное проветривание. Общешахтное проветривание осуществляют нагнетательным способом, при котором практически исключаются подсосы радона в действующие выработки из зон обрушения. Нагнетательный способ целесообразен также при

местном проветривания как как в этом случае можно подавать свежий воздух непосредственно к месту работы. Для очистки воздуха, подаваемого в действующие забои вентилятором местного проветривания, применяют фильтрационные установки.

Помимо технологических мероприятий, для предупреждения переоблучения персонала проводится систематический контроль за концентрацией радона, его ДПР и пыли в атмосфере горных выработок. Такой контроль осуществляют работники пылегазодозиметрической лаборатории на шахте.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что называется ионизирующим излучением? 2. Виды ионизирующих излучений. 3. Назовите единицы измерения различных видов излучений. 4. Как ионизирующие излучения влияют на организм человека? 5. Нормирование ионизирующих излучений. 6. Приборы для измерения ионизирующих излучений. 7. Каким образом осуществляется защита от ионизирующих излучений.

### 3.10. Химические опасности

Химические вредные производственные и бытовые факторы, или коротко *химические опасности*, повсеместно окружают человека; они содержатся и в земной коре, но наибольшую угрозу представляют химические вещества искусственного происхождения. Химические опасности условно подразделяют на ряд групп: вредные вещества, ксенобиотики, тяжелые металлы, ядохимикаты, сильнодействующие ядовитые вещества и др.

Вредные вещества. *Вредным* называют *вещество*, которое при контакте с организмом человека (в условиях производства или быта) может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как непосредственно в процессе контакта с веществом, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Вредность веществ относительна. Многие из них человек создал сознательно для каких-то полезных целей.

Более узким понятием, чем «вредное вещество», является понятие «яд». К *ядам* относятся вещества, которые могут вызвать отравление – нарушение жизнедеятельности организма вплоть до летального (от лат. *letalis* – смертельный) исхода. При любом отравлении характер действия яда определяется степенью его физиологической активности – *токсичностью*. Токсичность является предметом токсикологии (от лат. *toxikon* - яд). *Токсикология* – область

медицины, изучающая физические и химические свойства ядов, механизмы их действия на живые организмы, признаки отравления и ведущая поиски средств для их профилактики и лечения, а также форм их полезного использования.

По характеру воздействия на организм химически вредные вещества подразделяют на:

1) *общетоксические* – вызывают отравление всего организма (сероводород, оксид углерода, тетраэтилсвинец и др.);

2) *раздражающие* – вызывают раздражение слизистых оболочек глаз, носа и гортани и действуют на кожу (пары щелочей и кислот, аммиак сернистый ангидрид и др.);

3) *сенсibilизирующие* – действуют как аллергены (ртуть, платина, альдегиды и др.);

4) *канцерогенные* – вызывают раковые заболевания (сажа, продукты перегонки нефти, деготь и др.);

5) *мутагенное* – вызывают нарушения наследственного аппарата человека, отражающиеся на его потомстве (соединения ртути и свинца, оксид этилена, иприт и др.);

6) *влияющие на репродуктивную (детородную) функцию* (бензол, сероуглерод, никотин и др.).

Существуют и другие разновидности классификаций вредных веществ – ядов.

Яды часто избирательно действуют на отдельные органы и системы. Введенные в организм в небольшом количестве некоторые из них служат для лечебных целей, в больших же дозах они всегда действуют отравляюще. Яды, представляющие собой в условиях производства сырье, промежуточные или готовые продукты, называют *профессиональными*.

Действие ядов может быть общим или местным. Общее действие развивается, когда яд всасывается в кровь и разносится по всему организму. При местном действии преобладает повреждение тканей на участке со прикосновения их с ядом: ткань в этом случае раздражается, воспаляется и т.п. Местное действие, как правило, сопровождается общим вследствие частичного всасывания яда в кровь, а также раздражением нервных окончаний.

Отравления протекают в острой и хронической формах. Острые отравления чаще бывают групповыми и возникают при авариях. Они характеризуются воздействием на организм больших концентраций яда за короткий промежуток времени. При остром отравлении обычно выделяют две фазы: первая – неспецифические проявления (головная боль, слабость тошнота и т.д.), вторая – специфические (отек легких, дерматит, ожог и т.п.). Хронические отравления возникают постепенно,



при длительном действии ядов в небольшом количестве. Они развиваются вследствие накопления яда в организме (материальная кумуляция) или накопления вызываемых им изменений (функциональная кумуляция). Яды, кроме отравлений, могут вызывать другие отрицательные последствия: снижение иммунобиологической сопротивляемости организма (невосприимчивость инфекциям и чужеродным веществам), развитие таких болезней, как ката верхних дыхательных путей, ангина, заболевания сердечнососудистой и нервной систем и т.п.

Чаще всего яд поступает в организм через дыхательные пути и кожные покровы, реже – через желудочно-кишечный тракт. В крови и тканях, куда поступают яды, происходят биологические процессы обеззараживания (окисления, восстановления, расщепления и т.п.), что в конечном итоге приводит к возникновению менее ядовитых и активных веществ. Выведение ядов из организма через органы дыхания, пищеварения, почки, кожные покровы, железы – наиболее надежный путь их обеззараживания. Яды имеют избирательные пути выхода из организма.

Яды образуются также при ведении определенных работ. Так, при сварочных и паяльных работах образуются оксид углерода, сероводород, оксиды азота, сернистый газ; все они – сильнейшие яды. При подземной добыче полезных ископаемых ядовитые газы присутствуют в виде примесей в шахтной атмосфере. Они могут выделяться из руд, угля и вмещающих пород (сернистый газ, сероводород, аммиак и др.), из минеральных источников, пересекаемых горными породами. Большое количество ядовитых газов выделяется при ведении взрывных работ (окись углерода, окислы азота, сернистый газ, сероводород, аммиак и др.), при эксплуатации горных машин с двигателями внутреннего сгорания (акролеин, формальдегид и др.), во время рудничных пожаров.

Для вредных веществ установлены *предельно допустимые концентрации* (ПДК), которые при ежедневной работе с ними в течение 8 часов или другой продолжительности (но не более 41 часа в неделю) за все время рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Для вредных веществ, не имеющих утвержденных ПДК, устанавливаются *ориентировочные безопасные уровни воздействия* (ОБУВ), на основании которых впоследствии разрабатываются ПДК.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на 4 класса: 1-й – чрезвычайно опасные, ПДК в воздухе рабочей зоны менее  $0,1 \text{ мг/м}^3$  (мышьяк, озон, тетраэтилсвинец и др.); 2-й – высокоопасные, ПДК  $0,1-1,0 \text{ мг/м}^3$  (акролеин, оксиды азота, хлор и

др.); 3-й – умеренно опасные, ПДК 1,1-10,0 мг/м<sup>3</sup> (сероуглерод, спирт метиловый, фурфурол и др.); 4-й – малоопасные, ПДК более 10,0 мг/м<sup>3</sup> (аммиак, бензин, спирт этиловый и др.).

При установлении класса опасности вредных веществ используются также другие показатели (ГОСТ 12.1.007-76).

Токсическое действие ядов зависит от многих факторов: пола, возраста, индивидуальной чувствительности, физических и химических свойств ядов, факторов внешней среды и др.

Изолированное действие ядов на производстве встречается редко, чаще фазу воздействуют несколько из них. Возможно также комбинированное действие в сочетании с бытовыми ядами: алкоголем, продуктами курения. При этом алкоголь часто не только усугубляет действие производственных ядов, но и сам воздействует на организм и его системы, являясь причиной производственного травматизма.

Различают два вида комбинированного действия ядов: однородное, когда компоненты смеси действуют на одни и те же системы организма, Ц независимые. Когда в воздухе рабочей зоны содержатся несколько вредных веществ однонаправленного действия, необходимо соблюдать условие:  $C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1$ , где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – фактическая концентрация вредного вещества. При независимом действии ядов токсические эффекты не связаны друг с другом. В этом случае ПДК такие же, как и при изолированном действии.

Содержание в воздухе вредных примесей контролируется с помощью различных приборов: химических газоанализаторов типа ГХ для определения концентрации окиси, углерода, сероводорода, сернистого газа, оксидов азота и др.; универсальных газоанализаторов типа УГ – для многих газов и паров жидкости; шахтных интерферометров типа ШИ – для метана; углекислого газа, кислорода; газоанализаторов ГБ-3 для паров бензина; газоанализаторов «Миндаль» – для циановодорода; лабораторных газоанализаторов типа ВГСЧ и др.

Борьба с профессиональными отравлениями предусматривает; устранение яда из технологического процесса или замену его менее токсичным веществом; нейтрализацию ядов; герметизацию оборудования; использование вентиляции; применение СИЗ и др.

*Ксенобиотики.* Вещества и предметы искусственного происхождения, которые вредят естественной среде обитания и человеку, называют *ксенобиотиками* (от греч. *xenos* – чужой, *bios* – жизнь), т.е. чуждыми жизни. Положение, сложившееся в настоящее время с накоплениями ксенобиотиков в природе, определяют как антропогенный экоцид или экологический кризис. Чтобы не усугублять

положение, человечество должно экологизировать производства, технологии и технологические процессы.

Типичными ксенобиотиками являются галогеноводороды, именуемые в технике *хладонами* (или *фреонами*). Хладоны малотоксичны, просты в использовании, имеют исключительно высокую пламяподавляющую способность. Эти жидкости широко применяют в качестве хладогентов для холодильных машин. Однако хладоны разрушают озоновый слой, защищающий поверхность Земли от ультрафиолетовой радиации Солнца, губительной для живых организмов. Озоноразрушающее действие хладонов приводит к образованию так называемых *озоновых дыр*, т.е. снижение концентрации озона, что расценивается как серьезная экологическая опасность. Поэтому в 1987 г. достигнуто международное соглашение об ограничении с 1994 г. и полном прекращении к 2000 г. производства и применения всех озоноразрушающих материалов.

Тяжелые металлы. Однозначного определения термина «тяжелые металлы» нет. Одним из признаков, которые позволяют относить металлы к тяжелым, является их плотность. К тяжелым металлам относят химические элементы с относительной плотностью 6 (иногда с плотностью и:  $5 \text{ г/см}^3$ ). Таких элементов более 40. К наиболее опасным тяжелым металлам относятся: мышьяк (5,73), ванадий (5,87), сурьма (6,68), никель (8,90), медь (8,92), молибден (10,20), свинец (11,30), цинк (7,14), олово (7,28), кадмий (8,64), кобальт (8,90), а также ртуть (13,60).

Среда химических веществ, загрязняющих внешнюю среду (воздух, воду, почву), тяжелые металлы и их соединения образуют значительную группу токсикантов, оказывающих существенное неблагоприятное воздействие на человека. Опасность тяжелых металлов обуславливают их устойчивость во внешней среде, растворимость в воде, сорбция почвой и растениями, что приводит в совокупности к накоплению тяжелых металлов в среде обитания человека. Тяжелые металлы являются фактором, повышающим риск сердечнососудистых заболеваний. Высокая токсичность и опасность для здоровья человека тяжелых металлов, возможность их рассеивания в окружающей среде диктуют необходимость контроля и разработки мер защиты от них.

Ядохимикаты. *Ядохимикатами*, или *пестицидами* (от лат. *pestis* – зараза и *caedo* – убиваю), называются химические средства (препараты), используемые для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней, борьбы с сорняками, уничтожения паразитов домашних животных, а также борьбы с переносчиками опасных заболеваний человека и животных.

Пестициды в зависимости от того, против каких вредных организмов их используют, делят на ряд классов: *арборициды* –

вещества для уничтожения нежелательной древесной или кустарниковой растительности, *бактерициды*, *вирусоциды*, *фунгициды* – средства для борьбы с возбудителями бактериальных, вирусных и грибных болезней растений; *гербициды* – вещества для избирательного уничтожения нежелательной (с точки зрения человека), главным образом, сорной растительности; *зооциды* – яды для уничтожения вредных преимущественно позвоночных животных: грызунов (родентициды), мышей и крыс (ратициды), а также птиц (авициды), сорной рыбы (ихтиоциды) и др.; *инсектициды* – средства, уничтожающие вредных насекомых; и т.д.

В группу пестицидов включают также *аттрактанты* – вещества для привлечения членистоногих с целью последующего их уничтожения или выявления локализации либо начала лета вредителей; *десиканты* – препараты для высушивания растений на корню; *детергенты* – химические соединения, понижающие поверхностное натяжение воды и используемые в качестве моющего средства или эмульгатора; *дефолианты* – вещества для провоцирования искусственного опадания листвы растений (например с целью облегчения мела пикированной уборки хлопка); *протравители семян*; *регуляторы роста* растений (ауксины, гиббереллины, ретарданты); *репелленты* – средства, отпугивающие вредных насекомых, клещей, млекопитающих и птиц; *хемостерилизаторы* – препараты, которые не убивают насекомых, грызунов, клещей, но вызывают у них бесплодие, и др.

Имеются пестициды комплексного действия.

При использовании пестицидов неизбежно их отрицательное влияние на экосистемы и здоровье человека. Отсюда требование – использовать пестициды в минимальных количествах и лишь там, где невозможно обойтись биологическими или другими безвредными средствами.

Аварийно-химически опасные вещества (АХОВ). Специалисты в области военного дела и гражданской обороны выделяют особую группу химических веществ – АХОВ. *Аварийно-химически опасными веществами* называются химически токсичные соединения, предназначенные для применения в народнохозяйственных целях, способные при аварии с их выбросом (утечкой) в окружающую среду вызвать массовое поражение людей животных и растений.

АХОВ могут быть элементами технологического процесса (аммиак, кислота серная и азотная, окись этилена, сероводород, сероуглерод, фосген, фтористый водород, хлор, хлорид фосфора, циановодород и др.) и могут образовываться при пожарах на объектах народного хозяйства (при горении органических веществ – оксид

углерода, диоксид углерода, оксиды азота, при горении неорганических веществ – сернистый газ, оксиды фосфора, магния, алюминия, хлористый водород и др.).

Аварии с истечением (выбросом) АХОВ и заражением окружающей среды возникают на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей; целлюлозно-бумажной, мясомолочной и пищевой промышленности, на водопроводных и очистных сооружениях, а также при транспортировке АХОВ по железной дороге. Непосредственными причинами являются нарушение правил хранения и транспортировки, несоблюдение техники безопасности, выход из строя агрегатов, механизмов, трубопроводов, повреждение емкостей и т.п.

Характеристика часто встречающихся АХОВ и способы защиты от них приводятся в руководствах по гражданской обороне.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Какие вещества называют вредными веществами? 2. Классификация химически вредных веществ по характеру воздействия на организм человека. 3. Что называется ПДК (предельно допустимая концентрация)? 4. Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека. 5. Что называется АХОВ?

### 3.11. Биологические опасности

*Биологическими* (от греч. *bios* – жизнь) называются опасности, происходящие от живых объектов. Носителями, или субстратами, биологически опасностей могут быть элементы среды обитания (воздух, вода, почва растения, животные, люди, оборудование, инструменты, сырье, перерабатываемые материалы и т.п. Биологические опасности могут оказывать на человека различное действие: механическое, химическое, биологическое и др. Следствием биологических опасностей являются заболевания, состояние носительства, интоксикации, сенсibilизации, вызванные микро- и микроорганизмами и продуктами их жизнедеятельности, а также травмы разной тяжести, в том числе смертельные.

*Болезнь* характеризуется нарушением жизнедеятельности организма, взаимосвязи его с окружающей средой и обычно приводит к временному или постоянному снижению или утрате трудоспособности. *Носительство возбудителей заразных болезней* – это сохранение в организме практически здорового человека возбудителей заразных болезней и выделение их в окружающую среду. Носительство может

наблюдаться у переболевших заразной болезнью или здоровых людей, находившихся в контакте с больным. Носительство возбудителей заразных болезней имеет большое эпидемическое значение: не выявленный и неизолированный носитель может быть источником распространения новых заболеваний среди окружающих. Особую опасность оно представляет в коллективах (общежитиях, школах, лагерях и т.д.). *Сенсибилизацией* называется повышенная реактивная чувствительность клеток и тканей к впервые попавшему в организм *аллергену*, т.е. веществу, вызывающему аллергию. *Аллергия* (от греч. allos – другой, ergon – действие) – необычная, ненормальная реакция (чувствительность) организма на чуждые ему вещества (химикаты, лекарства, микробов и продукты их жизнедеятельности, пищевые продукты и др.), выражающаяся различными болезненными состояниями.

Все объекты живого мира условно делят на 4 группы: царство дробянок (включает бактерии и сине-зеленые водоросли), царство грибов (низшие и высшие грибы), царство растений (низшие растения, или водоросли, и высшие растения, в том числе споровые и семенные) и царство животных (простейшие и многоклеточные животные).

Исходя из принципа целесообразности, господствующего в природе, можно утверждать, что все живые существа выполняют определенную предназначенную им роль. Но по отношению к человеку некоторые из них являются опасными.

Знание биологических опасностей – одно из условий успешной защиты человека от них. Чтобы понять сущность и характер биологических опасностей, необходимо рассмотреть подробнее каждое царство живых организмов.

Мир микроорганизмов. *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, актиномцеты, 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 форму правильных шариков, называются *кокками*, если же они располагают попарно, – *диплококками*. Если кокки образуют цепочки, их называют *стрептококками*. Скопления клеток в виде грозди винограда характера для *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, как вирусы). Возбуждают у человека риккетсиозы – сыпной тиф, Ку-лихорадку, 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 грибы, - 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 растительных остатках. Патогенные, формы актиномицетов вызывают актиномикоз, дифтерию и др.

*Микроскопические грибы* по сравнению с бактериями имеют большие размеры клеток и более сложное строение. Большинство микроскопических грибов 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 грибы разделяют на три большие группы: плесневые, дрожжевые (и дрожжеподобные) и дерматомицеты.

Плесневые грибы 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 грибы широко используются в промышленности: пищевой (например, изготовление сыров рокфор и каммамбер) и медицинской (производство пенициллина и др.). Некоторые из плесневых грибов вызывают различные болезни растений, насекомых, птиц, животных. У людей могут развиваться грибковые заболевания различных органов – плесневые микозы. Некоторые плесневые грибы способны выделять ядовитые вещества – митотоксины и вызывать у человека заболевания, называемые митотоксикозами.

Истинные дрожжевые грибы (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 грибов 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 кандиды. 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, лейшманиозы, 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).

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 вежа 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. Всего существует около 5000 видов ядовитых животных; в бывшем СССР – около 1500 видов. 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, сенсibilизации и травм, вызванных микро- и макроорганизмами.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Что представляют собой биологические опасности? 2. Нормирование бактериологических загрязнений.

### 3.12. Психологические опасности

*Психологическими опасностями* в данном пособии именуется группа психофизических опасных и вредных производственных факторов, которая входит в качестве таксономического члена в классификацию опасных и вредных производственных факторов, принятую стандартом ССБТ (ГОСТ 12.0.003-74).

Группу психологических опасностей по характеру действия можно разделить на следующие подгруппы:

1) физические перегрузки (статические и динамические) опорно-двигательного аппарата: подъем и перенос тяжестей, неудобное положение тела, длительное давление на кожу, суставы, мышцы и кости – характерны для немеханизированного труда (погрузочно-разгрузочные, ремонтные работы, труд горняков, лесорубов, работа на швейных машинах и др.);

2) физиологическая недостаточная двигательная активность; (гипокинезия, гиподинамия) – характерна для большинства видов умственного труда (работа ученых, педагогов, бухгалтеров и др.);

3) физиологическая перегрузка органов кровообращения, дыхания, голосовых связок – характерна для тяжелых работ в разных отраслях промышленности, для работы музыкантов, играющих на духовых инструментах, певцов, стеклодувов и др.;

4) нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда (монотония) - характерны для труда операторов, водителей, для конвейерного труда и др.

Приведенный перечень психологических опасностей очевидно не охватывает всего их разнообразия. Поэтому, его можно дополнять другими потенциально возможными психологическими опасностями, например, такими, как алкоголь, наркотики, психофизиологическая несовместимость, рабочая поза, сонливость, социальный Климат, стрессы, табак, утомление и др.

Мировая статистика свидетельствует, что главной причиной несчастных случаев, травм, аварий, гибели людей является сам человек – психологический фактор. Поэтому психологическим опасностям необходимо уделять должное внимание при разработке систем обеспечения безопасности труда.

**Вопросы для самопроверки.** 1. *Что называется психологическими опасностями?*

### 3.13. Экологические опасности

#### 3.13.1. Общие положения

Жизнедеятельность человека осуществляется в системе "человек - окружающая природная среда". Элемент этой системы – окружающая природная среда – определяется как естественная среда обитания и деятельности человека и других живых организмов, включающая литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу и околоземное космическое пространство. По определению В.И. Вернадского, *биосфера* (от греч. *bios* - жизнь и *sphaira* - шар) есть наружная оболочка Земли, область распространения жизни. Она включает три геосферы, с которыми взаимодействуют живые организмы: нижнюю часть атмосферы до озонового слоя (25-30 км), практически всю гидросферу и литосферу (до глубины 3 км); толщина биосферы 40-50 км. В нее входят все живые организмы и элементы неживой природы, образующие среду обитания живых существ.

С первых шагов своего развития человек непрерывно связан с природной средой. Именно здесь он столкнулся с первыми опасностями естественного происхождения. Затем в результате деятельности человека природа стала испытывать антропогенные, т.е. созданные человеком воздействия, которые обернулись отрицательной стороной против своего творца. Таким образом, в окружающей природной среде нашего времени действует комплекс опасностей естественного и искусственного происхождения.

Ущерб, наносимый природе, и в том числе человеку, этими опасностями характеризуется следующим: загрязняется атмосфера, миллионы людей вынуждены дышать отравленным воздухом; растет количество «парниковых газов» (углекислого газа и аэрозолей) в атмосфере, обуславливающих глобальное потепление климата на Земле; истощается озоновый слой атмосферы, защищающий поверхность Земли от ультрафиолетовой радиации Солнца, губительной для живых организмов; лесные биоценозы (сообщества) гибнут от кислотных дождей; сжигаются во все возрастающих количествах каменный уголь, нефть, газ и другие виды топлива; растет шумовое загрязнение воздушной среды за счет употребления звуков и шумов большой мощности; почву и сельскохозяйственные угодья губят ядохимикаты; теряются пахотные земли из-за эрозии и засоления почв, ведения горных работ, строительства населенных пунктов, предприятий и транспортных магистралей; вырубается леса, вследствие чего расширяется зона пустынь; загрязняются реки, озера, водохранилища и моря; мелеют реки; происходит тепловое засорение водоемов за счет

сброса в них электростанциями и предприятиями подогретой воды; ежегодно выбрасываются в окружающие среды миллионы тонн твердых, жидких и газообразных отходов; широкое применение получают радиоактивные элементы; расширяется использование искусственных электромагнитных излучений: исчезают многие виды живых организмов; охотниками истребляются крупные млекопитающие; в ряде стран ухудшается здоровье населения, сокращается продолжительность жизни людей.

