

В. И. Каракеян, И. М. Никулина

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО

3-е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом
среднего профессионального образования в качестве
учебника и практикума для студентов образовательных учреждений
среднего профессионального образования*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2017

УДК 614.8.084(075.32)

ББК 20.18/68.9я723

К12

Авторы:

Каракеян Валерий Иванович — профессор, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной экологии факультета интеллектуальных технических систем Национального исследовательского университета «МИЭТ»;

Никулина Ирина Михайловна — доцент кафедры промышленной экологии факультета интеллектуальных технических систем Национального исследовательского университета «МИЭТ».

Рецензенты:

Одинокое В. В. — доктор технических наук;

Шубов Л. Я. — доктор технических наук, профессор.

Каракеян, В. И.

К12 Безопасность жизнедеятельности : учебник и практикум для СПО / В. И. Каракеян, И. М. Никулина. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 313 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-534-04629-8

В третьем издании учебника обобщены научные и практические достижения в области безопасности жизнедеятельности в техносфере. Значительное внимание уделено методам идентификации опасностей техносферы, оценке их влияния на человека, средствам и способам создания безопасных технических систем и технологий, защите населения и объектов экономики в чрезвычайных ситуациях, а также организационно-правовым и экономическим аспектам безопасности жизнедеятельности. Обновлены ссылки на законодательные и нормативные документы, добавлены иллюстративный материал и расчетные задачи с примерами решений.

Помимо теоретического материала учебник содержит вопросы для самоподготовки, тесты с ключами к ним, лабораторные работы.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по экономическим направлениям и специальностям.

УДК 614.8.084(075.32)

ББК 20.18/68.9я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-04629-8

© Каракеян В. И., Никулина И. М., 2014
© Каракеян В. И., Никулина И. М., 2016,
с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2017

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности	8
1.1. Общие понятия о системе «человек — среда обитания».....	8
1.2. Опасность и безопасность.....	11
1.3. Критерии состояния техносферы	15
1.4. Научно-практические аспекты безопасности жизнедеятельности	20
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>23</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>23</i>
Глава 2. Человеческий фактор и опасности техносферы.....	27
2.1. Основные формы деятельности человека и его энергозатраты	27
2.2. Классификация условий труда.....	29
2.3. Оценка тяжести и напряженности трудовой деятельности	31
2.4. Работоспособность и ее динамика	33
2.5. Антропометрические характеристики человека.....	35
2.6. Системы восприятия человеком состояния окружающей среды	39
2.7. Психология в проблеме безопасности.....	49
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>52</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>53</i>
Глава 3. Воздействие опасностей на человека и техносферу	55
3.1. Параметры микроклимата и жизнедеятельность человека	55
3.2. Вредные вещества.....	59
3.3. Акустические колебания и вибрации	64
3.4. Электромагнитные поля и излучения	72
3.5. Электрический ток.....	80
3.6. Сочетанное действие факторов и здоровье человека.....	82
3.7. Социальные факторы окружающей среды	88
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>92</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>92</i>
Глава 4. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности.....	96
4.1. Вентиляция и кондиционирование.....	96
4.2. Освещение.....	103
4.2.1. Параметры и устройство освещения.....	103
4.2.2. Нормирование и расчет освещения.....	108
4.2.3. Цветовое оформление помещений	110
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>111</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>112</i>

Глава 5. Обеспечение чистоты окружающей среды	119
5.1. Защита атмосферного воздуха	119
5.1.1. Определение предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ	119
5.1.2. Средства защиты атмосферы.....	121
5.2. Защита гидросферы	129
5.2.1. Состав и расчет выпусков сточных вод.....	129
5.2.2. Средства защиты гидросферы.....	130
5.2.3. Питьевая вода и методы обеспечения ее качества	134
5.3. Защита земель.....	137
5.3.1. Обращение с отходами.....	137
5.3.2. Требования безопасности к пищевым продуктам.....	142
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>144</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>144</i>
Глава 6. Защита от опасностей техносферы.....	147
6.1. Анализ опасностей	147
6.2. Средства снижения травмоопасности технических систем.....	149
6.2.1. Защита от механического травмирования.....	149
6.2.2. Средства электробезопасности	150
6.3. Защита от энергетических воздействий	152
6.3.1. Обобщенное защитное устройство.....	152
6.3.2. Методы и средства защиты от шума и вибрации	154
6.3.3. Методы и средства защиты от электромагнитных полей.....	157
6.3.4. Средства защиты от инфракрасного, ультрафиолетового, лазерного и ионизирующего излучений.....	160
6.4. Защита от пожаров и взрывов	162
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>167</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>167</i>
Глава 7. Чрезвычайные ситуации как экстремальные условия жизнедеятельности.....	171
7.1. Основные понятия и классификации чрезвычайных ситуаций	171
7.2. Чрезвычайные ситуации природного характера	174
7.3. Чрезвычайные ситуации техногенного характера	179
7.4. Чрезвычайные ситуации военного, биолого-социального и террористического характера	182
7.5. Государственное регулирование в области защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях.....	190
7.5.1. Законодательные основы защиты населения в чрезвычайных ситуациях	190
7.5.2. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций	191
7.5.3. Гражданская оборона.....	194
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>197</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>198</i>
Глава 8. Безопасность техносферы в чрезвычайных ситуациях	201
8.1. Безопасность населения в чрезвычайных ситуациях	201
8.1.1. Принципы и направления защиты населения в чрезвычайных ситуациях.....	201

8.2. Предупреждение и предотвращение чрезвычайных ситуаций.....	202
8.3. Мероприятия по защите населения в чрезвычайных ситуациях.....	207
8.4. Средства защиты населения в чрезвычайных ситуациях.....	209
8.5. Организация эвакуационных мероприятий.....	215
8.6. Использование средств индивидуальной защиты	217
8.7. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях	221
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>228</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>228</i>
Глава 9. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.....	240
9.1. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы.....	240
9.2. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы при ликвидации последствий стихийных бедствий.....	241
9.3. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы при ликвидации последствий техногенных бедствий	244
9.4. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы в чрезвычайных ситуациях военного характера	246
9.5. Медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях	248
9.5.1. Общие принципы первой медицинской помощи	248
9.5.2. Первая медицинская помощь при травматических повреждениях.....	250
9.5.3. Первая медицинская помощь в специфических случаях	253
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>257</i>
Глава 10. Организационно-правовые и экономические аспекты безопасности жизнедеятельности	258
10.1. Правовые и нормативно-технические основы безопасности жизнедеятельности	258
10.2. Организационные основы управления.....	260
10.3. Экспертиза и контроль экологичности и безопасности.....	266
10.4. Экономические аспекты безопасности жизнедеятельности	268
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>276</i>
<i>Варианты контрольных заданий и примеры их решения.....</i>	<i>276</i>
Литература	283
Лабораторный практикум	285
Перечень кратких методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»	285
Общие требования к подготовке и выполнению лабораторных работ	285
Лабораторная работа № 1	286
Лабораторная работа № 2	287
Лабораторная работа № 3	288
Лабораторная работа № 4	290
Лабораторная работа № 5	291
Лабораторная работа № 6	292
Лабораторная работа № 7	293
Лабораторная работа № 8	294
Тесты.....	296
Ответы на тесты	312

Предисловие

Безопасность жизнедеятельности человека в техносфере — основной критерий оценки качества жизни современного общества. Обеспечение его высокого уровня связано с решением сложных проблем взаимоотношений в системе «человек — среда обитания», сопряжено со значительными преобразованиями в сфере производства и потребления и включают огромный пласт индивидуальной, общечеловеческой и государственной деятельности людей. Процесс обучения в этой области призван формировать в человеке понимание главного принципа — приоритета безопасности при решении любых задач трансформации техносферы. Высокий профессионализм в этой деятельности предусматривает глубокое освоение методов и средств анализа, проектирования, развития и управления эрготехническими системами как частными явлениями общей системы «человек — среда обитания».

Разнообразие, сложность, высокая энерговооруженность современных технологий определяют многофакторность проблем безопасности и значительную методологическую сложность их изучения. Однако, очевидно, что научно и методически обоснованные решения должны опираться на ряд принципиальных положений, одинаково важных для всего многообразия промышленно-технической деятельности людей:

- системный подход, предполагающий исследование всех звеньев системы, учитывая, что каждое из них может оказаться источником опасности;
- последовательность решения проблем безопасности, включающих идентификацию и анализ источников опасностей, разработку методов и средств защиты и ликвидацию последствий проявления опасностей;
- привлечение к обеспечению высокого уровня безопасности всего арсенала организационно-технических и экономико-правовых методов и средств.

Сочетание указанных предпосылок дает объективное представление об источниках негативных факторов, принципах и методах качественного и количественного анализа среды обитания, стратегии и тактике обеспечения безопасности, методологии разработки и применения средств защиты и устранения последствий проявления опасностей в техносфере.

Безопасность жизнедеятельности — обязательная дисциплина Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования всех специальностей.

Целью дисциплины является формирование общепрофессиональной компетенции — готовности пользоваться основными методами защиты

производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить:

трудовые действия

- владеть понятийно-терминологическим аппаратом безопасности жизнедеятельности;
- навыками оценки уровней опасностей в техносфере и экономико-правовым механизмом в области техносферной безопасности;
- экономико-правовым механизмом техносферной безопасности;

необходимые умения

- идентифицировать основные опасности среды обитания человека;
- оценивать воздействие опасностей на человека и окружающую среду;
- выбирать и применять методы и способы обеспечения безопасности жизнедеятельности;
- пользоваться экономико-правовой основой безопасности среды обитания;

необходимые знания

- основы взаимодействия в системе «человек — среда обитания»;
- методы анализа и защиты от опасностей техносферы;
- методы обеспечения безопасности жизнедеятельности в штатных и чрезвычайных ситуациях;
- правила оказания первой медицинской помощи;
- экономико-правовые и управленческие аспекты техносферной безопасности.

Глава 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В результате изучения главы 1 студент должен:

знать

- основы взаимодействия в системе «человек — среда обитания»;

уметь

- идентифицировать основные опасности среды обитания человека;

владеть

- понятийно-терминологическим аппаратом безопасности жизнедеятельности.
-

1.1. Общие понятия о системе «человек — среда обитания»

Деятельность человека как способ его существования — это всегда взаимодействие с окружающей средой, в процессе которого его жизнь и здоровье могут подвергаться неблагоприятному воздействию множества факторов. При построении и анализе систем безопасности жизнедеятельности главенствует принцип *антропоцентризма*, который гласит: «Человек есть высшая ценность, сохранение и продолжение жизни которого является целью его существования», т.е. человеческий организм является центром, относительно которого рассматривается любое взаимодействие человека и техносферы. Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — это дисциплина, изучающая условия комфортного и безопасного взаимодействия человека со средой обитания [1–3]. Предметом дисциплины является деятельность человека, а такие понятия, как «среда обитания», «техносфера», «здоровье», «опасность» и «безопасность», составляют ее основу.

Среда обитания — это окружающая человека среда, обусловленная совокупностью факторов (физических, химических, биологических, информационных, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье и потомство.

В процессе эволюционного развития мира взаимоотношения в системе «человек — среда обитания» динамично трансформировались. Возрастание технической и энергетической составляющей деятельности общества в условиях демографического роста приводит к усилению негативного влияния на человека факторов постоянно видоизменяющейся среды его обитания [1].