Вызванные деятельностью человека изменения природной среды могут иметь опасные, и даже трагические последствия для живущих и будущих поколений людей. Чтобы этого не произошло, надо знать, как устроена и как функционирует окружающая человека природа, как взаимодействует с человеческим обществом, какие нагрузки допустимы на природные системы. Эти вопросы образуют предмет экологии.

*Экология* (от греч. oikos – дом, жилище, местопребывание и logos – слово, учение; буквально наука о местопребывании) – это наука, изучающая взаимоотношения организмов и их сообществ с окружающей природной средой. Приоритетной задачей экологии является обеспечение *экологической безопасности*. Под этим термином понимают совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно не приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде, отдельным людям и человечеству.

Термину экологическая безопасность противоположен по смыслу термин экологическая опасность. В общем случае все виды опасностей можно рассматривать как возможность (результат) действия экологических факторов, т.е. условий среды, оказывающих влияние (положительное или отрицательное) на существование и географическое распространение живых существ. При таком понимании все опасности являются экологическими. В данном пособии *экологические* опасностям понимаются в узком смысле как опасность для жизни и трудовой деятельности человека, угрожающие ему как непосредственную, так и косвенно» опосредованно, через изменение окружающей природной среды. Источником экологических опасностей являются техника и технологии, развитые без должного учета их воздействия на биоту (живые существа, объединенные общей областью распространения), биосферу и окружающую природную среду в целом.

По происхождению экологические опасности можно разделить на природные (естественные), возникающие как результат стихийных явлений, и антропогенные, являющиеся следствием хозяйственной деятельности человека, применяемых им технологий. Реальная жизнь показывает, что развиваемые до последнего времени технологии

связаны с превращением ресурсов в отходы производства, с *загрязнением* окружающей среды. Если очистительная способность окружающей природной среды недостаточна для нейтрализации загрязнений, то они неблагоприятно действуют на здоровье людей, технологические процессы и на возобновимые природные ресурсы. При этом невозобновимые ресурсы растрачиваются нерационально и в конечном итоге истощаются. Возникают две экологические проблемы: где взять ресурсы и куда деть отходы.

История развития цивилизации свидетельствует, что природные и антропогенные экологические опасности были в прошлом, являются в наше время и могут стать в будущем причинами экологических неблагополучий – локальных и глобальных экологических кризисов и катастроф. Эти понятия различаются следующим. *Экологические кризисы* характеризуются устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляют угрозу для здоровья населения. Для *экологической катастрофы* характерны глубокие необратимые изменения окружающей среды и существенное ухудшение здоровья населения.

### **3.13.2. Естественные факторы, воздействующие на биосферу**

К природным экологическим опасностям относятся геомагнитное поле Земли, космические излучения, невесомость, естественная радиация, стихийные явления.

Земля подобна огромному магниту. Магнитные силовые линии образуют вокруг земного шара магнитосферу, которая защищает нас от солнечного ветра. При высокой солнечной активности к Земле подходят высокоэнергетические частицы солнечной плазмы. Они вызывают магнитные бури, нарушающие стройную структуру магнитосферы. Известно, что в периоды магнитных бурь ухудшается состояние больных, растет количество сердечнососудистых заболеваний. Геомагнитное и геоэлектрическое поля могут влиять на показания приборов и приводить к авариям самолетов.

Из космоса к нам приходят космические лучи в виде корпускулярной и электромагнитной компонент. В биосфере интенсивность космических лучей мала, хотя влияние их на обитателей Земли общепризнанно. Основную опасность они представляют для космических полетов.

Жизнь на Земле возникла и происходит в условиях постоянного действия силы тяжести. Поэтому есть основания ожидать, что в состоянии невесомости возможны функциональные и морфологические перестройки живых организмов. Эксперименты в космосе это подтвердили. В настоящее время накоплен обширный материал по

адаптации организмов к состоянию невесомости и реадаптации их к земным условиям.

Ныне существующая биота адаптирована к естественному радиационному фону, образуемому космическими лучами и излучением природных радиоактивных веществ. В разных частях биосферы естественное фоновое излучение может различаться в 3-4 раза. Радиоактивность растений и животных также колеблется в широких пределах и обуславливается многими факторами.

Опасные природные процессы: землетрясения, ураганы, развитие пустынь и т.д. - приурочены к определенным зонам Земли. Однако временные координаты этих явлений трудно предсказуемы. Стихийные явления наносят значительный ущерб мировой экономике и вызывают гибель сотен тысяч людей.

### **3.13.3. Антропогенные воздействия на биосферу**

*Загрязнение атмосферы.* Атмосферу загрязняют две группы веществ: газы (90 % от общей массы загрязнений) и твердые частицы: пыль, копоть, сажа (10 %). Определяющую роль в загрязнении атмосферы играет сжигание топлива: угля, нефти, газа и др. Существуют два главных источника загрязнения атмосферы: природные и антропогенные. Природные (естественные) источники - это вулканы, пыльные бури, лесные пожары, процессы разложения растений и животных и др. К антропогенным источникам загрязнения атмосферы относятся теплостанции (выбрасывают сернистый и углекислый газ), металлургические предприятия (выбрасывают окислы азота, сероводород, сероуглерод, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, ртуть, мышьяк), транспорт, химические, цементные заводы и другие промышленные предприятия. Атмосферные загрязнители разделяют на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения последних. Так, поступающий в атмосферу сернистый газ окисляется до серного ангидрида, который взаимодействует с водяным паром и образует капельки серной кислоты. Возникающие таким образом кислотные дожди наносят огромный вред растительному миру.

Для уменьшения загрязненности воздуха промышленными выбросами применяют различные методы его очистки: химические методы – улавливание вредных газов путем абсорбции их жидкостями, адсорбции твердыми веществами, каталитического превращения примесей или дожигания их в топках; физические методы – отделение твердых частиц и жидких примесей от газовой фазы с помощью различных устройств, работающих по принципам инерционной сепарации, фильтрации через пористые материалы, мокрой очистки,



электростатического осаждения пыли и др. Для рассеивания вредных веществ в атмосфере и снижения их содержания до уровня ПДК применяют высокие трубы (до 300 м). Однако применение таких труб не сокращает количества вредных выбросов. В целях санитарной охраны атмосферного воздуха устраивают санитарно-защитные зоны шириной от 50 до 1000 м в зависимости от характера производства, отделяющие жилую застройку от предприятий. Решается проблема защиты воздуха от выхлопных газов автомобилей и реактивных самолетов.

Загрязнение гидросферы различают химическое, физическое и биологическое.

Химическое загрязнение обуславливается увеличением в воде неорганических и органических вредных примесей (тяжелые металлы, минеральные соли, пестициды, кислоты, щелочи, глинистые частицы, нефть и т.п.).

Физическое загрязнение связано с изменением физических параметров водной среды и определяется тепловыми, механическими, радиоактивными примесями.

Биологическое загрязнение заключается в изменении свойств водной среды в результате увеличения в ней количества микроорганизмов, растений и животных, привнесенных извне.

Наиболее эффективной защитой вод от загрязнения считается применение технологии, позволяющих многократно использовать техническую воду. Но это – перспектива. В настоящее время система защиты водной среды включает следующие элементы: контроль за уровнем содержания вредных примесей; очистку сточных вод от нежелательных примесей (методами механической, химической, биологической очистки, дезинфекции); сокращение сброса в водную среду вредных примесей вплоть до перехода на безотходное производство.

Безотходные технологии – самое радикальное решение проблем охраны вод от загрязнений. Под безотходными технологиями понимается комплекс мероприятий, сокращающих до минимума количество вредных примесей в сточных водах. Безотходные технологии развиваются в нескольких направлениях:

- 1) создание бессточных технологических систем и водооборотных циклов;
- 2) разработка и внедрение систем утилизации отходов производства и потребление их как вторичные материальные ресурсы, что исключает их попадание в водную среду;
- 3) создание принципиально новых процессов получения традиционных видов продукции.

Загрязнение почвы. Почвы на Земле угрожающими темпами загрязняются промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами. Основными загрязнителями почвы являются: металлы (ртуть, свинец, медь, железо, цинк, алюминий, кадмий и др.) и их соединения; радиоактивные элементы, накапливающиеся в почве при удалении жидких и твердых отходов промышленных предприятий и АЭС или в результате выпадения осадков от атомных взрывов; удобрения и ядохимикаты (пестициды), применяемые в сельском хозяйстве и др. Доказано, что эти вещества токсичны, способны накапливаться в растениях, насекомых, рыбах, птицах, продуктах животноводства, а также в организме людей, а поэтому они опасны для человека.

Сохранению почв и предупреждению их деградации способствуют многие мероприятия: строгое наблюдение правил агротехники; разработка более совершенной сельскохозяйственной техники, не нарушающей почвенную структуру; повышение эрозийной устойчивости почв; использование нехимических (агротехнических, биологических, генетических, механических) методов защиты растений и способов борьбы с сельскохозяйственными вредителями; разработка и внедрение способов мусороудаления твердых бытовых отходов в городах; ликвидация последствий геологоразведочных и горных работ на земной поверхности и рекультивация сельскохозяйственных и лесных угодий.

Радиоактивное заражение среды происходит при эксплуатации атомных электростанций и объектов атомной промышленности, применении ядерных установок на ледоколах и подводных лодках, использовании радиоактивных препаратов и изотопов в медицине и биологии и др. Радиоактивное заражение атмосферы связано также с испытаниями атомного оружия. Радиоактивному заражению подвергаются все живые существа.

Если человек оказывается в условиях повышенного радиационного фона, то он обязан строго соблюдать правила радиационной безопасности и личной гигиены. Главную опасность для людей на местности, загрязненной радиоактивными веществами (РАВ), представляет внутреннее облучение. Поэтому необходимо защитить от РАИ органы дыхания, кожные покровы, источники воды и продукты питания и т. д. При нахождении в опасной зоне должны неукоснительно выполняться правила (режимы) по ведению людей на загрязненной территории.

В настоящее время решается проблема удаления и захоронения радиоактивных отходов.

Тепловое загрязнение среды. Деятельность человека связана со сжиганием огромного количества угля, нефти, газа, дров и других видов

топлива, что сопровождается выделением в атмосферу тепла. Под влиянием теплового загрязнения сокращается площадь снежно-ледового покрова планеты, поднялась средняя температура земной поверхности. Тепловое загрязнение наблюдается и в гидросфере. Электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоем. Это приводит к повышению в нем температуры воды. С повышением температуры в водоеме уменьшается количество кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие. В загрязненной воде с повышением температуры начинают бурно размножаться болезнетворные микроорганизмы и вирусы. Попадая в питьевую воду, они могут вызывать вспышки различных заболеваний.

Шумовое загрязнение среды. Шум – это одна из форм физического загрязнения окружающей среды, адаптация организмов к которому практически невозможна. Защита от шума осуществляется несколькими путями: снижением шума в источнике; созданием шумозащитных экранов в виде зданий, обеспечивающих акустическую тень внутри микрорайонов; применением растений в виде живых изгородей и др.

Искусственные электромагнитные излучения. Научно-технический прогресс привел к тому, что электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые человеком, во много раз выше среднего уровня естественных полей. Радио и телепередающая аппаратура, ЛЭП и другие устройства создают ЭМП, оказывающие влияние на объекты биосферы. ЭМП нарушают физиологические функции. Особенно опасны воздействия ЭМП на эмбрион. При многократном воздействии ЭМП нарушения в организме кумулируются.

Защита от ЭМП состоит в обеспечении предельно допустимых уровней, создании санитарно-защитных зон вокруг радиостанций, телецентров, ретрансляторов.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Как обеспечивается экологическая безопасность? 2. Классификация экологических опасностей по происхождению. 3. Основные причины загрязнения атмосферы.

### 3.14. Социальные опасности

Исторически сложившиеся формы совместной деятельности людей, характеризующиеся определенным типом отношений между людьми, образуют общество, или социум. *Социум* – это особая система,

некоторый организм, развивающийся по своим специфическим законам, характеризующимся чрезвычайной сложностью. В социуме взаимодействует огромное количество людей. Результатом этих взаимосвязей является особая обстановка, создающаяся в отдельных социальных группах, которая может влиять на других людей, не входящих в эти группы.

Процессы, происходящие в обществе в целом и в отдельных общественных группах, изучает *социология*. Закономерности поведения и деятельности людей, обусловленные их принадлежностью к социальным группам, а также психологические характеристики этих групп исследует *социальная психология*. Влияние социальных факторов на состояние здоровья общества изучает социальная гигиена.

Социальные опасности. *Социальными* называют *опасности*, получившие широкое распространение в обществе и угрожающие жизни и здоровью людей. Носителями социальных опасностей являются люди, образующие определенные социальные группы. Особенность социальных опасностей состоит в том, что они угрожают большому числу людей. Распространение социальных опасностей обусловлено поведением и особенностями людей отдельных социальных групп.

Классификация социальных опасностей. Социальные опасности весьма многочисленны и могут быть классифицированы по различным признакам.

По природе опасностей выделяют социальные опасности, связанные: а) с психическим воздействием на человека (воровство, мошенничество, шантаж и др.); б) употреблением веществ, разрушающих организм человека (алкоголизм, курение, наркомания); в) физическим насилием (бандитизм, заложничество, изнасилование, разбой); г) болезнями (венерические заболевания, СПИД и др.); д) самоубийствами, или суицидами.

По масштабам распространения социальные опасности разделяют на локальные, региональные, глобальные.

По половозрастному признаку различают социальные опасности, характерные для детей, молодежи, женщин и мужчин, пожилых людей.

По организации социальные опасности могут быть случайными и преднамеренными.

Причины социальных опасностей. Социальные опасности порождаются социально-экономическими процессами, протекающими в обществе. Следует отметить противоречивый характер причин, следствием которых являются социальные опасности. Несовершенство человеческой природы – главная предпосылка появления социальных опасностей. Наличие адекватной правовой системы может стать основным условием предупреждения и защиты от социальных

опасностей. Распространению социальных опасностей способствует интенсивное развитие международных связей, туризма, спорта.

Виды социальных опасностей. Социальные опасности разнообразны. Многие виды социальных опасностей могут обуславливать преступления – общественно опасные деяния, предусмотренные Уголовным кодексом Российской Федерации (УК РФ).

К социальным опасностям, вызывающим преступления против личности, относятся: суицид (статья ПО УК РФ), венерические болезни (ст. 121), ВИЧ-инфекция или СПВД (ст. 122), изнасилование (ст. 131).

*Суицид*, или самоубийство, – намеренное лишение себя жизни, отличающееся тем, что смерть в данном случае является делом рук самого пострадавшего и представляет насильственный акт. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в мире ежегодно совершается более 500 тысяч самоубийств и примерно 7 млн. их попыток. В России в 70-80-х годах отмечалось 23-29 случаев самоубийств на 100000 населения, в 1990 г. - 43,9; в 1995 г. - 77,3. Покушений на самоубийство больше у женщин (в 8-10 раз), а завершенных суицидов – у мужчин (в 4 раза). В настоящее время наблюдается рост самоубийств среди детей и подростков.

Намерение лишить себя жизни появляется у человека тогда, когда он не может разрешить возникший психологический или социальный конфликт обычными способами, осознает и ощущает его как неразрешимый. Причин самоубийств много. Это - болезнь, предательство! любовные отношения, проблема отцов и детей, религиозное влияние, тяжелые условия жизни и т.п. Профилактика суицидов заключается в психологических, педагогических и социальных мероприятиях, направленных на восстановление утраченного психологического и физиологического равновесия человека. Кроме того, требуется соответствующая подготовка человека, позволяющая адекватно действовать в критических ситуациях. Доведение людей до самоубийства путем угроз, жестокого обращения или систематического унижения человеческого достоинства наказывается лишением свободы на срок до 3 лет.

*Венерические болезни* (от лат. Venus (Veneris) – Венера, богиня любви) – группа инфекционных заболеваний, передающихся главным образом половым путем: сифилис, гонорея, паховой лимфогранулематоз и венерическая гранулема. Венерические болезни известны с глубокой древности (2500 лет до н.э.) и долго рассматривались как одно заболевание. После открытия возбудителей венерических болезней отдельные их виды были выделены в самостоятельные болезни. Венерические болезни в Европе получили распространение в конце XV

века, чему способствовали колониальные войны, погоня за новыми рынками сбыта, развитие городов, и растущая в них проституция.

Распространению венерических болезней способствуют случайные половые связи. Социальная опасность венерических болезней определяется их широким распространением, тяжелыми последствиями для здоровья самих заболевших и опасностью для общества. Венерические болезни при неправильном лечении принимают длительное течение, обуславливают продолжительную потерю трудоспособности, а иногда и инвалидность. Гонорея может служить причиной многих женских болезней, мужского и женского бесплодия; не леченный или не долеченный сифилис передается потомству, вызывая врожденные уродства, слепоту, глухоту. Сифилис может распространяться и бытовым путем.

Современные средства и методы позволяют полностью излечивать венерические болезни при своевременном обращении за врачебной помощью и аккуратности лечения. По уголовному праву установлена уголовная ответственность за заражение другого лица (лиц) венерической болезнью лицом, знавшим о наличии у него этой болезни (наказывается лишением свободы до 2 лет).

*СПИД* (сокращение от «синдром приобретенного иммунодефицита») – вирусное заболевание человека, при котором в результате поражения лимфатической системы резко ослабляются или выключаются, защитные, силы организма. Первое сообщение об этой новой, прежде неведомой болезни появилось в американском журнале «Еженедельный вестник заболеваемости и смерти» в 1982 г. А теперь уже зараженные, больные и умершие, от СПИДа есть во многих странах. Прогнозируют, что в ближайшие годы миллионы мужчин, женщин и детей будут инфицированы *вирусом иммунодефицита человека* – ВИЧ, вызывающим СПИД. Вирус СПИДа наиболее успешно распространяется там, где царят нужда, разврат, проституция, парамедицина. Многие специалисты считают, что лечить СПИД мы еще долго не сможем. Самый эффективный путь борьбы со СПИДом, если не единственный, – это обучение, информация. Заражение ВИЧ-инфекцией наказывается лишением свободы на срок до 1 -8 лет.

*Изнасилование* – половое сношение с применением физического насилия, с угрозой его применения или с использованием беспомощного состояния пострадавшей. Изнасилование по уголовному праву сурово наказывается: лишением свободы на срок от 3 до 15 лет.

Социальными опасностями, обуславливающими преступления в сфере экономики, являются: кража (ст. 158), мошенничество (ст. 159), грабеж (ст. 161), разбой (ст. 162), вымогательство (ст. 163).

*Кража*, или *воровство*, – тайное хищение (изъятие) чужого имущества, совершенное с корыстной целью. Тайный способ изъятия имущества, предполагающий наличие у преступника уверенности, что он действует незаметно для потерпевшего и других лиц, отличает кражу от грабежа и разбоя. Наказывается лишением свободы на срок до 3-10 лет.

*Грабеж* – открытое хищение чужого имущества. Может наказываться лишением свободы на срок до 12 лет.

*Разбой* – нападение в целях хищения чужого имущества, совершенное с применением насилия, опасного для жизни или здоровья, либо с угрозой применения такого насилия. Может наказываться лишением свободы на срок от 3 до 5 лет.

*Вымогательство*, или *шантаж*, – требование передачи чужого имущества или права на имущество или совершения других действий имущественного характера под угрозой применения насилия, либо уничтожения или повреждения чужого имущества, а равно под угрозой распространения сведений, позорящих потерпевшего или его близких, либо иных сведений, которые могут причинить существенный вред правам или законным интересам потерпевшего или его близких. Наказывается лишением свободы на срок от 3 до 15 лет.

Социальными опасностями, ведущими к преступлениям против общественной безопасности и общественного порядка, являются терроризм (ст. 205), заложничество (ст. 206), бандитизм (ст. 209), хулиганство (ст. 213), вандализм (ст. 214), использование наркотических и психотропных веществ (ст. 228-233), а также алкоголизм и курение, в настоящее время уголовно не наказуемые.

*Терроризм* – совершение взрыва, поджога или иных действий, создающих опасность гибели людей, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных общественно опасных последствий, если эти действия совершены в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения либо оказания воздействия на принятие решений органами власти, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях. Наказывается лишением свободы на срок от 5 до 20 лет.

*Заложничество* – преступление, заключающееся в захвате или удержании лица в качестве заложника в целях понуждения государства, организации или гражданина совершить какое-либо действие или воздержаться от него как условия освобождения заложника. Наказывается лишением свободы на срок от 5 до 20 лет.

*Бандитизм* – преступление, заключающееся в создании устойчивой вооруженной группы (банды) в целях нападения на граждан или организации, равно в руководстве бандой, а также в участии в банде

и совершаемых ею нападениях. Наказывается лишением свободы на срок от 8 до 20 лет.

*Хулиганство* – грубое нарушение общественного порядка, выражающее явное неуважение к обществу, сопровождающееся применением насилия к гражданам, либо угрозой его применения, а равно уничтожением или повреждением чужого имущества. Наказывается лишением свободы на срок до 2-7 лет.

*Вандализм* - осквернение зданий или иных сооружений, порча имущества на общественном транспорте или в иных общественных местах. Наказывается арестом на срок до 3 месяцев либо исправительными работами на срок от 6 месяцев до одного года.

*Наркомания* (от греч. *narke* – оцепенение и *mania* – безумие, восторженность) – зависимость человека от приема наркотиков (опий, морфий, героин, кокаин, гашиш, некоторые снотворные средства и др.), заболевание, которое выражается в том, что жизнедеятельность организма поддерживается на определенном уровне только при условии приема – наркотического вещества и ведет к глубокому истощению физических и психических функций. Резкое прекращение приема наркотика вызывает нарушение многих функций организма, – абстиненцию. Возможно пристрастие к какому-либо одному веществу – мононаркомания (морфизм, героинизм, кодеинизм, гашишизм, кокаинизм и др.) и к их сочетанию – полинаркомания (опийно-алкогольная, опийно-барбитуровая и др.).

Возникновение наркомании связано с эйфоризирующим, приятно оглушающим или стимулирующим эффектом наркотика. Чем сильнее выражен эйфоризирующий эффект, тем быстрее наступает привыкание. Развитие наркомании может наступить как результат любопытства, экспериментирования, как следствие приема обезболивающих и снотворных средств. Распространению наркомании способствует нездоровая микросоциальная среда, отсутствие у человека интеллектуальных и социально положительных установок. Во все времена наркомания преследовалась в уголовном порядке: УК РФ предусматривает лишение свободы на срок до 2-15 лет.

*Алкоголизм* – тяжелое хроническое заболевание, возникающее при систематическом употреблении спиртных напитков, У человека проявляется физическая и психическая зависимость от алкоголя. Наблюдается патология центральной и периферической нервной системы, внутренних органов, обмена веществ. Нередко возникают алкогольные психозы. Наступает прогрессирующая психическая и социальная деградация личности.

Алкоголь не совместим с безопасностью труда. Лица, страдающие алкоголизмом, утрачивают свойственные им ранее



точность и аккуратность в работе. Они все чаще допускают сшибки и становятся неспособными к решению сложных творческих задач, к быстрой и правильной ориентации в ненормативных производственных ситуациях. Больных алкоголизмом нельзя допускать к работам повышенной опасности, а также к работам, связанным с применением различных спиртов и других наркотических средств.

*Курение* – вдыхание дыма некоторых тлеющих растительных продуктов (табак, опиум и др.). Курение табака – одна из наиболее распространенных вредных привычек (получила распространение в Европе, начиная с XVI века, в России – с XVII века). Появление в XV веке табака в Европе связывают с именем француза Жана Нико, который как будто привез семена этого растения с острова Тобаго. Отсюда латинское название табака - *Nicotiana tabacum*. В табаке содержится ядовитый алколоид никотин. Смертельная доза никотина содержится примерно в 20 папиросах, но, так как она поступает в организм постепенно, смерть курильщика не наступает. Никотин очень быстро разносится по организму. В мозг он поступает через 5-7 с после первой затяжки. Смола, образующаяся при курении, вызывает опухоли. Курение отрицательно влияет на здоровье курильщика и окружающих его людей, способствует развитию болезней сердца, сосудов, легких, желудка. Табачный дым содержит канцерогенные вещества. Среди курящих рак лёгких встречается в несколько раз чаще, чем среди некурящих. Один из английских королей так охарактеризовал курение: "Обычай отвратительный для глаз, ненавистный для носа, вредный для груди, опасный для легких". Великий Гете сказал: "Образованный человек не курит". В лечении никотинизма (табакокурения) решающее значение имеют психопрофилактика и психотерапия, а также некоторые медикаментозные средства.

***Вопросы для самоподготовки.*** 1. Какие опасности называются социальными? 2. Как подразделяют социальные опасности? 3. Виды социальных опасностей.

### **3.15. Санитарно-гигиенические требования к устройству и содержанию предприятий**

Требования к генеральному плану предприятия. Каждый промышленный объект должен иметь утвержденный проект. Проект горного предприятия включает геологическую, горную (технологическую), горномеханическую, энергетическую,

транспортную, сметную и другие части, а также генеральный план предприятия.

*Генеральный план* (генплан) предприятия - одна из важнейших частей проекта предприятия, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания, а также расположения предприятия в промышленном районе (узле).

Площадка, для строительства предприятия должна выбираться с учетом аэроклиматической характеристики и рельефа местности, обеспечивающего удобный отвод поверхностных и сточных вод, прямого солнечного облучения и естественного проветривания. Площадка должна быть удобной для присоединения подъездных путей от железных и шоссейных дорог, без сложных земляных и Искусственных сооружений.

Производственные здания, сооружения и склады обычно располагают на промплощадке по зонам в соответствии с производственными признаками - чаще всего по ходу производственного процесса. Выделяют также зону для размещения административных, бытовых, общественных, хозяйственно-бытовых и культурных зданий с примыкающими к ним площадками для стоянки индивидуального и общественного транспорта. Вспомогательные цеха – ремонтно-механический, электромонтажный и др. – располагают в центре обслуживаемых ими цехов: автотранспортного, бульдозерного и т.д. Взрыво- и пожароопасные объекты, склады горючих и легко воспламеняющихся материалов, вредных и взрывоопасных веществ следует размещать на отдельных участках за пределами промплощадки, на расстоянии, определяемом специальными нормами.

Предприятия, выделяющие в атмосферу вредные примеси, а также создающие внешний шум выше норм уровней, установленных для жилой застройки, следует размещать с подветренной стороны относительно ветров преобладающего направления. Преобладающее направление ветров определяется по многолетним сведениям метеорологической службы или по графику «розы ветров».

Здания и сооружения на промплощадке должны разделяться *санитарными разрывами*. Санитарные разрывы между зданиями, освещаемыми через оконные проемы, должны быть не менее наибольшей высоты до верха карниза противостоящих зданий и сооружений. Разрывы между зданиями, в которых расположены особо шумные производства, и соседними должны быть не менее 100 м и т.д. Для предупреждения распространения пожара с одного здания или сооружения на другое между производственными зданиями и

сооружениями устраивают *противопожарные разрывы* в пределах 9-18 м в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений. Минимальный санитарный разрыв сравнивается с минимальным противопожарным разрывом, и из двух расстояний выбирается большее.

Производственные здания следует отделять от жилой *застройки санитарно-защитными зонами* (СЗЗ). В соответствии с Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий (СИ 245-71) размеры СЗЗ принимаются: для предприятий I класса опасности - 1000 м, II класса - 500 м, III класса - 300 м, IV класса - 100 м и V класса - 50 м. К I классу относят горные предприятия по добыче руд свинца, мышьяка, марганца и др.; ко II классу - по добыче фосфоритов, апатитов, горючих сланцев» каменного и бурого угля, антрацитов и др.; к III классу - по добыче доломитов, магнезитов, асбеста и др.; к IV классу - по добыче каменной соли, торфа фрезерным способом и др.; к V классу - по добыче строительного камня невзрывным способом и др. СЗЗ способствует разбавлению вредных выбросов до допустимого уровня, Ее территория благоустраивается и озеленяется. В ней разрешается располагать вспомогательные службы (гаражи, склады, пожарное депо и т.п.).

Требования к производственным зданиям и помещениям. Объем производственного помещения, приходящийся на одного работающего, должен составлять не менее  $15 \text{ м}^3$ , а площадь - не менее  $4,5 \text{ м}^2$ . Высота помещений одноэтажных зданий (от пола до низа несущих конструкций перекрытий) и высота этажей многоэтажных зданий должна быть не менее 3 м. Высота помещений от пола до низа выступающих частей коммуникаций и оборудования в местах регулярного прохода людей принимается не менее 2 м, а в местах нерегулярного прохода - не менее 1,8 м.

Все рабочие площадки на высоте более 0,6 м, а также лестничные мостики, проемы, люки, канавы ограждаются перилами высотой не менее 1,2 м со сплошной обшивкой понижу на высоту 0,2 м; лестницы рабочих площадок устанавливаются с наклоном не более  $40^\circ$ . В зданиях с количеством этажей два и более наклон маршей лестниц должен соответствовать отношению высоты подъема лестницы к ее заложению - не более 1:2; Для подвальных этажей и чердаков не более 1:1,5. В одном марше лестницы допускается не более 18 ступеней при ширине ступени не менее 30 см. Ступени наклоняются вовнутрь под углом  $5-7^\circ$ .

Полы производственных помещений должны быть ровными, горизонтальными, не скользкими, удобными для уборки. Этим требованиям отвечают, например, клинкерные полы, отличающиеся высокой прочностью, огнеупорностью и водонепроницаемостью.

Здания и сооружения располагаются относительно сторон света и преобладающего направления ветров таким образом, чтобы обеспечивались наиболее благоприятное естественное освещение, проветривание площадки предприятия, предотвращение снежных или песчаных заносов.

Световые проемы (окна) здания необходимо располагать равномерно, на одинаковом расстоянии друг от друга. Окна должны иметь размер по высоте больше, чем по ширине.

Ворота и двери цехов и зданий должны открываться наружу, т.е. по направлению выхода людей. Это исключает образование заторов в проемах ворот и дверей в случае быстрой эвакуации.

Требования к вспомогательным зданиям и помещениям производственных предприятий. Помимо производственных помещений, на территории предприятия предусматриваются вспомогательные помещения:

- 1) санитарно-бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные и др.);
- 2) помещения здравоохранения (здравпункты, ингалятории, фотарии, помещения для личной гигиены женщин и др.);
- 3) предприятия общественного питания (столовые, буфеты, пункты приема пищи);
- 4) помещения культурного обслуживания;
- 5) помещения управлений, конструкторских бюро, учебных занятий и общественных организаций.

Вспомогательные помещения размещают отдельно от производственных или в пристройках к ним. Проектирование вспомогательных помещений производится в соответствии с требованиями СНиП II-92-76.

Вентиляция, отопление, водоснабжение, канализация. *Вентиляция* (от лат. ventilatio – проветриваю) – воздухообмен (замена загрязненного воздуха чистым) с целью создания в зоне нахождения человека воздушной среды, благоприятной для его здоровья и самочувствия. Вентиляция создает условия, отвечающие требованиям технологического процесса. Вентиляция производственных помещений получила название *промышленной*, а подземных горных выработок – *рудничной*.

Вентиляция бывает естественной, искусственной и смешанной. При *естественной* вентиляции воздухообмен в помещениях производится за счет разности температур в помещении и наружного воздуха (гравитационных сил) или в результате действия скоростного давления ветра. При *искусственной* вентиляции движение воздуха

обеспечивается совокупностью технических средств – вентиляторов с системой воздухопроводов и другого вентиляционного оборудования.

По действию вентиляция бывает общеобменной и местной. *Общеобменная* вентиляция предназначена для воздухообмена всего помещения (*шахты*), *местная* – только для воздухообмена на рабочем месте (в забое горной выработки).

Общеобменная естественная вентиляция производственных помещений может быть нерегулируемой (происходит за счет воздухообмена через щели стен, двери, окна, получившего название *инфильтрации*) и регулируемой (с помощью периодического открывания форточек, фрамуг, окон, световых фонарей, дверей, дефлекторов). Регулируемая естественная вентиляция промышленных зданий называется *аэрацией*.

Общеобменная механическая вентиляция в зависимости от того, для чего она служит, а именно: для подачи (притока) или удаления (вытяжки) воздуха из помещения или для того и другого одновременно, называется *приточной*, *вытяжной* или *приточно-вытяжной*.

Расчет общеобменной и местной механической вентиляций сводится к выбору вентилятора. Основные параметры вентиляции, необходимые для выбора вентилятора: его производительность и напор – определяют в зависимости от количества выделяющихся в воздух вредных веществ, их ПДК, пыли, влаги, тепла, количества работающих.

Контроль за вентиляцией включает в себя определенные качества воздуха, обеспеченности им, экономичности работы вентиляционной системы.

Целью *отопления* производственных помещений является поддержание в них в холодное время года заданной температуры. Система отопления должна компенсировать потери тепла в помещении через строительные ограждения, а также производить нагрев проникающего в помещение холодного воздуха. В зависимости от теплоносителя системы отопления бывают водяные, паровые, воздушные и комбинированные. Водяные и паровые системы отопления включают в себя сеть обогревателей (трубы, радиаторы) и циркулирующие в них воду или пар, нагретые до 100 °С и выше. При воздушной системе отопления в помещение подается воздух, предварительно нагретый в калориферах.

Для *водоснабжения* производственных помещений устраиваются внутренние водопроводы.

*Канализация* предусматривается для спуска производственных и хозяйственных вод. Она состоит из внутренних канализационных устройств, расположенных в здании, наружной канализационной сети (подземных труб, каналов, смотровых колодцев), насосных станций,

напорных и самотечных водопроводов, сооружений для очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод. Обычно применяется раздельная канализация, при которой атмосферные осадки удаляются отдельно от фекально-хозяйственных. Согласно законодательству все сточные воды предприятий должны подвергаться очистке от токсичных веществ перед сбросом в водоем.

Медицинское и гигиеническое обеспечение. Медико-санитарное обслуживание работников промышленных предприятий рассмотрим на примере угольных шахт.

На шахтах в соответствии с санитарными нормами должны оборудоваться поверхностные медпункты. Подземный медпункт должен располагаться в околоствольном дворе в специальной камере. Все работники шахты должны быть обучены оказанию первой медицинской помощи, и иметь при себе индивидуальные перевязочные пакеты. В цехах на поверхности шахты и на подземных участках должны быть аптечки первой медицинской помощи и носилки с твердым ложем.

Служебно-бытовые комбинаты шахт должны располагаться вблизи надшахтного здания и соединяться с ним утепленным переходом. Санитарно-бытовые помещения, шахтный быткомбинат должны быть устроены в соответствии с действующими строительными и санитарными нормами и правилами.

Для хозяйственных нужд шахты должны быть обеспечены водой питьевой качества. Раздевалки и душевые должны снабжаться горячей и холодной водой, в шахтных банях работники шахт должны обеспечиваться мылом, мочалками, полотенцами и банной обувью.

На каждой шахте должно проводиться ультрафиолетовое облучение, ингаляция, а также процедуры по нейтрализации вредных факторов и восстановлению работоспособности.

На шахте должны быть организованы стирка нательного белья, стирка или химическая чистка спецодежды, починка спецодежды и спецобуви, а также санитарная обработка противопылевых респираторов, защитных касок, портянок (носок) и спецобуви.

Предприятие обязано обеспечить всех работающих газированной водой (или другими напитками, рекомендованными органами здравоохранения), горячим чаем (в условиях охлажденного климата), а также снабдить подземных рабочих флягами (термосами). На каждой шахте должна быть столовая или буфет с горячим питанием, В околоствольном дворе, местах ожидания пассажирского транспорта и на участках должны устраиваться уборные. При появлении в АБК или в горных выработках шахт грызунов и насекомых должны приниматься меры по их уничтожению.

**Вопросы для самопроверки.** 1. Основные требования при планировке зданий и сооружений. 2. Что называется санитарно-защитной зоной?

#### 4. Порядок выполнения курсовой работы

##### 4.1. Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы - закрепление полученных студентами теоретических знаний, практических навыков, а также развитие самостоятельности в решении вопросов защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях.

Основные задачи курсовой работы - научить студентов:

- разрабатывать структуру гражданской обороны (ГО) на объекте с учетом комплекса требований ГО;
- выполнять прогнозирование химической обстановки при аварии и разрушении химически опасного объекта (ХОО);
- оценивать радиационную обстановку на объекте экономики в результате применения противником современных средств поражения;
- рассчитывать потребность объекта экономики в защитных сооружениях и их оборудовании;
- оценивать устойчивость работы предприятия в чрезвычайных ситуациях;
- разрабатывать мероприятия по защите рабочих и служащих объекта экономики от чрезвычайных ситуаций;
- пользоваться технической, нормативной и справочной литературой;
- обосновывать мероприятия по оценке устойчивости работы предприятия и защите рабочих и служащих от чрезвычайных ситуаций (в форме пояснительной записки).

Исходные данные для выполнения курсовой работы выдаются индивидуально для каждого студента по вариантам. Курсовая работа содержит графическую часть (общая схема расположения ХОО, план объекта экономики), выполненную на двух листах формата А4, и пояснительную записку, составленную на 25-30 страницах стандартного формата А4.

Курсовая работа должна состоять из введения, основной части и заключения.

Во **введении** излагается цель (задача), которую ставит перед собой студент при выполнении данной работы.

**Основная часть** может состоять из нескольких глав (3-4), а которых должны быть раскрыты следующие вопросы:

- характеристика объекта экономики (экономическое значение местоположение объекта и его влияние на возникновение чрезвычайных



ситуаций, структура организации гражданской обороны на объекте экономики);

- факторы, влияющие на устойчивость работы объекта в чрезвычайных ситуациях, прогнозирование и оценка химической и радиационной обстановок;

- оценка уязвимости работы рассматриваемого объекта экономики в чрезвычайных ситуациях, разработка мероприятий по повышению устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях;

- мероприятия по защите рабочих и служащих данного объекта в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

**В заключении** указываются наиболее уязвимые моменты в работе изучаемого объекта экономики в условиях чрезвычайных ситуаций и рекомендуемые мероприятия, направленные на повышение устойчивости работы объекта экономики, защиты рабочих и служащих в условиях чрезвычайных ситуаций.

Требования по разработке и оформлению курсовой работы приведены в методических указаниях и рекомендуемой литературе.

## **4.2. Организация гражданской обороны на объектах экономики**

На всех объектах экономики с числом работающих более 50 человек создается организация гражданской обороны.

В организацию ГО входит 15 % от общего числа рабочих и служащих объекта экономики. Принципиальная схема организационной структуры ГО приведена на рисунке 2.1.

Структура организации ГО для конкретного предприятия зависит от количества работающих на объекте экономики, экономического развития и специфики этого предприятия от его месторасположения, возможности возникновения опасных природных явлений (пожаров, наводнений, землетрясений, селей и т.д.), окружения потенциально опасными объектами. В зависимости от вышеперечисленных факторов создаются соответствующие службы ГО и формирования служб общего назначения.

Гражданская оборона предназначена для проведения комплексных мероприятий, направленных на защиту населения и территорий от опасностей, возникающих при военных действиях, проведения аварийно-спасательных работ и других неотложных работ. ГО создается на всех объектах народного хозяйства. Начальником ГО объекта (предприятия, организации, учреждения, учебного заведения и др.) является его

руководитель. Начальник ГО подчиняется соответствующим должностным лицам министерства, в ведении которого находится объект, а в оперативном отношении - вышестоящему начальнику и штабу ГО по месту расположения объекта.

На крупных объектах (численность рабочих более 700 человек) приказами начальников ГО объектов назначаются их заместители по рассредоточению рабочих и служащих, инженерно-технической части, материально-техническому снабжению. На объектах создаются штабы ГО, комплектуемые из штатных работников и должностных лиц.

**Штаб ГО** – основной орган управления начальника ГО, через который он осуществляет планирование, организацию и контроль выполнения мероприятий. В состав штаба ГО входит начальник штаба, его заместители по оперативным вопросам, боевой подготовке, разведке и др. Штаб комплектуется из штатных работников ГО и должностных лиц, не освобожденных от их основных обязанностей.

**Службы ГО** – структурные звенья системы ГО, предназначенные для обеспечения выполнения специальных мероприятий при проведении спасательных работ, подготовки формирований служб и управлению ими. Начальниками служб назначаются главные специалисты объекта, начальники производственных подразделений, на базе которых созданы службы: они подчиняются начальнику ГО объекта и свою работу проводят на основе его решений под непосредственным руководством начальника штаба и соответствующих начальников служб района.

На объекте, в зависимости от характера производства и наличия базы, по приказу начальника ГО организуются следующие службы:

1. *Служба оповещения и связи.* Создается на базе узла связи объекта. Начальником службы является начальник этого узла.
2. *Служба радиационной и химической защиты.* Создается на базе химической лаборатории и цехов. Начальником службы является начальник лаборатории или химического цеха.
3. *Служба охраны общественного порядка.* Создается на базе подразделений ведомственной охраны. Начальником службы является начальник ведомственной охраны.
4. *Противопожарная служба.* Организуется на базе подразделений ведомственной пожарной охраны. Начальником службы является начальник пожарной охраны.
5. *Служба энергоснабжения и светомаскировки.* Создается на базе отдела главного энергетика. Начальник службы - главный энергетик объекта.



Рис. 2. Схема организации ГО объекта

6. *Аварийно-техническая служба.* Организуется на базе производственного, технического отделов или отдела главного механика. Начальник отдела является начальником службы.

7. *Служба убежищ и укрытий.* Организуется на базе отдела капитального строительства, жилищно-коммунального отдела, строительных цехов. Начальником службы является начальник отдела, на базе которого создана служба.

8. *Медицинская служба.* Организуется на базе медсанчасти, здравпункта, поликлиники объекта. Начальник службы - главный врач.

9. *Транспортная служба.* Создается на базе транспортного отдела цеха, гаража. Начальником службы является начальник отдела или гаража.

10. *Служба материально-технического снабжения.* Издаётся на базе отдела материально-технического снабжения. Начальником службы является начальник отдела.

Каждая служба ГО для выполнения своих задач имеет подчиненные ей формирования.

**Формирование ГО** – группа людей, не входящих в состав Вооруженных Сил России, сформированная согласно штату, оснащенная специальной техникой и имуществом и предназначенная для выполнения определенных мероприятий ГО.

Общая численность личного состава формирований, порядок приведения их в готовность определяются особыми указаниями. Формирования представляют собой отряды, команды, группы, дружины и звенья различного назначения.

Формирования общего назначения предназначаются для ведения спасательных и других неотложных работ в очагах поражения, районах стихийных действий, аварий и катастроф.

К этим формированиям относятся:

- 1) сводные отряды (команды, группы);
- 2) сводные отряды (команды) механизации работ;
- 3) спасательные отряды (команды, группы);
- 4) разведывательные формирования (группы, звенья).

### 4.3. Прогнозирование химической обстановки на объекте экономики при аварии и разрушении на химически опасном объекте (ХОО)

Оценка химической обстановки на изучаемом объекте экономики производится методами заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения аварийными химически опасными веществами (АХОВ) при аварии (разрушении) на соседнем ХОО [2].

При **заблаговременном** прогнозировании используются следующие исходные данные:

- за величину выброса берется максимальное количество АХОВ в единичной емкости;

- за метеорологические условия принимаются: скорость ветра -  $U_0 = 1$  м/с, степень вертикальной устойчивости воздуха - инверсия, температура воздуха  $t_0 = -20$  °С.

При оперативном прогнозировании принимаются:

- за величину выброса - конкретное количество выброшенного (вылившегося) АХОВ;

- конкретные метеорологические условия на момент аварии.