Техносфера — регион биосферы, преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств с целью его адаптации к своим социально-экономическим потребностям.

В процессе жизнедеятельности человек непрерывно взаимодействует не только с естественной средой и техносферой, но и с людьми, образующими **социальную среду**, которая формируется и используется человеком для продолжения рода, обмена опытом и знаниями, удовлетворения своих духовных потребностей и накопления интеллектуальных ценностей (рис. 1.1).

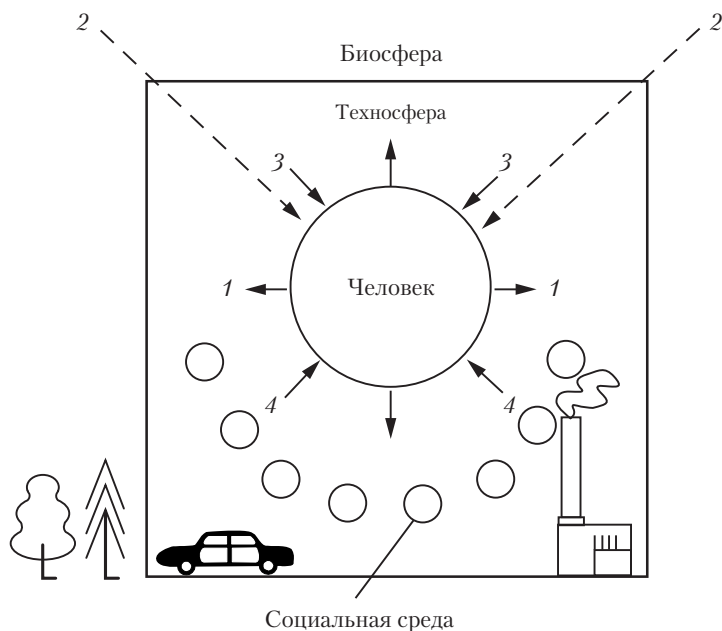


Рис. 1.1. Структурная схема взаимодействия человека современного индустриального общества с биосферой, техносферой и социальной средой:

- 1 — воздействие человека на среду обитания; 2 — воздействие биосферы на человека;
 3 — воздействие техносферы на человека;
 4 — воздействие социальной среды на человека

В жизненном процессе взаимодействие человека со средой обитания и ее составляющих между собой основано на передаче между элементами системы потоков масс веществ и их соединений, энергий всех видов и информации.

Человеку эти потоки необходимы для удовлетворения своих потребностей в пище, воде, воздухе, солнечной энергии, информации об окружающей среде и т.п. В то же время человек выделяет в жизненное пространство потоки механической и интеллектуальной энергии, потоки масс в виде отходов биологического процесса, потоки тепловой энергии и др.

Обмен потоками вещества и энергии в естественной среде обеспечивает поступление на нашу планету солнечной энергии, создающей биомассу, круговороты веществ и энергии различных видов, в том числе и при стихийных явлениях.

Для техносферы характерны материальные и энергетические потоки всех видов как в штатном режиме функционирования, так и в чрезвычайных ситуациях.

Социальная среда потребляет и генерирует все виды потоков, характерных для человека как личности (информация при передаче знаний, управлении обществом, преобразовании среды обитания), а также формирует негативные явления в обществе (курение, алкоголизм, наркомания и т.п.). В общем виде воздействие потока на объект (человека и др.) в каждой точке пространства определяется его интенсивностью I и длительностью экспозиции τ , т.е.

$$E(x, y, z) = f(I, \tau),$$

где E — фактор воздействия в точке пространства с координатами x, y, z .

В соответствии с законом толерантности диапазон интенсивностей фактора среды обитания определяет величину выносливости (предел толерантности) организма к заданному фактору (рис. 1.2).

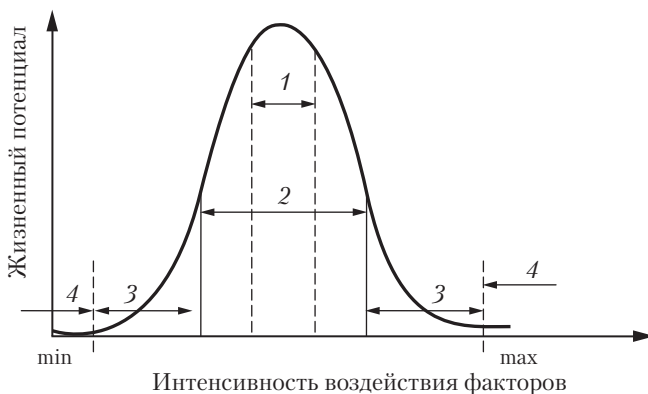


Рис. 1.2. Зависимость жизненного потенциала от интенсивности воздействия факторов:

1 — зона оптимума (комфорта); 2 — зона допустимой жизнедеятельности;
3 — зона угнетения; 4 — зона гибели

Зона оптимума с точкой комфорта (точка максимума жизненного потенциала) и зоны допустимых значений фактора воздействия являются областью нормальной жизнедеятельности, а зоны с большими отклонениями фактора от оптимума — зонами угнетения. Пределы толерантности по фактору воздействия совпадают со значениями минимума и максимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно. Эти пределы могут быть до некоторой степени расширены согласно принципу *эволюции защитных свойств организмов* в направлении компенсации внешнего воздействия, однако этот процесс требует значительно большего времени, чем время изменения среды обитания. Известно, что даже если все условия среды обитания благоприятны, за исключением одного, то именно оно становится самым слабым звеном в цепи экологических потребностей организма и решающим для его жизни (*закон Либиха*).

Превышение пределов толерантности, приводящее к нарушению жизнедеятельности и потере здоровья, возможно и в условиях сочетанного действия внешних факторов.

Здоровье — одно из основных условий счастья человека — это свойство человека выполнять свои биосоциальные функции в изменяющейся среде, с перегрузками и без потерь, при условии отсутствия болезней и дефектов. Здоровье бывает физическим, психическим и нравственным, и это одно из основных условий счастья человека.

Из рассмотренного выше следует, что, изменяя потоки, можно получить ряд характерных ситуаций взаимодействия в системе «человек — среда обитания»:

- *оптимальное (комфортное)*, гарантирующее наилучшие условия взаимодействия в системе, сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

- *допустимое*, создающее временный дискомфорт для человека, но гарантирующее невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов в системе;

- *опасное*, оказывающее при длительном воздействии негативное воздействие на здоровье человека, и (или) приводящее к деградации природной среды;

- *чрезвычайно опасное*, способное нанести травму, привести к смерти человека, вызвать разрушения в природной среде.

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

1.2. Опасность и безопасность

Результат неблагоприятного взаимодействия человека со средой обитания определяется опасностью — центральным понятием дисциплины. **Опасность** — это внезапно возникающее, периодически или постоянно действующее свойство материи в системе «человек — среда обитания», способное причинять ущерб людям или природной среде.

Различают опасности естественного, техногенного и антропогенного происхождения.

Естественные опасности обусловлены климатическими и природными явлениями. Они возникают при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также от стихийных явлений, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т.д.).

Техногенные опасности создаются элементами техносферы производственного и бытового назначения (оборудованием, машинами, сооружениями, линиями электропередачи, бытовыми приборами, материалами, веществами и т.п., приводящими к загрязнению компонентов биосферы, шуму, вибрациям, излучениям и др.), а *антропогенные* возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

Перечень опасностей, действующих в техносфере, непрерывно расширяется и, как правило, в производственных, городских, бытовых условиях

на человека многие из них воздействует одновременно, что определяется текущим состоянием системы «человек — среда обитания» (рис. 1.3). В процессе суточной миграции среднестатистический городской житель испытывает воздействие негативных факторов техногенного и антропогенного происхождения в различных вариантах среды обитания (радиус заштрихованной области условно соответствует относительной доле фактора).

По характеру действия все негативные факторы среды обитания делятся на **вредные**, приводящие к ухудшению здоровья, и **опасные**, приводящие к травмам или резким нарушениям самочувствия.

По вероятности воздействия на человека и среду обитания опасности разделяют на потенциальные, реальные и реализованные.

Потенциальная опасность носит общий характер и не связана с конкретным местом и временем (например, в выражении «шум вреден для человека» констатируется потенциальная опасность шума для человека).

Наличие потенциальных опасностей предопределяет практический вывод о том, что вся деятельность человека и все компоненты среды обитания, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать негативные факторы [2—6].

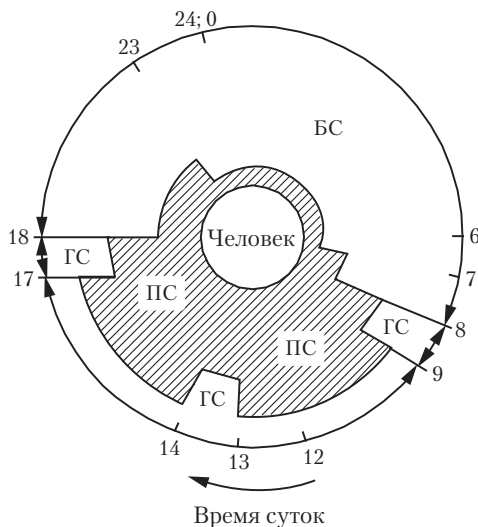


Рис. 1.3. Зависимость уровня негативных факторов, действующих на человека, от его суточной миграции:

БС — бытовая среда; ГС — городская среда; ПС — производственная среда

Реальная опасность всегда связана с конкретной угрозой воздействия на объект защиты и привязана к месту и времени (например, баллон со сжатым газом рядом с человеком представляет для него реальную опасность; при удалении человека он превращается в источник потенциальной опасности). Реальная опасность O появляется при условии

$$O(x, y, z) = f(I, t) \text{ при } O > E_{\text{ПДУ}}, \quad (1.1)$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ — предельно допустимый уровень фактора воздействия.

Реализованная опасность — факт воздействия реальной опасности на человека и (или) среду обитания, приведший к ущербу (например, взрыв баллона привел к гибели людей и (или) возгоранию строений).

Реализованные опасности принято разделять на происшествия и чрезвычайные происшествия (аварии, катастрофы и стихийные бедствия).

Происшествие — редкое событие, сопровождающееся причинением ущерба людским, природным или материальным ресурсам.

Чрезвычайное происшествие (ЧП) — событие, происходящее обычно кратковременно с высоким уровнем негативного воздействия на людей, природные и материальные ресурсы. К ЧП относятся крупные аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Авария — повреждение в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей.

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

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

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

Объекты защиты, как и источники опасностей, многообразны. В порядке приоритета к объектам защиты относятся: человек, сообщество людей, государство, природная среда (биосфера), техносфера и т.п.

Основное желаемое состояние объектов защиты — безопасное, реализуемое при полном отсутствии негативных воздействий опасностей либо при их снижении до предельно допустимых уровней воздействия.