Оценить масштабы заражения АХОВ - значит определить значения следующих параметров:

- глубины зоны заражения  $Г$ , м;

- площади зоны возможного заражения  $S_0$ , км<sup>2</sup>;

- площади зоны фактического заражения  $S_{ф}$ , км<sup>2</sup>;

- продолжительность заражения  $T_{уч.н.}$

Используя посчитанные значения параметров необходимо графически изобразить зоны химического заражения для обоих вариантов прогнозирования с указанием положения данного объекта и ХОО, количества АХОВ на ХОО, направления ветра.

Основные допущения и ограничения:

1. Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью.

2. Толщина слоя жидкостей АХОВ ( $h$ ), разлившихся свободно, принимается равной 0,05 м, а для АХОВ, разлившихся в поддон или обвалование – по формулам (3.1) или (3.2):

- для жидкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование):

$$h = H - 0,2, \quad (4.1)$$

где  $H$  – высота обвалования, м;  $h$  – толщина слоя жидкости АХОВ в обваловании, м;

– для емкостей имеющих общий поддон (обвалование) на группу:

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (4.2)$$

где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;  $F$  – реальная площадь разлива в поддон, м<sup>2</sup>;  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т.

3. Предельная продолжительность сохранения метеоусловий –  $N=4$  ч.

4. Расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ. Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

#### **Основные исходные данные:**

- общее количество АХОВ на объекте экономики;
- количество АХОВ, выброшенное в окружающую среду, и характер разлива;
- высота обвалования;
- метеорологические условия (температура воздуха, почвы, скорость ветра в приземном слое (на высоте 10 метров), степень вертикальной устойчивости воздуха);
- плотность (количество) населения в зоне возможного химического заражения и степень его защиты.

#### **Порядок проведения расчетов:**

1. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее в первичное облако, по формуле

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0, \quad (4.3)$$

где  $Q_{\text{э1}}$  – эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке, т;  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т;  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (см. прил. 3);  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ (см. прил. 3);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии и 0,08 – для конвекции;  $K_7'$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (см. прил. 3).

2. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее во вторичное облако, по формуле

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{//} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (4.4)$$

где  $Q_{\Sigma 2}$  – количество АХОВ во вторичном облаке, т;  $K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;  $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (см. прил. 4);  $K_6$  – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии ( $N$ ),

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T, \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T, \end{cases} \quad (4.5)$$

где  $T$  – время испарения АХОВ с площади разлива, ч, определяется из уравнения (3.12);  $K_7^{//}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака.

В случае полного разрушения химически опасного объекта расчет эквивалентного количества АХОВ в облаке ведется как для вторичного облака по формуле

$$Q_{\Sigma} = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i}^{//} \cdot \frac{Q_i}{d_i}, \quad (4.6)$$

где  $d_i$  – плотность  $i$ -го АХОВ, т/м<sup>3</sup> (см. прил. 2);  $Q_i$  – запасы  $i$ -го АХОВ на объекте, т;  $K_{ji}$  – коэффициенты для  $i$ -го АХОВ;  $n$  – количество одновременно выброшенных в окружающую среду наименований АХОВ.

3. По прил. 6 определяем глубину распространения первичного ( $\Gamma_1$ ) и вторичного ( $\Gamma_2$ ) облаков АХОВ. Общую глубину распространения зараженного воздуха вычисляем по формуле

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'', \quad (4.7)$$

где  $\Gamma_{\Sigma}$  – общая глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха, км;  $\Gamma'$  – большее из двух значений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , км;  $\Gamma''$  – меньшее из двух значений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , км.

4. Общую глубину распространения облака зараженного воздуха сравниваем с возможным предельным значением глубины переноса воздушных масс ( $\Gamma_{II}$ ), определяемой из уравнения

$$\Gamma_{II} = N \cdot V, \quad (4.8)$$

где  $V$  – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха (табл. 3.1), км/ч;  $N$  – время от начала аварии, ч.

**Скорость переноса переднего фронта облака зараженного  
воздуха в зависимости от скорости ветра**

Скорость переноса, км/ч	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Инверсия	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Окончание таблицы 4.1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Конвекция	7	14	21	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Из двух значений выбираем наименьшее, соблюдая условие

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{cases}, \quad (4.9)$$

где  $\Gamma$  – глубина зоны возможного заражения АХОВ, км.

5. Вычисляем площадь зоны возможного заражения АХОВ ( $S_B$ ) по формуле

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \text{ км}^2, \quad (4.10)$$

где  $\varphi$  – угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ, град. (табл. 3.2).

Таблица 4.2

**Угловые размеры зон возможного заражения АХОВ в  
зависимости от скорости ветра U**

U, м/с	<0,5	0,6–1	1,1–2	>2
$\varphi$ , град	360	180	90	45

6. Вычисляем площадь зоны фактического заражения АХОВ ( $S_\phi$ ) по формуле

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \text{ км}^2, \quad (4.11)$$

где  $K_8$  – коэффициент, который зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается равным: 0,081 – для инверсии, 0,0133 – для изотермии и 0,235 – для конвекции.

7. Вычисляем продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива) по формуле

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{//}}. \quad (4.12)$$

8. Вычисляем время подхода облака зараженного воздуха к



заданному объекту:

$$t = \frac{x}{V}, \quad (4.13)$$

где  $x$  – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;  $t$  – время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту, ч.

9. Вычисляем возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ по формуле

$$P^0 = S_{\phi} \cdot \left[ \frac{G_r}{G} \cdot \Delta \cdot K + \left( 1 - \frac{G_r}{G} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right], \quad (4.14)$$

где  $P^0$  – общие потери населения в очаге поражения АХОВ, чел;  $G_r$  – глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха в городе, км;  $\Delta$ ,  $\Delta'$  – средняя плотность населения соответственно в городе и загородной зоне (чел/км<sup>2</sup>);  $K$ ,  $K'$  – доля незащищенного населения соответственно в городе и загородной зоне, вычисляемая по формулам

$$K = 1 - n_1 - n_2, \quad (4.15)$$

$$K' = 1 - n_1' - n_2', \quad (4.16)$$

где  $n_1$ ,  $n_1'$  – доля населения, обеспеченного противогазами, соответственно в городе и в загородной зоне;  $n_2$ ,  $n_2'$  – доля населения, обеспеченного убежищами, соответственно в городе и загородной зоне.

Для оперативных расчетов принимается, что структура потерь в очаге поражения АХОВ составит: 35 % – безвозвратные потери; 40 % – санитарные потери тяжелой и средней форм тяжести (выход людей из строя на срок не менее чем на 2–3 недели с обязательной госпитализацией); 25 % – санитарные потери легкой формы тяжести.

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план, схему) в следующей последовательности:

1) точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;

2) на оси следы откладывают величину глубины зоны возможного заражения АХОВ;

3) синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора, в зависимости от скорости ветра в приземном слое воздуха (табл. 3.3);

4) зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;

5) возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В числителе – тип и количество выброшенного АХОВ (т), в знаменателе – время и дата аварии.

Таблица 4.3

**Отображение зон возможного заражения АХОВ на картах  
(схемах)**

№ п/п	Скорость ветра $V$ (м/с)	Угловые размеры зоны возможного химического заражения $\varphi$ (град)	Вид зоны ВХЗ	Поясняющая надпись	Графическое изображение зоны ВХЗ
1	2	3	4	5	6
1	0,5 и менее	360	Окружность	$\frac{X_{\text{лор}} - 10}{6.00 \quad 1.7}$	
2	0,6–1,0	180	Полуокружность	$\frac{X_{\text{лор}} - 5}{7.00 \quad 1.8}$	
3	1,1–2,0	90	Сектор	$\frac{X_{\text{лор}} - 8}{5.00 \quad 3.6}$	
4	Более 2,0	45	Сектор	$\frac{\Delta_{\text{ммиак}} - 10}{4.00 \quad 5.3}$	

**Примечания:**

1. Зона фактического заражения имеет форму эллипса (на рисунках в табл. 3.3 показана пунктиром), входит в зону возможного химического заражения (ВХЗ) и обычно не наносится на карты (схемы) ввиду возможного перемещения облака АХОВ.

2. Зона возможного химического заражения часто дополнительно подразделяется:

– на район аварии или место разлива АХОВ (непосредственно на карту не наносится);

– зону возможного распространения зараженного воздуха (площадь, в пределах которой распространяются АХОВ с поражающей концентрацией).

3. Населенные пункты в зоне возможного химического заражения с находящимися в них людьми, сельскохозяйственными животными и растениями составляют очаг возможного химического поражения. Схема площади зоны возможного химического заражения приведена на рис. 4.1.

$\frac{X_{\text{лор}}=20 \text{ т}}{10.00 \quad 1.10}$

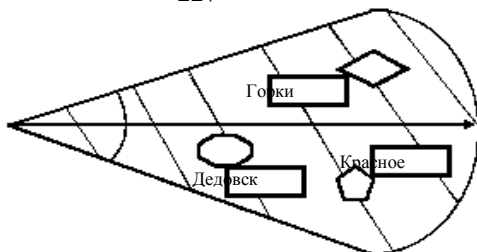


Рис. 4.1. Схема площади зоны возможного химического заражения

#### 4.4. Прогнозирование радиационной обстановки на объекте экономики

Радиационная обстановка может сложиться в результате ядерного взрыва.

Исходными данными для оценки радиационной обстановки являются.

- мощность реактора АЭС (ядерного взрыва);
- расстояние от РОО (эпицентра ядерного взрыва) до изучаемого объекта экономики  $R_{OЭ}$ , км;
- удаление объекта экономики от оси следа радиоактивного облака  $a$ , км;
- уровни радиации на объекте экономики на известный момент времени после ядерного взрыва  $P$ , Р/ч;
- допустимая доза облучения  $D_{уст}$ , Р;
- общая продолжительность спасательных и других неотложку работ (СидНР)  $T$  ч.

Прогнозирование радиационной обстановки сводится к определению границ зон радиоактивного заражения (умеренного, сильного, опасного, чрезвычайно опасного) относительно эпицентра ядерного взрыва и местоположения изучаемого объекта экономики.

Оценка радиационной обстановки на объекте экономики заключается в решении задач по различным вариантам действий формирования ГО, разработке режимов защиты рабочих и служащих, членов их семей и производственной деятельности объекта.[1,5]

#### 4.5. Прогнозирование и оценка возможных чрезвычайных ситуаций при ядерном взрыве

Радиационная обстановка при ядерном взрыве характеризуется масштабом (размером территории заражения) и степенью (мощностью дозы – уровнем радиации) радиоактивного заражения, а также влиянием этого заражения на действия формирований ГО, работу объектов экономики и жизнедеятельность населения. Радиационная обстановка может создаваться при применении противником ядерного оружия, вследствие заражения радиоактивным веществом воздуха, местности и расположенных на ней сооружений, техники и имущества.

Для определения влияния радиоактивного заражения необходимо произвести выявление радиационной обстановки и после этого ее оценку. Обычно при наличии сведений об опасности радиоактивного заражения проводят прогнозирование радиационной обстановки, используя известные зависимости, данные о параметрах источника радиоактивного заражения (время, мощность, вид и место ядерного взрыва), информацию о метеоусловиях (направление и скорость среднего ветра).

Внешние границы зон возможного заражения

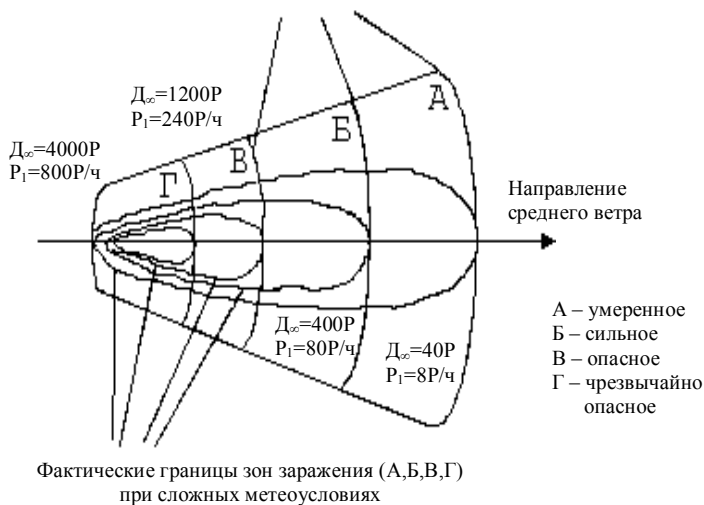


Рис. 4.2. Схема нанесения зон возможного заражения

При этом (с вероятностью 0,9) считается, что заражение возможно на территории, ограниченной углом 40 град с вершиной в эпицентре взрыва. Фактическая площадь заражения в пределах указанного района составит примерно 30 % площади данного сектора. В секторе выделяют четыре зоны возможного заражения А, Б, В и Г. На внешней границе зоны возможного умеренного заражения (А) доза радиации за время полного распада радиоактивных веществ составляет 40 Р, а уровень радиации через 1 ч после взрыва – 8 Р/ч. На внешних границах зон возможного сильного (Б), опасного (В) и чрезвычайно опасного (Г) заражения дозы радиации до полного распада радиоактивных веществ соответственно равны 400, 1200 и 4000 Р, а уровни радиации через 1 ч после взрыва – 80, 240 и 800 Р/ч (рис. 4.1).

Таблица 4.1

**Размеры зон заражения на следе радиоактивного облака  
наземного ядерного взрыва в зависимости от мощности взрыва и  
скорости ветра**

Мощность взрыва, кт	Скорость среднего ветра, км/ч	Размеры зон заражения, км							
		А		Б		В		Г	
		R	b	R	b	R	b	R	b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	15	2,8	5,3	1	2,7	0,6	1,2	0,2
	50	19	2,6	5,2	0,9	2,4	0,5	1,1	0,2
	75	20	2,6	4,9	0,8	2,2	0,5	1,1	0,2
10	25	43	5,7	17	2,5	9,9	1,5	4,9	0,8
	50	54	6,4	19	2,5	9,7	1,4	4,3	0,7
	75	61	6,7	18	2,3	9,2	1,3	4,0	0,7
20	25	58	7,2	24	3,3	14	1,9	6,6	1,1
	50	74	8,3	27	3,3	14	1,9	6,5	1,0
	75	83	8,7	26	3,2	14	1,8	5,8	0,9
50	25	87	9,9	36	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	50	111	11,0	43	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	75	126	12,0	45	4,7	23	2,8	11,0	1,5
100	25	116	12,0	49	6,1	31	4,0	18,0	2,2
	50	150	14,0	60	6,4	35	3,9	17,0	2,0
	75	175	15,0	64	6,3	35	3,8	17,0	1,9
200	25	157	15	67	7,8	43	5,3	26	2,8
	50	200	18	83	8,4	50	5,3	26	2,7
	75	233	20	90	8,4	50	5,3	26	2,6
500	25	231	21	100	19	65	7,4	41	4,3
	50	300	25	125	12	78	7,7	42	4,3
	75	346	27	140	12	83	7,7	39	4,3
1000	25	309	26	135	13	89	9,5	55	5,7
	50	402	31	170	15	109	10	61	5,6
	75	466	34	192	16	118	10	60	5,6

Приближенно удаление внешних границ зон от эпицентра взрыва по оси следа радиоактивного облака может быть определено по табл. 4.1 или по следующей зависимости:

$$R = 5,43 \sqrt[2,2]{\frac{qV}{P_1}}, \quad (4.1)$$

где  $R$  – удаление внешних границ зон от эпицентра взрыва, км;  $q$  – мощность взрыва, кт;  $V$  – скорость среднего ветра, км/ч;  $P_1$  – уровень радиации на границе зоны через 1 ч после взрыва, Р/ч.

Прогнозирование позволяет в короткие сроки определить ожидаемые масштабы и степень радиоактивного заражения.

Фактическая радиационная обстановка может быть определена только по данным радиационной разведки. Выявленные при этом уровни радиации в различных точках на местности заносятся в журнал. Примерная форма журнала и порядок его заполнения приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Форма журнала радиационной разведки и наблюдения**

№	Дата и время ядерного взрыва	Место измерения	Время измерения, ч, мин	Уровень радиации при измерении, Р/ч	Уровень радиации, приведенный к 1 ч после ядерного взрыва, Р/ч
1	25.04 14.00	Проходная завода № 1	16.00	20	46
...	...	...	...	...	...

После выявления радиационной обстановки производят ее оценку. Под оценкой радиационной обстановки понимают определение на основании анализа данных радиационной обстановки возможности производственной деятельности объектов экономики, действий формирований ГО и населения в условиях радиоактивного заражения.

На практике оценка радиационной обстановки сводится к решению задач по определению возможных доз облучения, допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной местности, возможного времени начала ведения спасательных работ, режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов и т.д.

Ниже приведены методика и решение типовых задач по оценке радиационной обстановки.

#### 4.6. Приведение уровня радиации к одному времени после ядерного взрыва

Приведение уровня радиации к одному времени после взрыва необходимо для сравнения интенсивности излучения в различных точках на местности, а также определения зон заражения.

Изменение активности радиоактивных излучений с течением времени подчиняется следующей зависимости:

$$P_t = P_0 \left( \frac{t}{t_0} \right)^{-1,2}, \quad (4.2)$$

где  $P_0$  – известный уровень радиации в момент времени  $t_0$  после взрыва;  $P_t$  – уровень радиации в рассматриваемый момент времени  $t$ , отсчитанный также с момента взрыва.

Приняв  $t_0=1$ , получим

$$P_t = P_1 K_t, \quad (4.3)$$

где  $P_1$  – уровень радиации на 1 ч после взрыва;  $K_t=t^{-1,2}$  – коэффициент спада уровня радиации в определенное время (табл. 4.3).

Таблица 4.3

**Коэффициенты спада уровня радиации с течением времени**

$t, \text{ч}$	$K_t$	$t, \text{ч}$	$K_t$	$t, \text{ч}$	$K_t$	$t, \text{ч}$	$K_t$
0,25	5,278	6,25	0,110	12,25	0,049	18,25	0,0306
0,50	2,297	6,50	0,106	12,50	0,048	18,50	0,0302
0,75	1,412	6,75	0,101	12,75	0,047	18,75	0,0297
1,0	1,0	7,0	0,097	13,0	0,046	19,0	0,0292
1,25	0,765	7,25	0,093	13,25	0,045	19,25	0,0288
1,50	0,615	7,50	0,089	13,50	0,044	19,50	0,0283
1,75	0,510	7,75	0,086	13,75	0,043	19,75	0,0279
2,0	0,435	8,0	0,082	14,0	0,042	20,0	0,0275
2,25	0,378	8,25	0,079	14,25	0,041	20,25	0,0271
2,50	0,333	8,50	0,077	14,50	0,040	20,50	0,0266
2,75	0,297	8,75	0,074	14,75	0,039	20,75	0,0263
3,0	0,268	9,0	0,071	15,0	0,0388	21,0	0,0259
3,25	0,243	9,25	0,069	15,25	0,038	21,25	0,0255
3,50	0,222	9,50	0,067	15,50	0,0372	21,50	0,0252
3,75	0,204	9,75	0,065	15,75	0,0366	21,75	0,0248
4,0	0,189	10,0	0,063	16,0	0,0359	22,0	0,0244
4,25	0,176	10,25	0,061	16,25	0,0352	22,25	0,0242
4,50	0,164	10,50	0,059	16,50	0,0346	22,50	0,0238
4,75	0,154	10,75	0,058	16,75	0,0339	22,75	0,0235

5,0	0,145	11,0	0,055	17,0	0,0334	23,0	0,0232
5,25	0,137	11,25	0,055	17,25	0,0328	23,25	0,0229
5,50	0,129	11,50	0,053	17,5	0,0322	23,50	0,0226
5,75	0,123	11,75	0,052	17,75	0,0317	23,75	0,0223
6,0	0,116	12,0	0,051	18,0	0,0312	24,0	0,022

Из выражения (4.3) видно, что отношение уровня радиации на любое время после взрыва к коэффициенту спада уровня радиации на это же время в какой-либо точке на местности есть величина постоянная, равная значению уровня радиации на 1 ч после взрыва:

$$\frac{P_{t_n}}{K_{t_n}} = \dots = \frac{P_{t_m}}{K_{t_m}} = P_1 = \text{const.}$$

**Пример 1.** На территории склада объекта народного хозяйства (пункт А) уровень радиации через 2 ч после взрыва  $P_2=26,1$  Р/ч. Уровень радиации, измеренный на территории гаража объекта (пункт Б) через 5 ч после взрыва,  $P_5=8,7$  Р/ч. Сравнить интенсивность излучения в этих районах.

*Решение.* Уровень радиации на 1 ч после взрыва в пункте А

$$P_{1A} = \frac{P_2}{K_2} = \frac{26,1}{0,435} = 60 \text{ (Р/ч)}.$$

Уровень радиации на 1 ч после взрыва в пункте Б

$$P_{1B} = \frac{P_5}{K_5} = \frac{8,7}{0,145} = 60 \text{ (Р/ч)}.$$

Таким образом, интенсивность излучения на территории склада и гаража одинакова.

Если время, прошедшее после взрыва, неизвестно, то его определяют по скорости спада уровня радиации со временем. Для этого измеряют в одной и той же точке местности два раза уровень радиации с определенным временным интервалом  $\Delta t$ . По отношению уровней радиации при втором  $P_{II}$  и первом  $P_I$  измерении  $P_{II}/P_I$  и по промежутку времени между измерениями  $\Delta t$  определяют время, прошедшее после взрыва до второго измерения (табл. 4.4).



Таблица 4.4

**Время, прошедшее после взрыва до второго измерения уровней радиации на местности**

$\frac{P_{II}}{P_I}$	Время между измерениями $\Delta t$									
	10 мин	15 мин	20 мин	30 мин	45 мин	1 ч	1,5 ч	2 ч	2,5 ч	3 ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,95	4,00	6,00	8,00	12,00	18,00	24,00	36,00	48,00	60,00	72,00
0,9	2,00	3,00	4,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00
0,85	1,20	2,00	2,40	4,00	6,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00
0,8	1,00	1,30	2,00	3,00	4,30	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00
0,75	0,50	1,10	1,40	2,30	3,40	5,00	7,00	9,00	12,00	14,30
0,7	0,40	1,00	1,20	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00
0,6	0,30	0,45	1,00	1,30	2,10	3,00	4,30	6,00	7,00	9,00

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,5		0,35	0,45	1,10	1,45	2,20	3,30	4,30	5,30	7,00
0,4			0,35	0,55	1,25	1,50	2,50	3,40	4,40	5,30
0,3				0,45	1,10	1,35	2,20	3,10	4,00	4,40
0,2				0,42	1,00	1,20	2,00	2,40	3,20	4,00

**Пример 2.** В 6 ч 45 мин измеренный уровень радиации  $P_I=80$  Р/ч, в 7 ч уровень радиации стал равным  $P_{II}=56$  Р/ч. Определить время взрыва.