Безопасность — это состояние объекта защиты, при котором воздействия на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышают максимально допустимые значения. Этот базовый термин широко используется в технике, социологии, праве и т.п., однако он не всегда имеет однозначное толкование и понимание. Во избежание неправильной оценки ситуации необходимо термин «безопасность» всегда рассматривать применительно к системе «объект защиты — источник опасности». Например, «безопасность движения» относится к двум системам «автомобиль — опасность» (безопасность обеспечивается за счет технического состояния, рационального вождения и поведения пешеходов) и «человек — автомобиль» (безопасность пассажиров и пешеходов обеспечивается при эксплуатации автомобиля). Иногда одна и та же опасность может проявить себя в двух системах (например, неисправные тормоза у автомобиля могут привести к наезду на пешеходов, аварии автомобиля или к тому и другому одновременно).

В табл. 1.1 представлены реально существующие системы безопасности человека.

В реальных случаях объект защиты может подвергаться действию одновременно несколько опасностей, создавая поле опасностей. Анализ таких

систем безопасности существенно усложняется, но для правильного проведения исследований необходимо строго соблюдать правило *единственности объекта защиты*, на каждый из которых распространяются индивидуальные нормативы безопасности. Следует считать успехом, когда, защищая один объект, можно попутно защитить и другие объекты. Например, обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в городской техносфере ведет к решению многих проблем защиты природной среды в пригородной зоне от негативного влияния той же техносферы (выбросов, сбросов и т.п.).

Таблица 1.1

Системы безопасности человека

Система безопасности	Объект защиты	Опасности, поле опасностей
Безопасность (охрана) труда	Человек	Опасности среды деятельности
Защита в чрезвычайных ситуациях	Человек. Природная среда. Материальные ресурсы	Чрезвычайные опасности природной среды и техносферы
Охрана окружающей среды	Природная среда. Материальные ресурсы	Опасности техносферы
Система безопасности страны, национальная безопасность	Природная среда. Общество, нация	Внешние и внутренние общегосударственные опасности

Причинно-следственное поле воздействий на человеческий организм целесообразно представить в виде совокупности факторов первого, второго, третьего и иных кругов, расположенных вокруг человеческого организма [2]. При этом считается, что главное влияние на организм оказывают факторы первого круга, а факторы второго круга влияют в основном на факторы первого круга и т.д.

В состав *первого круга* опасностей, непосредственно действующих на человека и сообщества людей, входят опасности, связанные с климатом, содержанием вредных веществ в объектах окружающей среды, реализацией техпроцессов, чрезвычайными опасностями, степенью подготовленности населения в области безопасности.

Основные причины возникновения опасностей *второго круга* обусловлены наличием отходов производства и быта, недостаточным вниманием общества к требованиям безопасности при разработке технических систем, проектировщиков технологических процессов и производств, при проектировании и строительстве производственных и бытовых помещений, зданий и слабой подготовкой руководителей производства в сфере обеспечения безопасного проведения работ.

Опасности *третьего круга* не всегда выражены достаточно четко. К ним прежде всего относятся: отсутствие необходимых знаний и навыков у разработчиков технологических процессов, технических систем, проектировщиков зданий и сооружений; отсутствие эффективной государственной системы руководства вопросами безопасности; недостаточное развитие

системы подготовки научных и руководящих кадров в области безопасности жизнедеятельности и др.

Анализируя круги опасностей, необходимо учитывать следующее: пренебрежение требованиями безопасности в их первом круге сопровождается, как правило, травмами, отравлениями или заболеваниями человека или групп людей; игнорирование требований безопасности во втором круге отдаляет по времени негативные последствия, но увеличивает масштабы их воздействия на людей (массовые отравления при загрязнении биоресурсов отходами, гибель людей при обрушении строительных конструкций и т.п.).

Действие источников опасностей третьего круга, как правило, широко-масштабно. Так, например, применение этилированного бензина в качестве топлива, хранение и переработка радиоактивных отходов таят опасность для населения многих регионов нашей страны и т.д.

Из сказанного выше следует, что действия по обеспечению безопасности техносферы носят комплексный характер и включают огромный пласт индивидуальной, общечеловеческой и государственной деятельности людей. Одновременно это путь к решению многих проблем защиты природной среды от негативного влияния техносферы, фундамент для решения проблем безопасности на более высоких уровнях: региональном, биосферном, глобальном.

1.3. Критерии состояния техносферы

Комфортность жизненного пространства помещений и территорий оценивается по параметрам микроклимата и значениям освещенности путем сравнения их фактических значений с нормативными.

Критерии комфортности в виде температуры, относительной влажности и подвижности воздуха регламентируются санитарными правилами и нормами (СанПиН 2.2.4.548—96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», а также СанПиН 2.2.1/1278—03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»).

Критериями безопасности техносферы являются концентрации веществ и потоков энергий в жизненном пространстве, которые не должны превышать установленных предельно допустимых значений:

$$C_i < \text{ПДК}_i \text{ или } \sum_i^n C_i / \text{ПДК}_i < 1, \quad (1.2)$$

где C_i — концентрация i -го вещества в жизненном пространстве; ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го вещества в жизненном пространстве; n — число веществ.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их концентрации должны удовлетворять условию (1.2).

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями

$$I_i < \text{ПДУ}_i \text{ или } \sum_i^n I_i / \text{ПДУ}_i < 1, \tag{1.3}$$

где I_i — интенсивность i -го потока энергии; ПДУ_i — предельно допустимый уровень интенсивности i -го потока энергии; n — число потоков энергии.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются Минздравом России (ГН 2.2.5.2241—07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», ГН 2.1.6.2326—08 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»).

В случаях стремительного нарастания потоков масс или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания (например, при авариях), в качестве *критерия безопасности* принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

Риск — вероятность реализации негативного воздействия при совпадении во времени и в пространстве области действия опасностей (ноксосферы) и области пребывания человека (гомосферы) (рис. 1.4).