**Решение.** Определяем отношение  $P_{II}/P_I=56/80=0,7$ . По табл. 4.4, пользуясь схемой (рис. 4.2), для отношения  $P_{II}/P_I=0,7$  и  $\Delta t=15$  мин находим  $T=1$  ч.

$\frac{P_{II}}{P_I}$	Время между измерениями, мин							
	...	15	...	...	...	...	...	...
...								
...								
0,7			1 ч					
...								
...								

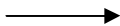


Рис. 4.2. Схема для решения примера 2

Следовательно, взрыв произошел за 1 ч до второго измерения, т.е. в 6 ч.

#### 4.7. Определение возможных доз облучения при действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами

Доза радиации, которую могут получить люди за время нахождения на одной и той же местности за время от  $t_H$  до  $t_K$ , определяется интегрированием мощности дозы по времени:

$$D = \int_{t_H}^{t_K} P(t) dt.$$

В результате интегрирования с учетом защитных свойств зданий, сооружений, транспорта и т.п. получим

$$D = \frac{5 P_H t_H - 5 P_K t_K}{K_{осл}}, \quad (4.4)$$

где  $t_H$ ,  $P_H$  – соответственно время начала пребывания в зоне заражения, отсчитанное с момента взрыва, и уровень радиации на это время;  $t_K$ ,  $P_K$  – соответственно время окончания пребывания в зоне заражения, отсчитанное с момента взрыва, и уровень радиации на это время;  $K_{осл}$  – коэффициент ослабления дозы гамма-излучения.

На практике для вычисления дозы радиации часто пользуются упрощенной формулой, дающей по сравнению с зависимостью (4.4) при расчетах в первые часы после взрыва завышенный результат (что видно из рис. 4.3):

$$D = \frac{P_{cp} \Delta t}{K_{осл}}, \quad (4.5)$$

где  $P_{cp} = \frac{P_H + P_K}{2}$  – средний уровень радиации за время  $\Delta t$ ;  $\Delta t$  – время пребывания в зоне заражения (время облучения);  $K_{осл}$  – коэффициент ослабления дозы радиации (гамма-излучения).

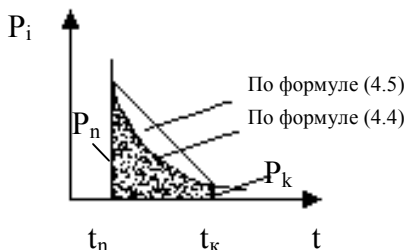


Рис. 4.3. Графическое определение дозы радиации

Если неизвестно время начала и окончания пребывания в зоне заражения, но производилось определенное количество измерений уровня радиации, то для определения среднего уровня радиации используется формула

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n},$$

где  $P_i$  – уровень радиации в момент измерения  $t_i$ ;  $n$  – число измерений.

**Пример 3.** Спасательной группе предстоит вести работы на зараженной местности, уровень радиации на которой через 2 ч после взрыва составляет 20 Р/ч. Группа приступает к работе через 3 ч после взрыва. Определить дозу радиации, которую может получить личный состав в течение 4 ч работы.

*Решение.* Определение дозы радиации произведем по формулам (4.4), (4.5) и сравним полученные результаты:

$$1. \text{ Из уравнения (4.4) } D = \frac{5 P_n t_n - 5 P_k t_k}{K_{осл}}.$$

Определим уровни радиации в момент начала и окончания работы:

а) уровень радиации через 3 ч после взрыва  $P_3 = P_1 K_3$ , но

$$P_1 = \frac{P_2}{K_2}. \text{ Тогда}$$

$$P_3 = \frac{P_2}{K_2} K_3 = \frac{20 \cdot 0,267}{0,435} = 12,2760 \quad (\text{Р/ч}) ;$$

б) уровень радиации через 7 ч после взрыва

$$P_7 = \frac{P_2}{K_2} K_7 = \frac{20 \cdot 0,0968}{0,435} = 4,45 \quad (\text{Р/ч}) .$$

Доза радиации

$$D = \frac{5 P_3 \cdot 3 - 5 P_7 \cdot 7}{1} = \frac{5 \cdot 12,27 \cdot 3 - 5 \cdot 4,45 \cdot 7}{1} = 28,85 \quad (\text{Р})$$

2. По упрощенной зависимости получим

$$D = \frac{P_{cp} \Delta t}{K_{осл}} = \frac{P_3 + P_7}{2} \frac{\Delta t}{1} = \frac{12,27 + 4,45}{2} = 33,44 \quad (\text{Р}) .$$

Коэффициент ослабления дозы радиации для многослойных перекрытий из различных материалов рассчитывается по формуле

$$K_{осл} = K_{осл1} \cdot K_{осл2} = 2^{\frac{h_1}{d_{пол1}}} \cdot 2^{\frac{h_2}{d_{пол2}}},$$

где  $h_i$  – толщина слоя материалов, см;  $d_{пол\ i}$  – значение слоя половинного ослабления дозы соответствующим материалом. Значения  $d$  для материалов приведены в табл. 4.5.

При движении по зараженной радиоактивными веществами местности люди будут подвергаться в пути облучению различной интенсивности. Дозу радиации в этом случае можно рассчитать по следующей зависимости:

$$D = \frac{T}{2(n-1)} \frac{(P_1 + 2P_2 + 2P_3 + \dots + 2P_{n-1} + P_n)}{K_{осл}},$$

где  $T$  – время преодоления зараженной местности (время облучения);  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – уровни радиации в различных пунктах маршрута, пересчитанные на время прохождения этих пунктов;  $n$  – число пунктов маршрута с известными уровнями радиации.

Таблица 4.5

**Толщина слоя половинного ослабления радиации для  
различных материалов, d**

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Толщина слоя, см		
		γ-излучение проникающей радиации	γ-излучение радиоактивного заражения	Нейтроны
Вода	1	23	13	2,7
Древесина	0,7	33	18,5	9,7
Грунт	1,6	14,4	8,1	12,0
Кирпич	1,6	14,4	8,1	9,1
Бетон	2,3	10	5,7	12,0
Полиэтилен	0,95	24,0	14,0	2,7
Стеклопластик	1,7	12,0	8,0	4,0
Сталь, железо	7,8	3	1,7	11,5
Свинец	11,3	2	1,2	12

Наименьшую дозу радиации можно будет получить, если пересекать зону заражений по кратчайшему пути 1 – перпендикулярно оси следа радиоактивного облака (рис. 4.4).

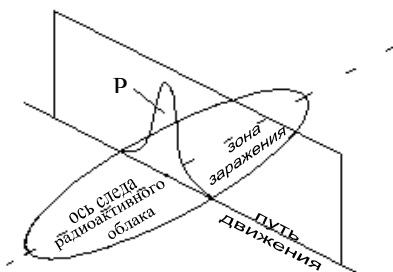


Рис. 4.4. Изменение уровня радиации при пересечении зоны заражения перпендикулярно оси следа радиоактивного облака

Рассчитаем дозу радиации по формуле (4.5):

$$D = \frac{P_{cp} \Delta t}{K_{осл}}.$$

В рассматриваемом случае  $P_{cp} = \frac{P_{max}}{4}$  (рис. 4.5), где  $P_{max}$  – максимальный уровень радиации при преодолении зоны заражения. Время преодоления зоны  $\Delta t = l/v$ , где  $l$  – длина пути в зоне заражения;  $V$  – скорость передвижения.

После подстановки  $P_{cp}$  и  $\Delta t$  получим

$$D = \frac{P_{max} l}{4VK_{осл}}. \quad (4.6)$$

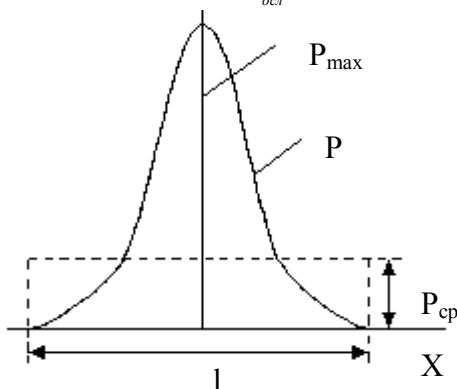


Рис. 4.5. Определение среднего значения уровня радиации

#### 4.8. Определение допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной территории

Работа на местности, зараженной радиоактивными веществами, возможна при условии получения дозы ниже допустимого значения. Получаемая доза зависит от следующих факторов:

- уровня радиации к моменту входа в зараженный район (место работы),  $P_{вх}$ ;
- защитных свойств сооружений, помещений, средств передвижения, обладающих определенным коэффициентом ослабления дозы,  $K_{осл}$ ;
- времени, прошедшего после взрыва до момента входа в зараженный район,  $t_{вх}$  (от этого зависит скорость снижения уровня радиации);
- времени пребывания в зоне заражения,  $\Delta t$ .

Поэтому определение допустимой продолжительности пребывания на зараженной территории  $\Delta t_{доп}$  производится при заданных значениях  $P_{вх}$ ,  $t_{вх}$ ,  $K_{осл}$  и допустимом значении радиации  $D_{доп}$ .

Согласно (4.4)

$$D_{доп} = \frac{5 P_{вх} t_{вх} - 5 P_{вых} t_{вых}}{K_{осл}}.$$

Учитывая, что  $P_{вых} = P_{вх} \left( \frac{t_{вых}}{t_{вх}} \right)^{-1,2}$  и  $t_{вых} = t_{вх} + \Delta t_{доп}$ , после преобразования получим

$$\Delta t_{доп} = \frac{t_{вых}^6}{\left( t_{вх} - \frac{D_{доп} K_{осл}}{5 P_{вх}} \right)^5} - t_{вх}. \quad (4.7)$$

**Пример 4.** Спасательная команда вошла в зону заражения через 4 ч после взрыва при уровне радиации  $P_{вх}=20$  Р/ч. Определить допустимую продолжительность работы на автокранах ( $K_{осл}=2$ ), если допустимая доза радиации равна 30 Р.

*Решение.* Определим по формуле (4.7) допустимую продолжительность работы на автокранах:

$$\Delta t_{\text{доп}} = \frac{t_{\text{вых}}^6}{\left(t_{\text{вх}} - \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{5 P_{\text{вх}}}\right)^5} - t_{\text{вх}} = \frac{4^6}{\left(4 - \frac{30 \cdot 2}{5 \cdot 20}\right)^5} - 4 = 5,01 \text{ (ч)}.$$

#### 4.9. Определение допустимого времени начала ведения спасательных работ при заданных дозе радиации и продолжительности работы

При определении допустимого времени начала ведения спасательных работ принимают, что изменение уровня радиации за время работы происходит по линейному закону (рис. 4.6), что справедливо при небольшой продолжительности работы первой смены.

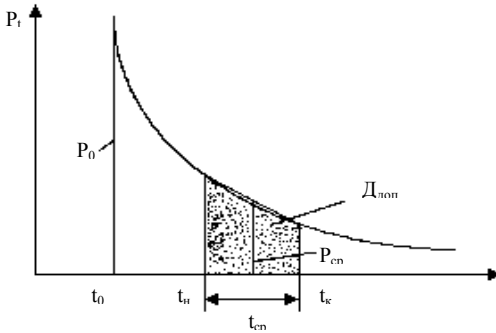


Рис. 4.6. Определение  $t_n$  по  $P_{cp}$

Используя зависимость (4.5), заданные значения продолжительности ведения работы  $\Delta t$  и допустимую (заданную) дозу радиации  $D_{\text{доп}}$  определяют, при каком среднем уровне радиации необходимо работать, чтобы за время работы  $\Delta t$  получить дозу радиации

$$P_{cp} = \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{\Delta t}.$$

По известному уровню  $P_0$  для времени  $t_0$  (выявленные при разведке) определяют, в какой момент времени после взрыва установится уровень  $P_{cp}$ , используя зависимость

$$\frac{P_0}{K_{t_0}} = \frac{P_{cp}}{K_{t_{cp}}} = P_1.$$

По рассчитанному  $K_{t_{cp}}$  из табл. 23 определяют соответствующее этому значению  $t_{cp}$ .

Время начала работы определяется как

$$t_n = t_{cp} - \frac{\Delta t}{2}.$$

#### **4.10. Определение количества смен для проведения спасательных и других неотложных работ и времени работы каждой смены, исходя из сложившейся радиационной обстановки**

При планировании ведения спасательных и других неотложных работ в условиях радиоактивного заражения необходимо иметь данные о продолжительности ведения работ и уровнях радиации. В этом случае можно рассчитать потребное количество смен формирований на весь период работ.

Потребное количество смен  $n$  определяется путем деления суммарной дозы облучения  $D_{\Sigma}$ , которая может быть получена за все время работы, на установленную (допустимую) для каждой смены дозу облучения  $D_{дон}$ :

$$n = D_{\Sigma} / D_{дон}.$$

Продолжительность работы каждой смены определяют по методике, рассмотренной в разделе 4.4. Продолжительность работы последующих смен будет увеличиваться из-за понижения уровня радиации со временем.

#### **4.11. Определение режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов**

Под режимом защиты в зонах радиоактивного заражения понимают порядок применения средств и способов защиты, предусматривающих уменьшение возможных максимальных доз облучения и исключения радиационных потерь.

В процессе трудовой деятельности люди могут находиться какое-то время в защитных сооружениях  $t_{з.с.}$ , в производственных зданиях  $t_{пр.}$ , в жилых помещениях  $t_{ж.с.}$ , средствах транспорта  $t_{мр.}$ , на открытой местности  $t_{откр.}$  и т.д. Ожидаемая суммарная доза радиации, полученная людьми при соблюдении режима защиты,  $D_{\Sigma p}$  будет складываться из доз,



полученных за время нахождения в защитных сооружениях  $D_{з.с.}$ , за время нахождения в производственных зданиях  $D_{пр.}$ , за время нахождения в жилых помещениях  $D_{ж.}$ , за время пребывания в средствах транспорта  $D_{тр.}$ , на открытой местности  $D_{откр.}$ :

$$D_{\Sigma p} = D_{з.с.} + D_{пр.} + D_{ж.} + D_{тр.} + D_{откр.}$$

Эта доза будет меньше дозы, которую получили бы люди, если бы они все это время находились на открытой местности.

Ослабление дозы облучения при соблюдении режима радиационной защиты характеризуется коэффициентом защищенности  $C$ , который показывает, во сколько раз доза, полученная при данном режиме защиты,  $D_{\Sigma p}$ , меньше дозы, которую получили бы люди, находясь все время на открытой местности,  $D_0$ :

$$C = D_0 / D_{\Sigma p}$$

Приближенно коэффициент защищенности для соответствующего режима может быть рассчитан по следующей зависимости:

$$C = \frac{T}{\frac{t_{з.с.}}{K_{ос}^{з.с.}} + \frac{t_{пр.}}{K_{ос}^{пр.}} + \frac{t_{ж.}}{K_{ос}^{ж.}} + \frac{t_{тр.}}{K_{ос}^{тр.}} + t_{откр.}},$$

где  $T = t_{з.с.} + t_{пр.} + t_{ж.} + t_{тр.} + t_{откр.}$  – общее время пребывания людей в зоне заражения, ч.

При отсутствии радиоактивного заражения местности можно предварительно рассчитать несколько режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов с различными значениями  $C$ .

При появлении радиоактивного заражения, выявив радиационную обстановку, подсчитывают коэффициент защищенности, при котором люди получили бы дозу радиации не более допустимого (заданного) значения. Этот коэффициент, называемый коэффициентом «безопасной» защищенности  $C_{\bar{o}}$ , показывает, во сколько раз доза  $D_0$ , которую получили бы люди, если все время находились бы на открытой местности, больше допустимой дозы  $D_{доп.}$ :

$$C_{\bar{o}} = \frac{D_0}{D_{доп.}} = \frac{5 P_{вх} t_{вх} - 5 P_{вых} t_{вых}}{D_{доп.}},$$

где  $t_{вх}$ ,  $P_{вх}$  – время входа (начало облучения) и уровень радиации, соответствующий этому времени;  $t_{вых}$ ,  $P_{вых}$  – время выхода (окончания облучения) и уровень радиации, соответствующий этому времени.

Подсчитав  $C_{\bar{o}}$ , выбирают такой режим, чтобы  $C \geq C_{\bar{o}}$ . В этом случае рабочие и служащие получают дозу  $D_{\Sigma p} \leq D_{доп.}$

На предприятиях могут применяться типовые режимы защиты, предусматривающие на первом этапе непрерывное пребывание людей в защитных сооружениях (когда уровень радиации высокий), на втором этапе – работу в производственных зданиях и отдых в защитных сооружениях, на третьем этапе – работу в производственных зданиях, отдых в жилых помещениях с ограниченным пребыванием на открытой местности (до 2 ч).

В табл. 4.6 приведены некоторые варианты типовых режимов производственной деятельности для объектов, имеющих защитные сооружения с коэффициентами ослабления радиации  $K_{осл}=25...50$  и  $K_{осл}=1000$  и более. Они разработаны по приведенной выше методике для двухсменной работы рабочих и служащих в производственных зданиях с коэффициентами ослабления дозы  $K_{осл}=7$  и для условий отдыха в каменных домах с  $K_{осл}=10$ .

Таблица 4.6

**Режимы защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов**

Уровень радиации через 1 ч после взрыва, Р/ч	Этапы режима, ч						Общая продолжительность соблюдения режима, сут
	1-й		2-й		3-й		
	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	
50	До 3 ч		Можно не использовать		До 10 ч		1
80	3	3	9	7	24	26	1,5
240	12	6	28	18	104	120	6

Например, рабочим и служащим, использующим защитные сооружения ( $K_{осл}=1000$ ), при уровне радиации через 1 ч после ядерного взрыва  $P_1=240$  Р/ч необходимо на первом этапе прекратить работу на 6 ч и это время находиться в защитных сооружениях. После этого на втором этапе восстанавливается производственная деятельность, когда одна смена приступает к работе, а вторая находится в защитном сооружении. Затем отработавшая смена направляется для отдыха в защитное сооружение, а вторая смена приступает к работе. Продолжительность второго этапа 18 ч. Через 24 ч (6 ч 1-го этапа и 18 ч 2-го этапа) рабочие и служащие переходят к выполнению 3-го этапа с ограниченным пребыванием на открытой местности и отдыхом в жилых домах продолжительностью 120 ч. Общая продолжительность соблюдения режима – 144 ч (6 сут).

**Пример 5.** На объекте экономики предварительно были разработаны режимы защиты рабочих и служащих со следующими коэффициентами

защищенности:  $C_1=8$ ;  $C_2=6$ ;  $C_3=4$ . Определить, какой из рассчитанных режимов защиты обеспечит безопасную работу рабочих и служащих в течение первых суток, если радиоактивное заражение произошло через 2 ч после взрыва и уровень радиации при этом достиг значения  $P_1=50$  Р/ч. Допустимая доза радиации 25 Р.

*Решение.* Определим коэффициент «безопасной» защищенности:

$$C_6 = \frac{5P_{\text{вх}} t_{\text{вх}} - 5P_{\text{вых}} t_{\text{вых}}}{D_{\text{доп}}} = \frac{5P_2 \cdot 2 - 5P_{26} \cdot 26}{D_{\text{доп}}};$$

$$P_{26} = \frac{P_2}{K_2} K_{26} = \frac{50 \cdot 0,02}{0,435} = 2,5 \text{ (Р/ч)};$$

$$C_6 = \frac{5 \cdot 50 \cdot 2 - 5 \cdot 2,5 \cdot 26}{25} = 7,0.$$

Необходимо, чтобы  $C \geq C_6$ . Таким образом, только режим с  $C_1=8$  сможет обеспечить безопасность работы рабочих и служащих, так как при этом  $D_{\Sigma p} < D_{\text{доп}}$ .

#### 4.12. Мероприятия по защите рабочего персонала объекта экономики в чрезвычайных ситуациях

На объекте экономики планируются и проводятся в комплексе следующие основные мероприятия, направленные на защиту рабочих и служащих предприятия в условиях чрезвычайных ситуаций:

- своевременное оповещение рабочих и служащих об угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций;
- своевременное укрытие рабочего персонала в защитных сооружениях (ЗС);
- обеспечение рабочих и служащих средствами индивидуальной защиты (СИЗ);
- рассредоточение и эвакуация в загородной зоне рабочих и служащих и членов их семей;
- обучение рабочего персонала основным способам защиты и действиям в условиях чрезвычайных ситуаций. Рассмотрим некоторые из них.

#### 4.13. Своевременное укрытие рабочего персонала в ЗС

**Защитные сооружения** – это сооружения, специально предназначенные для защиты населения от ядерного, химического, биологического оружия, а также от воздействия СДЯВ, радиоактивных продуктов при разрушении ядерных установок, катастрофического затопления, продуктов горения при пожарах. При раскрытии этого вопроса необходимо указать:

- количество убежищ или противорадиационных укрытий (ПРУ; на объекте;
- для каждого ЗС: его месторасположение, прочность, коэффициент защиты, режимы работы системы воздухообеспечения;
- обеспеченность объекта ЗС;
- в каких конкретно ЗС предусмотрено укрытие рабочих и служащих каждого цеха (отдела).

*Таблица 5.1.*

**Классы убежищ по степени защиты от ударной волны ядерного взрыва ( $\Delta P_{\phi}$ ) и ослабления дозы радиации ионизирующих излучений ( $K_3$ )**

Класс убежища	Избыточное давление во фронте ударной волны, на которое рассчитано убежище ( $\Delta P_{\phi}$ )	Коэффициент ослабления дозы радиации ионизирующего излучения ( $K_3$ )
A-I	$\Delta P_{\phi}=5 \text{ кгс/см}^2$ (500 кПа)	$K_3=5000$
A-II	$\Delta P_{\phi}=3 \text{ кгс/см}^2$ (300 кПа)	$K_3=3000$
A-III	$\Delta P_{\phi}=2 \text{ кгс/см}^2$ (200 кПа)	$K_3=2000$
A-IV	$\Delta P_{\phi}=1 \text{ кгс/см}^2$ (100 кПа)	$K_3=1000$
A-V	$\Delta P_{\phi}=0,5 \text{ кгс/см}^2$ (50 кПа)	$K_3=300$

При этом необходимо учитывать следующее:

- вместимость убежища должна обеспечивать укрытие НРС объекта;
- радиус сбора укрываемых не должен превышать 500 м;
- минимальная вместимость убежищ составляет 150 человек;
- класс убежища определяется расположением объекта, его специфическими особенностями (табл. 5.1);
- система воздухообеспечения убежищ должна обеспечивать защиту укрываемых от пыли, в том числе грубой радиоактивной (I режим - чистой вентиляции), от отравляющих веществ, бактериальных средств и от остальных радиоактивных веществ (II режим - фильтровентиляции). В зонах возможного опасного химического заражения, возможного катастрофического затопления, в зонах возможных пожаров, на АЭС

необходимо предусматривать режим полной или частичной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха (III -режим вентиляции).

На генеральной схеме объекта экономики нанести условными знаками ЗС и показать маршруты движения укрываемых в них.

#### **4.14. Обеспечение рабочих и служащих СИЗ**

**Расчет СИЗ для защиты рабочих, служащих и личного состава  
невоенизированных формирований ГО**

Наименование	Количество СИЗ	Кому выдается
1. Фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-5 и т.д.)		Каждому рабочему и служащему
2. Респиратор Р-2		Каждому рабочему и служащему
3. Изолирующий противогаз ИП-4		Личному составу формирований пожаротушения, аварийно-технической, обеззараживания, разведгруппе, ПРиПХР
4. Легкий защитный костюм Л-1 (или ОЗК)		Личному составу формирований пожаротушения, аварийно-технической, разведгруппе, РнХР, группе обслуживания убежищ
5. Защитная фильтрующая одежда (ЗФО)		Личному составу сандружин, в т.ч. в составе спасательных и сводных отрядов, отрядов ПРиПХР
6. Аптечка индивидуальная АИ-2		Личному составу формирований ;
7. Индивидуальный противохимический пакет		Личному составу формирований
8. Профилактический антидот ФОВ - препарат П-3		Личному составу сводных формирований, ПР и ПХР

*Примечание.* Графа «Количество СИЗ» заполняется студентом согласно организационной структуре ГО объекта экономики.

При оценке обеспечения персонала завода средствами индивидуальной защиты необходимо учитывать (табл. 5.2.):

- количество рабочих и служащих, не вошедших в состав невоенизированных формирований ГО и количество личного состава формирований ГО;

- обеспечение СИЗ личного состава формирований согласно табелям оснащения этих формирований;

- наличие СИЗ, обеспечивающих защиту от СДЯВ на объектах, имеющих СДЯВ. или расположенных в зоне возможного заражения СДЯВ

Нужно определить:

- количество фильтрующих противогазов, респираторов, средств защиты кожи, средств медицинской защиты, которое необходимо иметь на объекте;

- порядок размещения и организации хранения СИЗ в цехах, порядок выдачи СИЗ личному составу формирований ГО и остальным рабочим и служащим, учитывая опасность объекта.

#### **4.15. Проведение эвакуационных мероприятий (временное отселение, эвакуация, рассредоточение)**

В штабе ГО и ЧС объекта разрабатывается «План действий объекта по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций мирного времени» (заблаговременно).

В тексте в числе мероприятий по защите персонала указываются действия по эвакуации работающей смены, как при угрозе, так и при возникновении ЧС.

Исходя из прогнозируемой возможности возникновения той или иной аварии, катастрофы или стихийного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, принести ущерб здоровью людей и нарушить условия их жизнедеятельности, намечаются мероприятия и временные параметры по эвакуации, в числе которых:

- определение вида эвакуации;
- расчет рабочих и служащих на проведение эвакуации;
- мероприятия по безаварийной остановке производства;
- организация охраны объекта и меры по усилению пропускного режима при проведении эвакуации, ее завершении и ликвидации последствий ЧС;
- организация материально-технического и бытового обеспечения эвакуации;
- другие вопросы.

#### ***Определение вида эвакуации***

Для определения временных показателей (параметров) отдельным приложением разрабатывается план-график проведения эвакуационных мероприятий (табл. 5.3).

**План-график проведения эвакуационных мероприятий**

п/п	Планируемые мероприятия	Исполнитель	Время, мин							
			5	10	15	20	25	30	35	40
1	Оповещение персонала об угрозе ЧС	Дежурный по объекту	■							
2	Безаварийная остановка производства	Начальники подразделений		■	■	■				
3	Сбор работающей смены подготовка к эвакуации	Начальники участков		■	■					
4	Обеспечение работающих СИЗ	Начальники участков			■	■	■			
5	Оценка обстановки и принятие решения на эвакуацию. Доведение решения до руководителей подразделений	Председатель КЧС		■						
6	Вывод работающих из зоны ЧС	Руководители подразделений			■	■	■	■	■	

**Вид эвакуации** – это вывод работающих за пределы объекта или укрытие в защищенных сооружениях, или использование защитных свойств зданий и сооружений (определяется в зависимости от фактора внезапности наступления ЧС) и определяется по формуле

$$T = T_{\text{чс}} - T_{\text{эвак}},$$

где  $T$  - время, имеющееся в запасе для организации эвакуации;  $T_{\text{чс}}$  - время наступления ЧС;  $T_{\text{эвак}}$  - время необходимое для организации эвакуационных мероприятий.

**Расчет рабочих и служащих на проведение эвакуации**

Расчет рабочих и служащих производится, исходя из наибольшей работающей смены (НРС) мирного времени количества личного состава, входящего в состав формирований, и дежурной смены, которую необходимо оставить на рабочих местах для охраны и контроля за работающим оборудованием (табл. 5.4).



**Расчет рабочих и служащих на проведение эвакуации**

Подразделения	Наибольшая рабочая смена	Из них			Подлежит эвакуации.
		Формирования	Дежурная смена	Всего	
1	152	20	4	24	128
2	74	12	2	14	60
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
<i>Итого</i>	735	150	18	168	567

При угрозе и возникновении ЧС личная смена формирований остается, как правило, на объекте, оснащается СИЗ приборами и инструментами и немедленно приступает к проведению спасательных и других неотложных работ (АСНДР).

Если нет человеческих жертв, то дежурная смена укрывается на какое-то время, после чего приступает к выполнению задач.

На период эвакуации и остановки производства вводится усиленный режим охраны объекта и структурных подразделений.

Где невозможно по условиям технологии остановить производство - оставляют дежурные смены (расчеты), которые обеспечиваются СИЗ.

***Мероприятия по безаварийной остановке производства***

При проведении эвакуационных мероприятий возникает необходимость остановки производства. Причем сделать это надо так, чтобы не возникло дополнительно каких-либо аварийных ситуаций, которые могут принести новый ущерб предприятию.

Поэтому заблаговременно и весьма тщательно разрабатывают мероприятия по безаварийной остановке производства в экстренных случаях, для чего каждый объект должен иметь специальный график, который утверждает начальник ГО объекта (табл.5.5).

**План-график на безаварийную остановку производства**




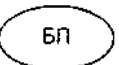
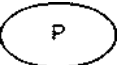





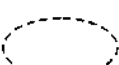

п/п	Планируемые мероприятия	Исполнитель	Время, мин							
			5	10	15	20	25	30	35	40
1	Доведение сигнала до подразделения	Дежурный по объекту								
2	Остановка, местное отключение станков и оборудования на рабочих местах	Рабочая смена								
3	Выключение печей, перекрытие подачи газа, снятие напряжения со щитов питания	Начальники участков								
4	Выключение щитов питания и оборудования по группам, снятие напряжения с шинных мостов	Главный энергетик								
5	Эвакуация персонала	Руководители подразделений								
6	Доклад начальников подразделений главному инженеру об остановке производства	Руководители подразделений								
	Доклад главного инженера начальнику ГО объекта	Главный инженер								

**Подготовка схем совершения марша эвакуации населения из зоны ЧС к пунктам временного размещения (ПВР)**

Маршруты выдвижения населения выбираются с учетом обстановки, которая может возникнуть при ЧС.

Вывод людей из зоны ЧС осуществляется с учетом направления приземного ветра (по возможности должно быть перпендикулярно направлению распространения ветра, в обход разрушений, завалов и других препятствий).

Схема разрабатывается заблаговременно на основе тщательного и всестороннего прогноза обстановки, которая может сложиться в результате ЧС.

	—	время объявления эвакуации
	—	промежуточный пункт эвакуации
	—	малый привал
	—	большой привал
	—	пост регулировки
	—	рубеж регулирования
	—	медицинский пункт
	—	пункт посадки на автотранспорт
	—	пункт высадки
	—	пункт водоснабжения
	—	район размещения в загородной зоне
	—	пеший маршрут

#### 4. 16. Расчет потребности объекта экономики в защитных сооружениях и их оборудовании

При определении требуемого количества защитных сооружений на объекте исходят из численности рабочих и служащих, расположения основной массы производственного персонала на территории объекта, условий возможного размещения защитных

сооружений, их вместимости и других факторов.

Для расчета потребности в защитных сооружениях и их оборудовании необходимы следующие исходные данные:

$q$  - ожидаемая мощность ядерного взрыва, Мт;

$K_{оэ}$  - удаление объекта экономики от вероятной точки взрыва, км;

$V_{св}$  - скорость среднего ветра, км/ч;

$N$  - общее число рабочих, подлежащих укрытию (наибольшая рабочая смена), чел;

схема расположения рабочих участков на объекте экономики и распределение рабочих по ним;

возможность возникновения вторичных поражающих факторов на объекте экономики.

## Методика расчета

### *1. Определение защитных свойств убежищ и противорадиационных укрытий*

Требуемая прочность защитного сооружения  $\Delta P_{\phi.треб}$  определяется максимальным избыточным давлением, ожидаемом на объекте ( $\Delta P_{\phi.макс}$ ):

$$\Delta P_{\phi.треб} = \Delta P_{\phi.макс}$$

Максимальное избыточное давление на объекте экономики можно определить по таблицам [5].

Требуемый коэффициент ослабления радиации защитного сооружения от радиоактивного заражения можно найти по формуле

$$K_{осл.РЗтреб} = D_{РЗмакс} / 50$$

где  $D_{РЗмакс}$  - максимальная доза на открытой местности за 4 суток с момента взрыва;

$$D_{РЗмакс} = 5 \cdot P_{1макс} \cdot (t_H^{-0,2} - t_K^{-0,2}),$$

где  $P_{1макс}$  - максимальный уровень радиации на 1 ч после взрыва, ожидаемый на объекте;  $t_H$  - время заражения относительно момента взрыва, ч .

$$t_H = \frac{R_{оэ}}{V_{св}} + t_{вып},$$

где  $t_{\text{вып}}$  - время выпадения радиоактивных веществ (в среднем можно принять равным 1ч);  $t_K$  - время окончания облучения, ч;  $t_K = t_H + 96$  ч;  $V_{\text{св}}$  - скорость среднего ветра км/ч.

#### **4.17. Выбор типа защитных сооружений (ЗС) по степени защиты**

Выбор типа ЗС основан на определении зоны возможных разрушений (ЗВР), если объект экономики попадает в зону ВР, то строится убежище, в зоне возможных слабых разрушений и в зависимости от избыточного давления, за пределами зоны действия ударной волны - только ПРУ.

##### ***Размещение ЗС***

Защитные сооружения на объекте необходимо размещать выполняя следующие требования:

- а) радиус сбора укрываемых должен обеспечивать своевременное укрытие рабочих и служащих в ЗС по сигналу «Воздушная тревога»;
- б) убежища размещать только в подвальных и цокольных этажах зданий и сооружений I и II степени огнестойкости с производством ГИД по пожарной опасности;
- в) убежища необходимо располагать не ближе 15 м от коммунально-энергетических магистралей на незатапливаемой территории.

##### ***Расчет вместимости ЗС***

Общая вместимость ЗС должна соответствовать количеству рабочих и служащих в наибольшей работающей смене и определяется общей суммой мест для сидения и лежания. При этом для вновь строящихся убежищ вместимость принимается не менее 150 человек, для вновь строящихся ПРУ - не менее 50 человек.

##### ***Определение объемно-планировочных решений ЗС***

В убежищах предусматриваются основные (а) и вспомогательные (б) помещения.

А. Помещения для укрываемых строятся из расчета  $0,5 \text{ м}^2$  на одного укрываемого при 2-ярусном расположении нар. Внутренний объем должен быть не менее  $1,5 \text{ м}^3$  на укрываемого. (При определении объема помещений учитываются все помещения в зоне герметизации за исключением помещения ДЭС, тамбуров, расширительных камер.) Количество нар рассчитывается из условий: места для сидения -  $0,45\text{--}0,45 \text{ м}$  на человека, для лежания (верхние)  $0,55\text{--}1,8 \text{ м}$ . Число мест для лежания составляет 20 % вместимости убежища.

Пункт управления оборудуется в убежищах вместимостью более 600 человек или в одном из нескольких ЗС, имеющих на объекте экономики. Норма площади поля равна  $2 \text{ м}^2$  на каждые 500 человек под санитарный пост, но не менее 1 поста на убежище. Медицинская комната ( $S=9 \text{ м}^2$ ) оборудуется при вместимости убежища 900-1 200 человек. На каждые 100 человек сверх 1 200 площадь увеличивается на  $1 \text{ м}^2$ .

Б. Площадь вспомогательных помещений рассчитывается в зависимости от числа укрываемых и устанавливаемого оборудования.

Нормы площади пола ( $\text{м}^2/\text{чел}$ ) принимаются:

- для убежищ без ДЭС, регенерации воздуха и автономного водоснабжения;

- для убежищ без ДЭС, но с тремя режимами вентиляции;

- для убежищ с ДЭС, тремя режимами вентиляции, без автономного водоснабжения.

Количество входов (не менее двух) рассчитывается, исходя из следующих условий: на каждые 200 человек принимается один вход шириной  $0,8 \text{ м}$ , на 300 человек -  $1,2 \text{ м}$ . Входы оборудуются тамбурами площадью  $8 \text{ м}^2$  и  $10 \text{ м}^2$  для проемов шириной  $0,8$  и  $1,2 \text{ м}$  соответственно. При вместимости убежища более 300 человек один из входов оборудуется однокамерным тамбур-шлюзом, при вместимости более 600 человек - двухкамерным.

Размеры фильтровентиляционных помещений, помещений для ДЭС, баллонной, электрощитовой определяются в зависимости от габаритов оборудования и площади, необходимой для его обслуживания.

Кладовые предусматриваются площадью  $5 \text{ м}^2$  на 150 человек. Яри вместимости убежища более 150 человек, на каждые 150 человек сверх 150 площадь помещения увеличивается на  $3 \text{ м}^2$ .

### ***Определение санитарно-технических устройств, систем электроснабжения и связи***

#### **А. Система водоснабжения**

Расчет оборудования системы воздухообеспечения обычно ведется для двух режимов вентиляции (Р-I) и фильтровентиляции (Р-II). Нормы подачи воздуха на одного укрываемого в режиме Р-I - 3-13 м<sup>3</sup>/ч, в режиме Р-II - 2 м<sup>3</sup>/ч.

Для воздухообеспечения убежищ вместимостью до 600 человек используют фильтровентиляционные комплекты ФВК-1 и ФВК-2.

ФВК-1 обеспечивает I и II режимы вентиляции, подача воздуха соответственно 1 200 м<sup>3</sup>/ч и 300 м<sup>3</sup>/ч. Расчет требуемого комплекта ФВК ведется по режиму II. При недостаточной подаче воздуха этими комплектами в режиме Р-I нужно предусмотреть установку дополнительных электроручных вентиляторов ЭРВ-72-3 (подача 1300...1800 м<sup>3</sup>/ч).

ФВК-Н обеспечивает все три режима вентиляции и рассчитан на 150 человек.

#### Б. Водоснабжение убежищ

Водоснабжение предусматривается от внешней водопроводной сети, кроме того, предусматривается запас питьевой воды из расчета 3 л в сутки на одного укрываемого.

Канализация осуществляется отводом сточных вод в наружную канализационную сеть самотеком, либо перекачкой. Предусматривается аварийный резервуар из расчета 2 л воды, а сутки на одного укрываемого.

#### В. Электроснабжение

Электроснабжение убежищ предусматривается от сети предприятия (города) и от ДЭС.

ДЭС устанавливается в убежищах с тремя режимами вентиляции в убежищах, где имеется пункт управления, в одном из нескольких убежищ на предприятии. Кроме того, необходимо предусмотреть местные источники освещения (переносные электрические фонари, аккумуляторные светильники).

## 5. Задания к выполнению курсовой работы

### 5.1. Расчет зон химического заражения

Выполнить расчет зон химического заражения при аварии на химически опасном объекте (ХОО) который расположен в пос. Нефтяников (см. прил. 1).

Рассчитать зоны химического заражения при оперативном прогнозировании по наибольшему количеству АХОВ и заблаговременном прогнозировании при полном разрушении ХОО.

Границы зоны заражения нанести на план загородной зоны.

Направление ветра с Северо-Запада на Юго-Восток.

Исходные данные для выполнения курсовой работы:

1. Время аварии на ХОО-  $(1+n)$ , ч;
2. АХОВ – соляная кислота –  $(5+n)$ , т  
хлор –  $(10+n)$ , т  
аммиак –  $(15+n)$ , т;

Хранение АХОВ – изотермическое.

3. Скорость ветра –  $(1+0,1n)$ , м/с

4. Температура воздуха –  $(15+n)$ , °С,

где  $n$  - № варианта по последней цифре в зачетной книжке.

### 5.2. Расчет зон радиоактивного заражения при ядерном взрыве

По городу нанесен ядерный удар мощностью  $q=1+N$  кт. Время нанесения удара 8.00. Определить уровень радиации на цементном заводе на 12 часов дня. Определить уровень радиации на 1 час после взрыва. Определить время начала аварийно - спасательных работ. Допустимая доза облучения  $D_{\text{доп}}=10$  Р. Метеоусловия на момент ядерного взрыва:  $V_{\text{ветра}}=10+N$  м/с, утро, пасмурно. Определить количество смен работы спасателей и их продолжительность. Время проведения аварийно-спасательных работ 24 часа. Направление ветра на пос. Вишневку.

### 5.3. Разработать структуру ГО и мероприятий по защите рабочих и служащих цементного завода от чрезвычайных ситуаций



На заводе имеется убежище на 150 человек, расположенное в заводоуправлении. Рабочие работают в 2 смены, количество человек в 1-ую смену 450 человек, во 2-ую 550 человек.

#### **5.4. Расчетно-графические задания**

***Расчетно-графические задания выполняются на основании методики расчета для курсовой работы***

РГЗ № 1 Расчет зон химического заражения при оперативном прогнозировании.

РГЗ № 2 Расчет зон радиоактивного заражения при ядерном взрыве.

**6. Вопросы к экзамену (зачету).**

1. БЖД. Основные понятия, термины и определения.
2. Виды опасностей (негативных воздействий), формируемых в процессе трудовой деятельности.
3. Назовите основные формы трудовой деятельности.
4. Особенности физического и умственного труда.
5. Классы условий труда.
6. Что называется опасностью? Таксономия опасностей.
7. Классификация опасностей по признакам.
8. Что собой представляет идентификация опасностей?
9. Риск, виды риска.
10. Концепция приемлемого риска, процедура определения риска?
11. Что такое система? Системный анализ изучения объектов.
12. Модель, виды моделей.
13. Средства обеспечения безопасности, их классификация.
14. Принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации.
15. Анализаторы человека.
16. Основы физиологии труда. Категории работы по степени тяжести.
17. Производственное освещение. Основные требования к производственному освещению. Нормирование освещения.
18. Производственное освещение. Показатели для качественной оценки условий зрительной работы.
19. Производственное освещение. Количественные показатели света.
20. Виды естественного и искусственного освещения.
21. Источники света при искусственном освещении.
22. Микроклимат рабочей зоны. Параметры микроклимата и их нормирование.
23. Естественная и искусственная (механическая) вентиляция.
24. Вибрация, виды вибраций. Гигиеническое нормирование вибрации.
25. Вибрация, ее воздействие на человека.
26. Методы снижения уровня вибрации машин и оборудования.
27. Акустические колебания. Действие инфразвука и ультразвука на организм человека.
28. Защита от инфразвука и ультразвука.
29. Производственный шум, нормирование шума.

30. Классификация производственных шумов.
31. Методы борьбы с шумом.
32. Действие электрического тока на человека.
33. Основные причины несчастных случаев в случае поражения электрическим током.
34. Анализ опасности прикосновения к токоведущим частям.
35. Способы и средства защиты от поражения электрическим током.
36. Шаговое напряжение.
37. Обеспечение безопасности при эксплуатации электроустановок
38. Обеспечение безопасности при эксплуатации сосудов и установок, работающих под давлением.
39. Основные причины взрыва паровых котлов.
40. Безопасность эксплуатации паровых и водогрейных котлов.
41. Безопасность эксплуатации компрессорных установок.
42. Требования безопасности при установке и размещении оборудования.
43. Технические средства безопасности.
44. Статическое электричество, защита от статического электричества.
45. Молниезащита зданий и сооружений.
46. Электромагнитное излучение (ЭМИ). Действие ЭМИ на организм человека.
47. Основные способы и средства защиты персонала от ЭМП.
48. Нормирование ЭМИ.
49. Радиационные дозы ионизирующих излучений.
50. Химически опасные объекты (ХОО). Классификация аварий на ХОО.
51. ХОО. Основные термины и определения.
52. Социальная опасность, ее основные виды.
53. Что называется психологическими опасностями?
54. Как обеспечивается экологическая безопасность?
55. Классификация средств индивидуальной защиты.
56. Риск, виды риска.
57. Пыль, известные пылевые заболевания.
58. Способы и методы борьбы с производственной пылью.
59. Классификация экологических опасностей по происхождению.
60. Основные причины загрязнения атмосферы.
61. Санитарно-гигиенические требования к промышленным предприятиям.

## 7. Итоговые тестовые задания для дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

1. *Вредными производственными факторами являются:*

- а) повышенный шум,
- б) дискомфортный микроклимат,
- в) поражение электрическим током,
- г) недостаточное освещение,
- д) ожог кислотой.

2. *К социальным опасностям относятся:*

- а) терроризм,
- б) алкоголизм и курение,
- в) работа на производстве,
- г) хулиганство,
- д) спорт

3. *По месту расположения защитные сооружения классифицируют на:*

- а) встроенные;
- б) для защиты работников предприятий и населения;
- в) возводимые заблаговременно;
- г) отдельно стоящие;
- д) быстровозводимые.