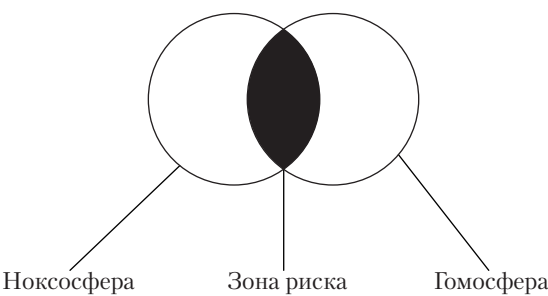


Рис. 1.4. Формирование зоны риска

Различают *индивидуальный* (для конкретного индивидуума) и *коллективный* (травмирование или гибель двух и более человек), *мотивированный* (с благородной целью, обоснованный) и *немотивированный* (пренебрежение безопасностью) риск. Классификация источников опасности и уровней риска смерти человека, взятая из литературных источников, представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Классификация источников опасностей и уровней риска смерти человека в промышленно развитых странах (R — число смертельных случаев, чел.⁻¹ · год⁻¹)

Источник	Причины	Среднее значение
Внутренняя среда организма человека	Генетические и соматические заболевания, старение	$R_{cp} = (0,6 \div 1) \cdot 10^{-2}$

Источник	Причины	Среднее значение
Естественная среда обитания	Несчастные случаи от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.)	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-6}$: наводнения — $4 \cdot 10^{-5}$; землетрясения — $3 \cdot 10^{-5}$; грозы — $6 \cdot 10^{-7}$; ураганы — $3 \cdot 10^{-8}$
Техносфера	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболевания от загрязнений окружающей среды	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-3}$
Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве (при профессиональной деятельности)	Профессиональная деятельность: безопасная — $R_{\text{ср}} < 10^{-4}$; относительно безопасная — $R_{\text{ср}} = 10^{-4} \div 10^{-3}$; опасная — $R_{\text{ср}} = 10^{-3} \div 10^{-2}$; особо опасная — $R_{\text{ср}} > 10^{-2}$
Социальная среда	Самоубийства, самоповреждения, преступные действия, военные действия и т.д.	$R_{\text{ср}} = (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$

Вероятность риска применительно к человеко-машинным объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска конкретного негативного воздействия определяют по формуле

$$R = (N_{\text{ЧС}} / N_o) \leq R_{\text{доп}}, \quad (1.4)$$

где R — риск; $N_{\text{ЧС}}$ — число чрезвычайных событий в год; N_o — общее число событий в год; $R_{\text{доп}}$ — допустимый риск.

Ожидаемый (прогнозируемый) риск R — это произведение частоты реализации конкретной опасности f на произведение вероятностей нахождения человека в «зоне риска» $(\prod_i^n p_i)$ при различном регламенте технологического процесса. Эту величину полезно использовать в практической работе предприятия:

$$R = f \prod_i^n p_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1.5)$$

где f — число несчастных случаев (смертельных исходов) от данной опасности, чел.⁻¹ · год⁻¹ (для отечественной практики $f = K_{\text{ч}} \times 10^{-3}$,

т.е. соответствует значению коэффициента частоты несчастных случаев $K_{\text{н}}$, деленного на 1000); $\prod_i^n p_i$ — произведение вероятностей нахождения работ-

ника в «зоне риска» (p_1 — вероятность нахождения работника в цехе в течение года (отношение числа рабочих дней в году к общему числу дней в году); p_2 — вероятность работы человека на производстве в течение недели (отношение числа рабочих дней в неделе к числу дней недели); p_3 — вероятность выполнения работником технологического задания непосредственно на оборудовании (отношение времени выполнения задания к продолжительности рабочей смены) и т.п., т.е. p_i — вероятности участия работника в производственной деятельности).

Выражение (1.5) дает возможность прогнозировать величину риска, исходя из регламента технологического процесса и времени взаимодействия человека с производственными опасностями в течение рабочего дня, недели, года, т.е. позволяет определить вероятность нахождения его в «зоне риска».

Приемлемый риск — это уровень травматизма людей, не влияющий на экономические показатели объекта экономики. Поскольку обеспечение абсолютной безопасности невозможно, приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны. Финансируя повышение безопасности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере производства (сокращение затрат на приобретение спецодежды, медицинское обслуживание и др.) (рис. 1.5). Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферу, что надо учитывать при выборе приемлемого риска. Отметим, что предлагаемый подход к оценке приемлемого риска применим как для конкретного предприятия, так и для общества в целом. Главным остается в первом случае выбор приемлемого риска для коллектива предприятия, во втором — для общества.

Критерии экологичности техносферы — это предельно допустимые выбросы (ПДВ), сбросы (ПДС) примесей, ПДУ энергии для конкретных источников загрязнения среды обитания, устанавливаемые с учетом значений ПДК и ПДУ и фоновых концентраций веществ ($c_{\text{ф}}$) и потоков энергии ($I_{\text{ф}}$) в конкретном жизненном пространстве.

Так, например, при определении предельно допустимого выброса (ПДВ) вещества в атмосферный воздух источник загрязнения должен удовлетворять условию

$$C < \text{ПДК} - c_{\text{ф}}, \quad (1.6)$$

где C — концентрация вещества в жизненном пространстве, которая может быть создана источником загрязнения.