4. *Опасными производственными факторами являются:*

- а) вибрация,
- б) движущиеся машины и механизмы,
- в) запыленность воздуха,
- г) отлетающие частицы обрабатываемого материала,
- д) вращающиеся механизмы.

5. *Сцинтилляционный метод обнаружения и измерения ионизирующих излучений заключается:*

- а) в том, что некоторые вещества светятся при воздействии на них ионизирующих излучений;
- б) в том, что молекулы некоторых веществ в результате воздействия ионизирующих излучений распадаются, образуя новые химические соединения;

в) в том, что под воздействием ионизирующих излучений в среде происходит ионизация молекул, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается.

*6. К количественным показателям света относят:*

- а) контраст объекта с фоном,
- б) освещенность,
- в) коэффициент пульсации освещенности,
- г) сила света,
- д) яркость.

*7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) устанавливают для:*

- а) газов,
- б) воды,
- в) пыли,
- г) сахарной пудры.

*8. Непостоянный шум бывает:*

- а) колеблющийся,
- б) толчкообразный,
- в) прерывистый,
- г) импульсный,
- д) непрерывный.

*9. Какие источники являются искусственными источниками ионизирующих излучений (ИИ):*

- а) ядерные реакторы,
- б) космические лучи,
- в) рентгеновские установки,
- г) ускорители заряженных частиц,
- д) естественно распределенные на Земле радиоактивные вещества.

*10. По тяжести труда различают следующие категории физических работ:*

- а) легкие работы,
- б) умеренные работы,
- в) работы повышенной тяжести,
- г) работы средней тяжести,
- д) тяжелые работы.

*11. Тяжелые работы – это работы с энергозатратами выше:*

- а) 150 Дж/с,
- б) 183 Дж/с,
- в) 200 Дж/с,
- г) 250 Дж/с,
- д) 293 Дж/с.

*12. Формы интеллектуального (умственного) труда по организации трудового процесса, характеру нагрузки, степени эмоционального напряжения подразделяются на:*

- а) операторский труд,
- б) крестьянский труд,
- в) труд преподавателей и медицинских работников,
- г) труд учащихся и студентов,
- д) творческий труд,
- е) управленческий труд.

*13. К микроорганизмам относятся:*

- а) бактерии,
- б) животные,
- в) риккетсии,
- г) растения,
- д) водоросли.

*14. Вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на:*

- а) нервную систему,
- б) сердечнососудистую систему,
- в) желудочно-кишечный тракт,
- г) органы дыхания,
- д) органы равновесия (вестибулярный аппарат).

*15. Октава – это полоса частот, в которой верхняя частота:*

- а) в 1,5 раза больше нижней частоты,
- б) 2,5 раза больше нижней частоты,
- в) в 2 раза больше нижней частоты.

*16. Ультразвуком называется звук с частотой:*

- а) ниже 16 Гц,
- б) выше 20 кГц,

в) от 16 до 20 кГц.

17. По характеру воздействия на организм химически вредные вещества подразделяют на:

- а) общетоксические,
- б) раздражающие,
- в) успокаивающие,
- г) sensibilizing,
- д) канцерогенные,
- е) мутагенные,
- ж) улучшающие кровообращение.

18. Расчетным сопротивлением тела человека является величина:

- а) 100 Ом,
- б) 10 Ом,
- в) 1000 Ом,
- г) 10000 Ом.

19. Суммарное сопротивление всех заземлителей в электроустановках напряжением до 1000 В, не должно превышать:

- а) 4 Ом,
- б) 6 Ом,
- в) 10 Ом,
- г) 15 Ом.

20. Пороговый ощутимый ток составляет величина:

- а) 10-15 мА переменного тока и 50-80 мА – постоянного,
- б) 0,6-1,5 мА переменного тока и - 5-7 мА постоянного,
- в) 100 мА переменного тока и 300 мА – постоянного.

21. По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на:

- а) стержневые,
- б) тарельчатые,
- в) сетчатые,
- г) тросовые,
- д) канатные.

22. Электромагнитными ионизирующими излучениями (ИИ) являются:

- а) рентгеновское излучение,

- б) бета-излучение,
- в) нейтронное излучение,
- г) гамма-излучение,
- д) альфа-излучение.

23. Назовите классы условий труда с учетом превышения гигиенических нормативов:

- а) оптимальные,
- б) нормальные,
- в) допустимые,
- г) вредные,
- д) опасные,
- е) реальные.

24. Безопасность жизнедеятельности – это ..... о комфортном и безопасном взаимодействии человека с окружающей природной средой:

- а) выдумка,
- б) мистика,
- в) наука,
- г) предположение.

25. Разрыв барабанной перепонки возможен при действии шума более:

- а) 70-90 дБ,
- б) 140-145 дБ,
- в) 90-110 дБ,
- г) 110-120 дБ.

26. В зависимости от размеров частиц различают:

- а) видимую пыль,
- б) крупную пыль,
- в) микроскопическую пыль,
- г) ультрамикроскопическую пыль,
- д) невидимую.

27. Существуют 4 методических подхода к определению риска:

- а) инженерный подход,
- б) конструктивный,
- в) экспертный подход,
- г) социологический подход,



- д) модельный подход,
- е) экономичный.

28. *Классификация основных форм трудовой деятельности человека:*

- а) труд физический,
- б) механизированные формы труда,
- в) коллективный труд,
- г) автоматизированный и полуавтоматизированный труд.

29. *Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства:*

- а) защитное заземление,
- б) большое напряжение,
- в) оградительные устройства,
- г) зануление,
- д) малое напряжение.

30.  *$\gamma$ -излучение – это:*

- а) поток тяжелых положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия),
- б) жесткое электромагнитное излучение,
- в) поток легких отрицательно заряженных частиц (электронов).

31. *Единица измерения яркости, это:*

- а) люкс (лк),
- б) кандела на метр квадратный (кд/м<sup>2</sup>),
- в) кандела (кд),
- г) люмен (лм).

32. *Уровень звукового давления измеряется в:*

- а) паскалях (Па),
- б) беллах (Б),
- в) децибеллах (дБ).

33. *Спектр шума – это зависимость уровня звукового давления от:*

- а) частоты звука,

- б) интенсивности звука,
- в) давления,
- г) амплитуды колебаний.

*34. Основными параметрами микроклимата являются:*

- а) освещение,
- б) относительная влажность,
- в) температура,
- г) давление,
- д) скорость движения воздуха.

*35. По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на 4 класса:*

- а) чрезвычайно опасные,
- б) предельно опасные,
- в) высокоопасные,
- г) низкоопасные,
- д) умеренно опасные,
- е) малоопасные.

*36. Освещение бывает следующих видов:*

- а) естественное,
- б) комбинированное,
- в) искусственное,
- г) совмещенное,
- д) совместное.

*37. Для характеристики естественного освещения используют:*

- а) коэффициент пульсации освещенности,
- б) показатель ослепленности,
- в) коэффициент естественной освещенности.

*38. При анализе травматизма учитывают следующие показатели:*

- а) коэффициент тяжести травматизма,
- б) коэффициент продолжительности травматизма,
- в) коэффициент частоты травматизма,
- г) общий коэффициент травматизма,
- д) коэффициент травматизма со смертельным исходом,
- е) коэффициент опасности травматизма.

39. Средства индивидуальной защиты делят на:

- а) изолирующие,
- б) защищающие,
- в) обволакивающие,
- г) фильтрующие,
- д) предохраняющие.

40. По направлению перемещения потока воздуха вентиляция бывает:

- а) приточной,
- б) прибегающей,
- в) вытяжной,
- г) отточной,
- д) приточно-вытяжной.

41. При физической терморегуляции отдачу тепла в окружающую среду формируют:

- а) радиация,
- б) инверсия,
- в) кондукция,
- г) испарение влаги,
- д) конвекция,
- е) изотермия.

42. По горючести вещества делят на:

- а) горючие,
- б) легкогорючие,
- в) малогорючие,
- г) трудногорючие,
- д) негорючие.

43. Существуют два главных источника загрязнения атмосферы:

- а) природные,
- б) антропогенные,
- в) искусственные.

44. Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда, работающие под давлением, оснащаются:

- а) шумомерами,
- б) обратными клапанами,

- в) манометрами и термометрами,
- г) указателями уровня жидкости,
- д) люксметрами,
- е) запорной арматурой.

45. *В соответствии с действующими в Российской Федерации ГОСТами средства защиты работающих подразделяют по характеру их применения на:*

- а) средства коллективной защиты,
- б) массовые средства защиты,
- в) средства индивидуальной защиты,
- г) общие средства защиты.

46. *Исход поражения человека электрическим током зависит от:*

- а) рода и величины тока,
- б) пути прохождения тока,
- в) рельефа местности, на которой произошло поражение,
- г) индивидуальных особенностей организма,
- д) параметров окружающей среды,
- е) настроения человека.

47. *До пуска в работу сосуда, работающие под давлением, регистрируются в органах:*

- а) Рострудинспекции,
- б) Ростехнадзора РФ,
- в) энергонадзора РФ,
- г) МЧС РФ.

48. *Пыль – это дисперсная система, состоящая из мельчайших твердых частиц, находящихся в:*

- а) газовой среде,
- б) жидкости,
- в) твердом веществе.

49. *В зависимости от принятого метода оценки стандарт регламентирует разные нормативные параметры вибрации. При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются:*

- а) средние квадратические значения виброскорости,
- б) интенсивность колебаний,

- в) частота колебаний,
- г) виброускорения.

50. Гамма-излучения обладают высокой:

- а) проникающей способностью,
- б) ионизационной способностью.

51. К радиоактивным веществам относятся:

- а) магний,
- б) уран,
- в) торий,
- г) радон,
- д) калий.

52. Единицей измерения эквивалентной дозы является:

- а) Кюри (Ки),
- б) кулон на килограмм (Кл/кг),
- в) зиверт (Зв),
- г) грей (Гр).

53. К средствам индивидуальной защиты от шума (СИЗ) относятся:

- а) защитные костюмы,
- б) «беруши»,
- в) наушники,
- г) пневмошлемы,
- д) спецобувь.

54. Звуковое давление на пороге слышимости составляет:

- а)  $P_0 = 2 \cdot 10^2$  Па,
- б)  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па,
- в)  $P_0 = 2 \cdot 10^{-2}$  Па,
- г)  $P_0 = 2 \cdot 10^5$  Па.

55. В отношении опасности поражения людей электротоком различаются:

- а) помещения без повышенной опасности,
- б) помещения малой опасности,
- в) помещения с умеренной опасностью,

- г) помещения с повышенной опасностью,
- д) особо опасные помещения.

56. По токсичности пыли делят на:

- а) ядовитые,
- б) мало ядовитые,
- в) неядовитые,
- г) чрезвычайно ядовитые.

57. Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются ПУЭ на ЭУ:

- а) до 0,5 кВ,
- б) до 1 кВ,
- в) выше 1 кВ,
- г) выше 0,5 кВ.

58. Каким прибором измеряют освещение:

- а) ваттметром,
- б) люксметром,
- в) вольтметром.

59. В систему стандартов безопасности труда ССБТ входят следующие документы:

- а) уголовно-процессуальный кодекс,
- б) санитарные нормы,
- в) строительные нормы и правила,
- г) гражданский кодекс,
- д) гигиенические нормы и правила,
- е) инструкции.

60. Существуют два главных источника загрязнения атмосферы: природные и антропогенные. К антропогенным источникам загрязнения атмосферы относятся:

- а) лесные пожары,
- б) металлургические предприятия,
- в) теплоэлектростанции,
- г) процессы разложения растений и животных,
- д) транспорт,
- е) промышленные предприятия.

61. Мощностью дозы называется доза, отнесенная к:

- а) единице объема,
- б) единице площади,
- в) единице времени.

62. Галогенные лампы – это разновидность:

- а) газоразрядных ламп,
- б) ламп накаливания,
- в) люминесцентных ламп.

63. Сколько различают разрядов зрительной работы в соответствии со СНиП 23-05-95:

- а) 4,
- б) 5,
- в) 6,
- г) 7,
- д) 8.

64. Ультрафиолетовые лучи (УФЛ) в умеренных дозах:

- а) положительно влияют на организм,
- б) отрицательно влияют на организм,
- в) никак не влияют на организм.

65. Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от ..., возможных при воздействиях молнии:

- а) взрывов,
- б) пожаров,
- в) наводнений,
- г) оползней,
- д) селей,
- е) разрушений.

66. К основным пылевым заболеваниям легких относят:

- а) пневмокониозы,
- б) пылевые бронхиты,
- в) тугоухость,
- г) гипокинезию,
- д) заболевания верхних дыхательных путей.

67. Как отличается ток, проходящий через тело человека при однофазном прикосновении, от тока, проходящего через тело человека при двухфазном прикосновении?

- а) он такой же,
- б) он меньше,
- в) он больше.

68. Высота звука — качество звука, определяемое человеком субъективно и зависящее в основном от его:

- а) интенсивности,
- б) частоты,
- в) давления,
- г) уровня звукового давления.

69. Различают 3 основных случая замыкания цепи тока через тело:

- а) двухфазное прикосновение,
- б) однофазное прикосновение,
- в) трехфазное,
- г) включение под напряжение шага.

70. Для профилактики электротравматизма применяют предупредительные плакаты. Плакаты делятся на 4 группы:

- а) предупреждающие,
- б) направляющие,
- в) запрещающие,
- г) предписывающие,
- д) указательные.

71. Для защиты от гамма-излучения определяют толщину экрана, обеспечивающую ослабление интенсивности потока гамма-квантов в любое (необходимое в соответствии санитарными нормами) число раз. Для изготовления защитных экранов, поглощающих гамма-излучение, используют следующие материалы:

- а) стекло,
- б) вольфрам,
- в) бетон,
- г) свинец,
- д) пенопласт.



*Охрана труда* – 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.

*Система* - это нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи элементов (тех или иных предметов, явлений, процессов, методов, идей, отношений и т.д.).

*Деятельность* - активное (сознательное) взаимодействие человека со средой обитания, результатом которого должна быть полезность для существования человека в этой среде.

*Окружающей средой* называется вся совокупность элементов (реальных объектов, явлений, процессов живой и неживой природы), которые способны при определенных условиях оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

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

*Производственная среда* – часть окружающей человека среды, образованная природно-климатическими и профессиональными факторами, воздействующая на него в процессе трудовой деятельности. Такой средой является, например, забой для шахтера, цех для рабочего, поле для фермера, класс для учащегося, аудитория для студента.

*Опасность* - явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в определенных условиях наносить вред существованию человека непосредственно или косвенно.

*Риск* – это количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека, т.е. число смертельных случаев, число случаев заболеваний, число случаев временной и стойкой нетрудоспособности (инвалидности), вызванных действием на человека конкретной опасности, отнесенных на определенное количество жителей (работников) за конкретный период времени.

*Безопасность* – это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

*Условия труда* – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

*Вредный производственный фактор* – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

*Опасный производственный фактор* – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

*Травмой* (от греч. trauma – рана) называют нарушение анатомической целостности тканей и органов тела или физиологических функций организма под действием внешних факторов, сопровождающееся их расстройством, а под *заболеванием* понимают нарушение жизненных функций организма.

*Безопасные условия труда* – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено, либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

*Рабочее место* – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

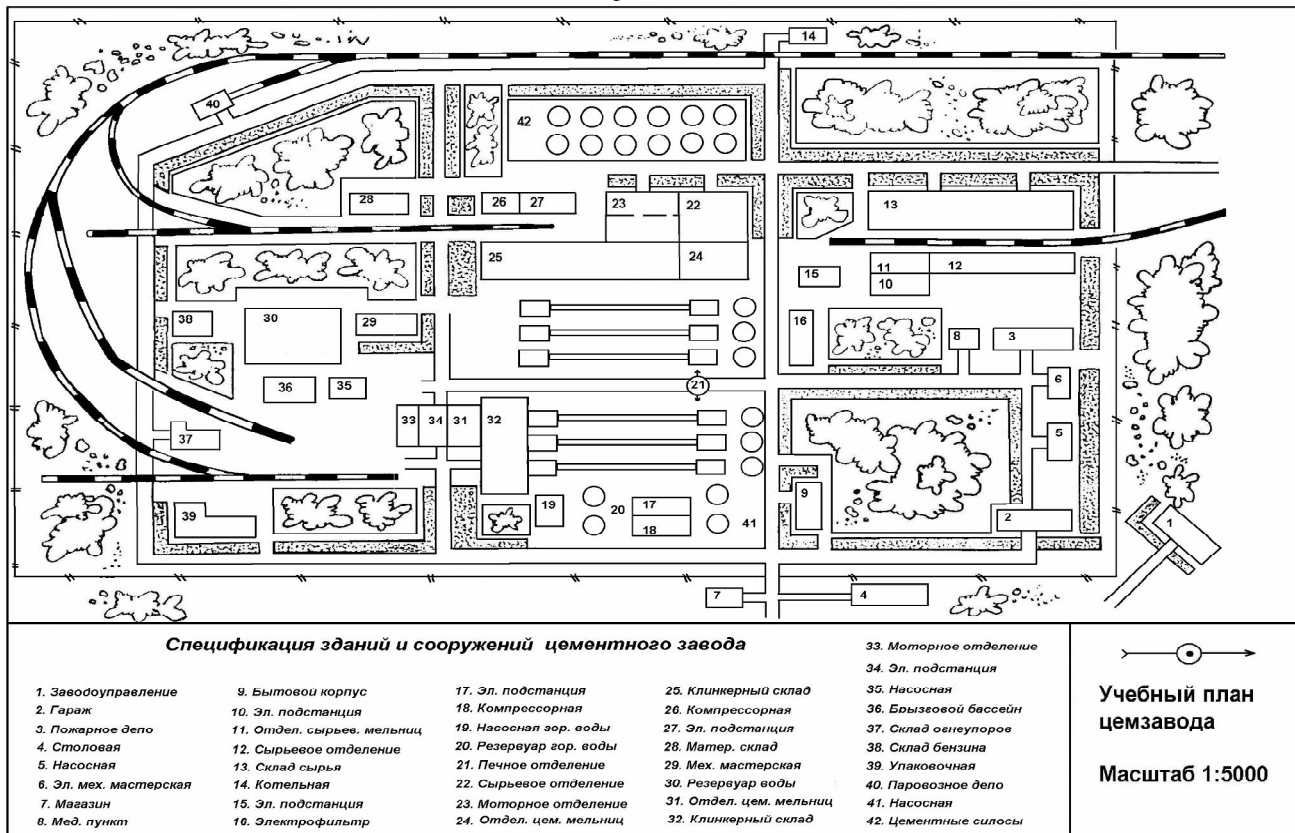
*Средства индивидуальной и коллективной защиты работников* – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных или опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

*Сертификат работ по охране труда (сертификат безопасности)* – документ, удостоверяющий соответствие проводимых в организации работ по охране труда с установленными государственными нормативными требованиями охраны труда.

*Производственная деятельность* – совокупность действий людей с применением орудий труда, необходимых для превращения ресурсов в готовую продукцию, включающих в себя производство и переработку различных видов сырья, строительство, оказание различных видов услуг.

## План загородной зоны





**ХАРАКТЕРИСТИКИ АХОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ГЛУБИН ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ**

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Темпера-тура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		Газ	Жидкость			K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	для -40 °С	для -20 °С	для 0 °С	для 20 °С	для 40 °С
1	Акролеин	-	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2
2	Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
3	Ацетонитрил	-	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6
4	Ацетонциан-гидрин	-	0,932	120	1,9**	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
5	Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2**	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
6	Водород фтористый	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1/1	1
7	Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
8	Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4*	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
9	Водород цианистый	-	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1/1	1,3
10	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1
11	Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
12	Метил бромистый	-	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
13	Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
14	Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1
15	Метилмеркаптан	-	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1
16	Нитрил акриловой кислоты	-	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
17	Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18	Окись этилена	-	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
19	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0/0,02	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
20	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
21	Сероуглерод	-	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
22	Соляная кислота (концентрированная)	-	1,198	-	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
23	Триметиламин	-	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1
24	Формальдегид	-	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
25	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
26	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
27	Фосфор треххлористый	-	1,570	75,3	3	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
28	Фосфора хлорокись	-	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
29	Хлор	0,0062	1,568	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
30	Хлорпикрин	-	1,658	1112,3	0,02	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
31	Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
32	Этиленамин	-	0,838	56,0	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
33	Этиленсульфид	-	1,005	55,0	0,1*	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
34	Этилмеркаптан	-	0,839	35,0	2,2**	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

*Примечания:*

1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления. При давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности газообразных АХОВ определяются путем умножения данных графы 3 на значения давления в кгс/см<sup>2</sup>.

2. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно расчетом из уравнения  $D=240 \cdot K \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ , где  $D$  – токсодоза, мг·мин/л;  $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$  – ПДК рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005–88, мг/л;  $K=5$  для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой),  $K=9$  для всех прочих ядов (помечены двумя звездочками).

3. Значение  $K_1$  для изотермического хранения аммиака приведено для случая разливов (выбросов) в поддон.
4. В графах 10–14 в числителе значения  $K_7$  для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.

## Приложение 4

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА  $K_4$  В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВЕТРА**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$K_4$	1	1,33	1,67	2	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	4,34	4,67	5	5,33	5,68

## Приложение 5

**ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЗДУХА ПО ПРОГНОЗУ**

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность
2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	ин	ин	из
2–3,9	из	из	из (ин)	из	из	из(ин)	из (ин)	из
4	из	из	из	из	из	из	из	из

*Примечания:*

- Обозначения: ин – инверсия, из – изотермия, к – конвекция. Буквы в скобках – при снежном покрове.
- Под термином «утро» понимается период времени в течение 2-х часов после восхода солнца; под термином «вечер» – в течение 2-х часов после захода. Период от восхода до захода за вычетом 2-х утренних часов – день, а период от захода до восхода за вычетом 2-х вечерних часов – ночь.

**ГЛУБИНЫ ЗОН ВОЗМОЖНОГО ЗАРАЖЕНИЯ АХОВ, КМ**

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т															
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	189
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60	6,80	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	44,15
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	41,30
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	38,90
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	36,81
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

Примечания:

1. При скорости ветра >15 м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 15 м/с.
2. При скорости ветра <1 м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 1 м/с.



## **ПОРЯДОК НАНЕСЕНИЯ ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ НА ТОПОКАРТЫ И СХЕМЫ**

Зона возможного заражения облаком АХОВ на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры и радиус, равный глубине заражения  $\Gamma$ . Угловые размеры в зависимости от скорости ветра по прогнозу приведены в п. 4.5.4. Центр окружности, полуокружности или сектора совпадает с источником заражения.

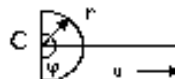
Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду различных перемещений облака АХОВ под воздействием изменений направления ветра, фиксированное изображение зоны фактического заражения на карты (схемы) не наносится.

На топографических картах и схемах зона возможного заражения имеет следующий вид (точка О соответствует источнику заражения):

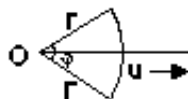
а) при скорости ветра по прогнозу  $u < 0,5$  м/с зона заражения имеет вид окружности, угловой размер зоны заражения  $\varphi = 360^\circ$ . Радиус окружности  $r$  равен глубине заражения  $\Gamma$ . Изображение эллипса (пунктиром) соответствует зоне фактического заражения на фиксированный момент времени;



б) при скорости ветра по прогнозу от 0,6 до 1 м/с зона заражения имеет вид полуокружности,  $\varphi = 180^\circ$ . Радиус полуокружности равен  $\Gamma$ . Биссектриса полуокружности совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра;



в) при скорости ветра по прогнозу  $u > 1$  м/с зона заражения имеет вид сектора,  $\varphi = 90^\circ$ ; при скорости ветра по прогнозу  $u = 1,1-2$  м/с,  $\varphi = 45^\circ$ ; при скорости ветра и по прогнозу  $u > 2$  м/с радиус сектора равен  $\Gamma$ . Биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.



**ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ АХОВ, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ И  
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ**

Наименование, характеристика АХОВ	Токсическое действие на человека	Защита	Оказание первой помощи	Обеззараживание
1	2	3	4	5
<b>Хлор</b> – зеленовато- желтый газ, с резким удушливым запахом, $T_{кип}=34\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тяжелее воздуха. При испарении и соединении с водяными парами дымит, застаивается в нижних этажах зданий, в низинах. Применяется для хлорирования воды, для получения пластмасс, инсектицидов, растворителей, дезинфицирующих, отбеливающих, моющих средств; в производстве глицерина, окиси этилена и др.; в металлургии – для хлорирующего обжига руд цветных металлов	Поражение вызывает резкую боль в груди, сухой кашель, рвоту, нарушение координации движений, одышку, резь в глазах, слезотечение. При вдыхании высоких концентраций возможен смертельный исход	Изолирующий противогаз. Промышленный противогаз типа В, БКФ, М. При их отсутствии гражданские противогазы всех типов, камеры защитные детские. Из подручных средств могут быть использованы ватно-марлевые повязки, шарфы, платки, предварительно смоченные 2 %-м раствором пищевой соды или водой. Простейшие средства защиты кожи – плащ, накидка	Надеть противогаз, немедленно вынести пострадавшего из опасной зоны, освободить от одежды, стесняющей дыхание, создать покой. Транспортировка пораженного только лежа. При остановке дыхания – искусственное дыхание, лучше методом «рот в рот». Теплое питье	Гашеная известь, щелочные растворы, вода

1	2	3	4	5
<p><b>Аммиак</b> – бесцветный газ, с резким удушливым запахом, <math>T_{\text{кип}}=33\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Легче воздуха, хорошо растворим в воде. Проникает в верхние этажи зданий. Применяется для производства азотной кислоты, нитрата и сульфата аммония, жидких удобрений (аммиакаатов), мочевины, соды, в органическом синтезе, при хранении тканей, светокопировании, в качестве хладагента в холодильниках, при серебрении зеркал</p>	<p>Сильно раздражает органы дыхания, глаза, кожу. Признаки отравления: учащенное сердцебиение, нарушение частоты пульса, насморк, кашель, резь в глазах и слезотечение, тошнота, нарушение координации движений, бредовое состояние</p>	<p>Изолирующий противогаз. Промышленный противогаз марки КД, М. При отсутствии - гражданские противогазы, ватно-марлевые повязки, шарфы, платки, предварительно смоченные водой или 5 %-м раствором лимонной кислоты</p>	<p>Надеть противогаз, немедленно вынести пострадавшего из опасной зоны, дать вдыхать теплые водяные пары (лучше с добавлением уксуса или нескольких кристаллов лимонной кислоты). Тщательно промыть глаза водой, при появлении ожогов наложить повязку. При остановке дыхания – искусственное дыхание, лучше методом «рот в рот»</p>	<p>Вода, растворы кислот в воде</p>
<p><b>Синильная кислота</b> – бесцветная жидкость с запахом горького миндаля, <math>T_{\text{кип}}=26,65\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Плотность – 0,7. Применяется в синтезе нитрильного каучука, синтетического волокна, пластмасс, органического стекла, молочной кислоты; для дезинфекции, борьбы с грызунами, окуливания плодовых деревьев</p>	<p>Вызывает нарушение тканевого дыхания вследствие блокирования дыхательных ферментов. Сначала наблюдается углубление дыхания и повышение кровяного давления, затем паралич дыхания и внезапное сильное падение кровяного давления. При высоких концентрациях человек почти мгновенно теряет сознание. При меньших концентрациях наблюдаются царапанье в горле, слюнотечение, онемение рта и зева, мышечная слабость, головокружение, головная боль, тошнота и рвота</p>	<p>Фильтрующий промышленный противогаз марки В, противогаз БКФ с защитным фильтром для дымов и пыли. При очень высоких концентрациях – изолирующий противогаз. Простейшие средства защиты кожи – плащ, накидка</p>	<p>Надеть противогаз, применить противодымную ампулу. Вынести пострадавшего на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Покой, тепло. Ингаляции кислорода. При нарушении дыхания или остановке – длительное искусственное дыхание</p>	<p>Проветривание закрытых помещений, растворы щелочей, кислород</p>

1	2	3	4	5
<p><b>Акрилонитрил</b> – бесцветная жидкость со слабым запахом, <math>T_{кип}=77,3</math> °С. Относительная плотность – 0,8. Применяется в производстве синтетических волокон, синтетического каучука и полимеризационных пластмасс; в синтезе красителей, лекарственных препаратов; как инсектицид (вентокс) и для окуливания зерна</p>	<p>Симптомы острого отравления: головная боль, слабость, тошнота, рвота, головокружение, одышка, потливость, понос. В тяжелых и смертельных случаях – сильная одышка, судороги, тахикардия, понижение температуры тела, потеря сознания. В легких случаях – беспокойство, слабость, головная боль, тошнота, рвотные движения, боли в желудке. При действии на кожу вызывает ожоги</p>	<p>Фильтрующий промышленный противогаз марки А (большая ко-робка); при подозрении на наличие синильной кислоты – специальный фильтрующий противогаз марки В (с желтой коробкой) типа БК. При наличии высоких концентраций – шланговый или изолирующий противогаз</p>	<p>Надеть противогаз, немедленно вынести пострадавшего из опасной зоны. Немедленно дать вдыхать амилнитрит (на ватке, из ампулы) в течение 15–30 с, повторять каждые 2–3 мин. Свежий воздух, тепло, покой. Снять загрязненную одежду, обмыть теплой водой с мылом. Следить за кровяным давлением. Вдыхание увлажненного кислорода. По показаниям – искусственное дыхание, сердечные средства. При отравлении через рот немедленно вызвать рвоту, промыть желудок раствором перманганата калия (2 г на 1 л воды) или 2 %-м раствором соды</p>	<p>На коже – спиртовым раствором бриллиантовой зелени или метиленовой сини. Пораженные глаза промыть струей чистой воды (10–15 мин), закапать 1–2 капли 2 %-го раствора новокаина. При раздражении дыхательных путей – содовые или масляные с ментолом ингаляции, теплое молоко с боржоми или содой. Разливы обеззараживаются 10 %-м раствором щелочи или сжиганием в керосине</p>

1	2	3	4	5
<p><b>Оксиды азота</b> – (нитрогазы, нитрозные газы) – в зависимости от состава от бесцветного до красно-бурого цвета. Плотность сжиженного газа – 1,5. Применяются при синтезе азотной кислоты и нитратов, серной кислоты нитрозным способом, анилиновых красителей, при изготовлении целлюлоида, фотопленки, искусственного шелка, при получении искусственных удобрений, при горении динамита, аммонитов, целлюлоида, кинопленки</p>	<p>Отравление начинается легким кашлем. С повышением концентрации кашель усиливается, иногда головная боль, рвота с прожилками свежей крови. На свежем воздухе явление быстро проходит. Через 2–12 часов у пораженного развивается чувство страха и сильной слабости, нарастающий кашель, иногда озноб, повышение температуры до 40°, учащенное сердцебиение, сильная синюха, тошнота, расстройство желудка. При отравлении высокими концентрациями возможна смерть уже в течение первых суток</p>	<p>Фильтрующий промышленный противогаз марки В или БКФ. Отработанность коробки определяется по запаху</p>	<p>Надеть противогаз. Перенести пострадавшего на свежий воздух (недопустимо, чтобы пострадавший шел сам, даже при удовлетворительном общем состоянии). Максимальный покой, предотвращение охлаждения. Как можно раньше вдыхание кислорода. Искусственное дыхание (с осторожностью) только при угрозе остановки дыхания. При поражении ВДП – содовые ингаляции, горячее молоко с содой или щелочной минеральной водой</p>	<p>Проветривание закрытых помещений, вода, растворы щелочей.</p>
<p><b>Фосген</b> – газ с удушливым неприятным запахом, напоминающим запах гнилых плодов, прелого сена. <math>T_{\text{кип}}=8,2\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, плотность паров – 3,5. Применяется для получения красителей, гексана, полиуретанов, производных мочевины; в фармацевтической промышленности; для разложения минералов, содержащих платину, в алюминиевой промышленности. Фосген может образовываться при термическом разложении хлорированных углеводов и особенно при применении огнетушителей, заполненных хлорорганическими растворителями</p>	<p>Вызывает отек легких в результате поражения капилляров легких, ведущего к резкому повышению проницаемости для воды и белка капилляров и стенок легочных альвеол. Наступает кислородное голодание организма в связи с замедлением кровообращения (повышается вязкость крови). Раздражающее действие на верхние дыхательные пути не велико. Вдыхание малых и средних концентраций вызывает слезотечение, кашель, тошноту. При более высоких концентрациях – рвота, боль за грудиной, ощущение удушья. Затем симптомы быстро ослабевают и исчезают – наступает ложное «выздоровление» (1–23 ч). Затем заболевание переходит в открытую форму</p>	<p>Фильтрующий промышленный противогаз марки В. При опасности образования больших концентраций – изолирующие противогазы</p>	<p>Надеть противогаз. Срочная госпитализация всех пострадавших даже при хорошем их состоянии. Обмыть пострадавших, заменить белье. Абсолютный покой и тепло (для уменьшения потребности организма в кислороде). Как можно раньше ингаляция кислорода. Искусственное дыхание (с осторожностью) только при нарушении или остановке дыхания. При раздражении дыхательных путей содовые ингаляции, горячее молоко с содовой или щелочной минеральной водой</p>	<p>Проветривание закрытых помещений, горячая вода, аммиачная вода</p>

1	2	3	4	5
<p><b>Сернистый ангидрид</b> – бесцветный газ с резким запахом, тяжелее воздуха. При комнатной температуре и 4–5 кгс/см<sup>2</sup> бесцветная подвижная жидкость, <math>T_{кип}=10,1^{\circ}</math>.</p> <p>Применяется как сырье для получения серной кислоты, сульфида натрия; для отбеливания целлюлозы, шерсти, шелка, сахара; как кон-сервант; в качестве хладагента; в некоторых производствах органической химии; для дезинфекции</p>	<p>Раздражает дыхательные пути, вызывая спазм бронхов, при неблагоприятных условиях может вызвать массовое отравление населения. Однократное вдыхание очень высоких концентраций приводит к одышке, синюхе и расстройству сознания. Острые отравления со смертельным исходом редки. При отравлении у людей наблюдается сильная колющая боль в носу, чихание, кашель, при более длительном воздействии наблюдается рвота</p>	<p>Фильтрующий промышленный противогаз марки В (или В с фильтром), БКФ, простейшие средства защиты кожи – плащ, накидка</p>	<p>Надеть противогаз. Вынести пострадавшего на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды. Ингаляции кислорода, промывание глаз, носа; полоскание 2 %-м раствором соды. Тепло на область шеи; пить теплое молоко с боржоми, содой, маслом и медом</p>	<p>Проветривание закрытых помещений. Защитное действие оказывает глюкоза, аскорбиновая кислота</p>

**ДЕЙСТВИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ,  
ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АВАРИЯМИ**

*Основным способом оповещения населения об авариях* на радиационно опасных и химически опасных объектах является передача информации по местной теле- и радиовещательной сети с использованием установленного сигнала «Внимание всем!», при котором для привлечения внимания населения включаются электросирены, дублируемые производственными гудками и другими установленными на местах сигнальными средствами. Услышав сигнал «Внимание всем!», население обязано включить радио- и телевизионные приемники и прослушать речевое сообщение о чрезвычайной ситуации и необходимых действиях.

Если при аварии на РОО в поступившей информации отсутствуют рекомендации по действиям, следует защитить себя от внешнего и внутреннего облучения. Для этого по возможности быстро защитить органы дыхания табельными средствами защиты (респиратор, противогаз), а при их отсутствии – ватно-марлевыми повязками, шарфом, платком и укрыться в ближайшем здании, лучше в собственной квартире. Войдя в помещение, в коридоре следует снять с себя верхнюю одежду и обувь, поместив их в пластиковый пакет, немедленно закрыть окна, двери и вентиляционные отверстия, включить радиоприемники и телевизоры, занять место вдали от окон, быть в готовности к приему информации и указаний о действиях.

При наличии измерителя мощности дозы определить степень загрязнения квартиры. Обязательно загерметизировать помещение и укрыть продукты питания. Для этого подручными средствами заделать щели в окнах и дверях, заклеить вентиляционные отверстия. Открытые продукты поместить в полиэтиленовые пакеты. Сделать запас воды в емкостях с плотно прилегающими крышками. Продукты и воду поместить в холодильники или закрываемые шкафы.

При получении указаний по средствам массовой информации провести профилактику препаратами йода (например, йодистым калием). При их отсутствии использовать 5 %-ный раствор йода: 3-5 капель на стакан воды для взрослых и 1-2 капли на 100 г жидкости для детей. Прием повторить через 6-7 ч. Следует помнить, что препараты йода противопоказаны для беременных женщин.

Строго соблюдать правила личной гигиены, предотвращающие или значительно снижающие внутреннее облучение. Тщательно промывать пищевые продукты. В случае загрязнения помещения защитить органы дыхания.

Помещение оставлять лишь в случае крайней необходимости и на короткое время. При выходе защитить органы дыхания и кожу с помощью табельных или подручных средств защиты. После возвращения переодеться.

**Подготовка к возможной эвакуации** заключается в сборе самых необходимых вещей. Это документы, деньги, личные вещи, продукты, лекарства, средства индивидуальной защиты, в том числе подручные: накладки, плащи из синтетических пленок, резиновые сапоги, перчатки и т.д. Вещи и продукты укладываются в чемоданы или рюкзаки, которые следует обернуть синтетической пленкой.

В ходе подготовки к эвакуации необходимо внимательно слушать передачи местного телевидения и радио, по которым будет сообщено, когда и к каким мерам защиты следует прибегнуть. Целесообразно, чтобы каждая семья заблаговременно узнала в жилищно-эксплуатационном или в специально уполномоченном органе, где находятся сборный эвакуационный пункт, пункт посадки на транспорт, пункт выдачи средств защиты, маршруты эвакуации, пункт сбора в случае аварии, а также районы размещения радиационно опасных объектов относительно жилища, места работы.

При поступлении сигнала на эвакуацию перед выходом из помещения следует отключить все электро- и газовые приборы, закрыть квартиру и повесить на дверь табличку «В помещении (квартире) №\_\_ жильцов нет».

При нахождении на улице использовать табельные или подручные средства защиты органов дыхания и кожи, по возможности не поднимать пыль, стараться не ставить чемоданы или рюкзаки на землю или использовать при этом чистую газету или любую другую подстилку. Избегать движения по высокой траве и кустарнику, без надобности не садиться и не прикасаться к местным предметам. В процессе движения не пить, не принимать пищу и не курить. Перед посадкой в автомобиль провести частичную дезактивацию средств защиты кожи, одежды и вещей путем их осторожного обтирания или обметания, а также частичную санитарную обработку открытых участков тела обмыванием или обтиранием влажной ветошью.

При посадке на транспорт или формировании пешей колонны зарегистрироваться у представителя эвакукомиссии. С целью предотвращения распространения радиоактивного загрязнения члены эвакукомиссии могут



предложить сдать зараженные средства защиты, если специальная обработка не привела к желаемому результату.

По прибытии в район размещения эвакуированных при необходимости сдать средства индивидуальной защиты и предметы одежды на дезактивацию или утилизацию в соответствии с результатами радиационного контроля. Затем необходимо умыться, помыть руки с мылом, прополоскать рот и горло. По возможности вымыть тело с мылом, после прохождения радиационного контроля надеть чистые белье, одежду и обувь.

***При проживании на местности, степень загрязнения которой превышает фоновые нормы,*** но не превышает опасных пределов, соблюдается специальный режим поведения, проводятся мероприятия по профилактике пылеобразования, ведению сельскохозяйственного производства на приусадебных участках, профилактике поступления радиоактивных веществ внутрь организма с продуктами питания и водой.

Об угрозе здоровью, возникающей в результате аварийных ситуаций, население оповещается органами по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям. В передаваемых сообщениях должно быть указано, что делать и как защитить свою семью.

Однако определенные сведения можно получить и в жилищно-эксплуатационных и специально уполномоченных органах, в школах и учебных заведениях, у руководителей и должностных лиц предприятий, учреждений, организаций заранее. К их числу относятся:

1. Место расположения (адрес) противорадиационного укрытия по месту жительства, по месту работы.
2. Место получения индивидуальных средств защиты, препаратов йода (адрес) по месту жительства, по месту работы.
3. Адрес эвакуационного пункта и его телефон.
4. Район эвакуации (адрес и телефон).
5. Адреса и телефоны ближайшего медицинского пункта, пункта охраны общественного порядка, пункта радиационного контроля.
6. Фамилии и телефоны должностных лиц специально уполномоченного и жилищно-эксплуатационного органов, начальника или мастера цеха, производственного участка, смены, бригады.

***Нормы поведения и действия населения при авариях с выбросом АХОВ зависят от его вида, концентрации, метеоусловий и т.д.***

Для защиты персонала и населения при авариях на химически опасных объектах рекомендуется:

- использование индивидуальных средств защиты и убежищ с режимом полной изоляции;

- эвакуация людей из зоны заражения, возникшей при аварии;
- применение антидотов и средств обработки кожных покровов;
- соблюдение режимов поведения (защиты) на зараженной территории;
- санитарная обработка людей, дегазация одежды, территории, сооружений, транспорта, техники и имущества.

Население, проживающее вблизи химически опасных объектов, должно знать свойства, отличительные признаки и потенциальную опасность АХОВ, используемых на данном объекте, способы индивидуальной защиты от поражения АХОВ, уметь действовать при возникновении аварии, оказывать первую медицинскую помощь пораженным.

Население, проживающее вблизи химически опасных объектов, при авариях с выбросом АХОВ, услышав информацию, передаваемую по радио, телевидению, через подвижные громкоговорящие средства или другими способами, должно надеть средства защиты органов дыхания, закрыть окна и форточки, отключить электронагревательные и бытовые приборы, газ, погасить огонь в печах, одеть детей, взять при необходимости теплую одежду и питание (трехдневный запас непортящихся продуктов), предупредить соседей, быстро, но без паники, выйти из жилого массива в указанном направлении или в сторону, перпендикулярную направлению ветра, желательно на возвышенный, хорошо проветриваемый участок местности, на расстояние не менее 1,5 км от места проживания, где находиться для получения дальнейших распоряжений.

В случае отсутствия противогаса необходимо немедленно выйти из зоны заражения. При этом для защиты органов дыхания следует использовать ватно-марлевые повязки, подручные изделия из ткани, смоченные водой. Если нет возможности выйти из зоны заражения, нужно немедленно укрыться в помещении и загерметизировать его.

Следует помнить, что АХОВ тяжелее воздуха будут проникать в подвальные помещения и нижние этажи зданий, в низины и овраги, а АХОВ легче воздуха, наоборот, будут заполнять более высокие этажи зданий.

При движении на зараженной местности необходимо строго соблюдать следующие правила:

- двигаться быстро, но не бежать и не поднимать пыли;
- не прислоняться к зданиям и не касаться окружающих предметов;
- не наступать на встречающиеся на пути капли жидкости или порошкообразные россыпи неизвестных веществ;
- не снимать средства индивидуальной защиты без распоряжения;

- при обнаружении капель АХОВ на коже, одежде, обуви, средствах индивидуальной защиты удалить их тампоном из бумаги, ветоши или носовым платком, по возможности зараженное место промыть водой;

- оказывать помощь пострадавшим детям, престарелым, не способным двигаться самостоятельно.

Выйдя из зоны заражения, верхнюю одежду снимают и оставляют на улице, принимают душ с мылом, тщательно промывают глаза и прополаскивают рот. При подозрении на поражение аварийными химически опасными веществами необходимо исключить любые физические нагрузки, принять обильное теплое питье (чай, молоко) и обратиться за помощью к медицинскому работнику для определения степени поражения и проведения профилактических и лечебных мероприятий.

Об устранении опасности химического поражения и о порядке дальнейших действий население извещается специально уполномоченными органами или милицией.

Надо помнить, что при возвращении населения в места постоянного проживания вход в жилые помещения и производственные здания, подвалы и другие помещения разрешается только после контрольной проверки на содержание АХОВ в воздухе помещений.

**Семейкин Александр Юрьевич**

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебное пособие для студентов заочной формы обучения  
с применением дистанционных технологий всех направлений  
бакалавриата

Подписано в печать                      Формат 60х84/16. Усл.печ.л.18,43. Уч.-изд. л. 19,0.  
Тираж экз.                      Заказ                      Цена р.к.  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им.  
В.Г. Шухова.  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.