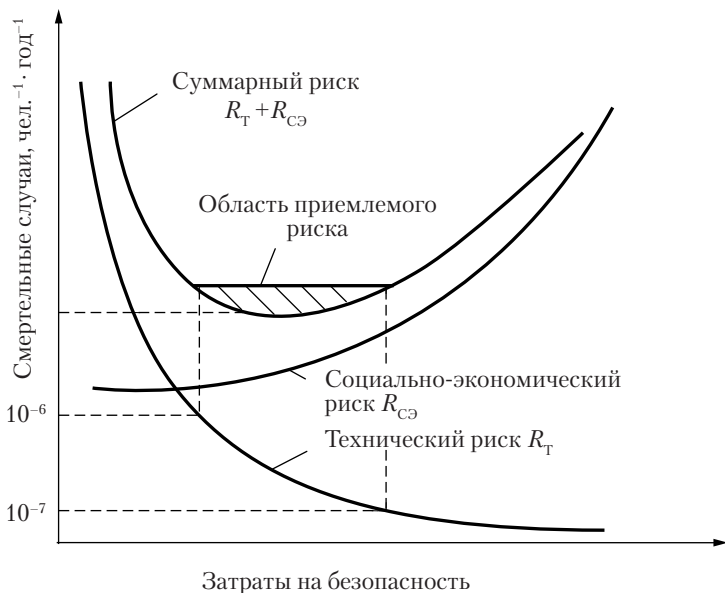


Рис. 1.5. Определение приемлемого риска

Исходя из найденной концентрации C , можно найти ПДВ для промышленного объекта в соответствии с Общесоюзным нормативным документом ОНД-86 и таким образом включить механизм регулирования воздействия на окружающую среду за счет изменения мощности выброса.

В реальных условиях атмосферный воздух практически всегда оказывается загрязненным одновременно несколькими веществами. Их совместное негативное влияние оценивают *индексом загрязнения атмосферы (ИЗА)*. Для каждого i -го вещества

$$\text{ИЗА}_i = k_i (C_i / \text{ПДК}_{cci}),$$

где k_i — коэффициент, зависящий от класса опасности вещества ($k_i = 1,7; 1,3; 1,0; 0,9$ для 1-, 2-, 3- и 4-го классов опасности соответственно); C_i — текущая концентрация i -го вещества в атмосфере; ПДК_{cci} — предельно допустимая среднесуточная концентрация i -го вещества.

Обычно интегральную оценку загрязненности атмосферы в городах ведут по пяти наиболее опасным веществам, для чего рассчитывают значения ИЗА_5 по формуле

$$\text{ИЗА}_5 = \sum_{i=1}^5 k_i \frac{C_i}{\text{ПДК}_{cci}}.$$

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах считается низким при ИЗА, равным 0–4; повышенным — при 5–6; высоким — при 7–13; очень высоким — при >14.

Следует отметить, что в настоящее время состояние атмосферы во многих городах России далеко от благополучия. По данным Росгидромета,

ИЗА > 14 отмечено в 25%, а ИЗА = 7–13–49% городов, где проживают соответственно 18 и 42% населения страны.

Для интегральной оценки уровня безопасности техносферы используют ряд абсолютных и относительных взаимосвязанных *показателей негативности*, основанных на статистическом материале:

— *численность пострадавших* $T_{\text{тр}}$ от воздействия травмирующих факторов;

— *показатель частоты травматизма* $K_{\text{ч}}$ определяет число несчастных случаев $T_{\text{тр}}$, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_{\text{ч}} = T_{\text{тр}} \cdot 1000 / C, \quad (1.7)$$

где C — среднесписочное число работающих;

— *показатель тяжести травматизма* $K_{\text{т}}$ характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_{\text{т}} = D / T_{\text{тр}}, \quad (1.8)$$

где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Для сравнения различных видов деятельности по уровню безопасности вводят *показатель нетрудоспособности*

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}}.$$

Экономические аспекты безопасности могут быть оценены *коэффициентом экономического травматизма*, определяющим затраты как на один несчастный случай, так и на тысячу работающих:

$$K_{\text{э}} = M / T_{\text{тр}} \text{ или } K_{\text{э}} = M \cdot 1000 / P,$$

где M — материальные затраты, понесенные нанимателем в результате несчастных случаев, за отчетный период.

Для анализа некоторых специальных вопросов безопасности жизнедеятельности могут использоваться такие показатели, как *численность пострадавших* $T_{\text{э}}$, получивших профессиональные или региональные заболевания; *показатель сокращения продолжительности жизни* (СПЖ) при воздействии вредного фактора или их совокупности; *младенческая смертность*, определяемая числом смертей детей в возрасте до 1 года на 1000 новорожденных; *материальный ущерб*.

1.4. Научно-практические аспекты безопасности жизнедеятельности

Анализ предыдущего опыта человечества и реальных ситуаций и событий настоящего времени привел к необходимости определения ряда принципов и аксиом, а также действий, на которых базируется наука о безопасности жизнедеятельности в техносфере. Оставляя за рамками учебника множество разнообразных трактовок, отметим следующие основополагающие принципы.

1. Принцип антропоцентризма, предполагающий приоритет деятельности по сохранению здоровья и жизни человека при воздействии на него внешних факторов (идентификация и зонирование опасностей, разработка и применение человекозащитных средств, контроль за их состоянием и т.п.).

В то же время важные исследования и практические разработки средств и способы защиты окружающей природной среды, достижение высокой надежности технических систем и т.п. по отношению к БЖД имеют прикладное значение.

2. Принцип отрицания абсолютной безопасности, утверждающий, что абсолютная безопасность человека в среде обитания недостижима. Это справедливо в силу существования естественных опасностей, а также невозможности полного устранения техногенных и антропогенных опасностей.

Аксиоматика БЖД включает следующие значимые положения [2, 3].

Первая аксиома: «Материальный мир потенциально опасен». Это предопределяет, что все компоненты техносферы (окружающая среда, техника, люди), кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать опасности. При этом опасность техники растет быстрее, чем средства защиты от нее.

Вторая аксиома: «Опасности существуют при превышении потоков вещества, энергии или информации их предельно допустимых значений». Превышение предельно допустимых потоков приводит защищаемый объект в качественно новое, опасное состояние.

Третья аксиома: «Реализация опасностей возможна при совпадении источника опасностей и объекта защиты в пространстве и во времени». Вероятность совпадения гомосферы и ноксосферы и попадания объекта защиты в зону риска существует всегда и везде.

Четвертая аксиома: «Опасности источника оказывают негативное воздействие одновременно на все объекты защиты, находящиеся в зоне их действия».

Опасности не обладают свойством избирательности, и если, например, потоки от источника опасны и для человека, и для компонентов биосферы, то им причиняется ущерб одновременно.

Пятая аксиома: «Действие опасностей сопровождается ущербом для объекта защиты».

Воздействие вредных и опасных факторов оказывает негативное влияние на здоровье людей, сопровождается разрушениями природной среды и техносферы, влекущими за собой экономический и экологический ущерб.

Шестая аксиома: «Приемлемая защита объекта от опасностей технически достижима за счет снижения потоков от их источника и уменьшения времени взаимодействия источника и объекта». На ее основе можно сформулировать широкий спектр организационно-технических методов и средств обеспечения безопасности человека в техносфере.

Седьмая аксиома: «Необходимое условие обеспечения безопасности жизнедеятельности — компетентность людей в мире опасностей». Формирование необходимых знаний и навыков в области безопасности на всех

уровнях управления, специализированная подготовка населения и работающих — одна из важнейших научно-практических задач современного общества.

Опираясь на принципы и аксиоматику БЖД, можно определить основные этапы научно-практической деятельности по созданию жизненного пространства, отвечающего требованиям безопасности.

I этап. *Идентификация опасностей источников, действующих в изучаемом жизненном пространстве.* Состоит в выявлении номенклатуры и величины всех потоков вещества, энергии и информации от отдельных источников и их совокупности в конкретном жизненном пространстве техносферы (рабочее место, территория города, жилая среда, зона эксплуатации или салон транспортного средства и т.п.).

Учитываются все виды источников опасности (естественные, техногенные и антропогенные) как при их индивидуальном проявлении, так и во взаимосвязи. Следует помнить, что источником опасности может быть любой поток, взаимодействующий с объектом защиты и превышающий допустимые значения.

По результатам идентификации опасностей в конкретном жизненном пространстве и сравнения с нормативами формируются требования к устранению этих опасностей.

II этап. *Определение опасных зон жизненного пространства.* Включает расчет зон действия потоков и их пространственное сопоставление с зонами пребывания людей. Выявленные опасные зоны подлежат устранению или минимизации в технических или организационных решениях.

III этап. *Приведение источников опасностей в соответствие с требованиями экспертизы состояния жизненного пространства техносферы.* Выполняется разработчиком технического устройства или объекта и сводится к реализации экспертных требований по безопасности объекта для людей или окружающей среды.

IV этап. *Применение средств и мер защиты.* Реализуется в тех случаях, когда невозможно выполнение предыдущего этапа, может содержать весьма обширный спектр мероприятий:

- разделение в пространстве и во времени гомосферы и ноксоферы за счет автоматизации, дистанционного управления или вывода источников опасности из селитебных зон и т.п.;
- адаптация окружающей среды к человеку за счет экранирования техники, систем вентиляции и кондиционирования, оптимизации освещенности, виброакустической обработки и т.д.; адаптация человека к окружающей среде посредством экранирования оператора, обеспечения спецодеждой и специальным инструментом и т.д.

V этап. *Мониторинг опасностей состояния жизненного пространства человека.* Организуется с целью постоянного контроля эффективности реализованных систем обеспечения безопасности и наблюдения за качеством жизненного пространства, что необходимо для оперативного реагирования на любые неблагоприятные события в системе «человек — среда обитания».

Анализ современного состояния проблемы обеспечения безопасности человека в техносфере показывает, что в настоящее время в этой обла-

сти превалируют исследования и разработки по защите от уже созданных человеком же воздействий техносферы. Работы по превентивной оценке безопасности интенсивно развивающихся новых технологий в медицине, биологии, нанoeлектронике и т.д. на сегодня, к сожалению, не являются определяющими. В итоге история человечества породила очередной **парадокс** — *в течение многих столетий люди совершенствовали технику, чтобы обезопасить себя от естественных опасностей, а в результате пришли к наивысшим техногенным опасностям, связанным с производством и использованием техники и технологий.*

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1. Раскройте сущность понятий «биосфера», «техносфера», «опасность».
- 2. Раскройте содержание закона толерантности.
- 3. Какие основные источники опасностей в техносфере действуют на человека?
- 4. Назовите критерии комфортности, безопасности и экологичности техносферы.
- 5. Каковы показатели негативности техносферы?
- 6. Раскройте содержание этапов научно-практической деятельности по обеспечению безопасности.
- 7. Какие аксиомы сформулированы в теории БЖД?
- 8. Назовите основополагающие принципы БЖД.

Варианты контрольных заданий и примеры их решения

Задание 1

Оценить ожидаемый риск реализации опасностей на предприятии при приведенных ниже характеристиках технологического процесса.

Номер варианта	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней в неделю	Число часов работы на оборудовании в смену, ч	Продолжительность смены, ч	Среднесписочное число работающих	Число несчастных случаев от данной опасности
1	200	5	8	8	3000	20
2	210	6	7	7	2000	30
3	220	7	6	6	2500	40
4	230	5	5	5	3500	25
5	240	4	4	6	1500	35
6	250	3	3	6	1000	45
7	260	6	2	5	800	50
8	270	5	2	7	700	60
9	280	4	3	6	600	15
10	300	3	2	6	500	30

Пример расчета

Оценить ожидаемый риск реализации опасностей на предприятии при следующих характеристиках технологического процесса: число рабочих дней в году — 200, число рабочих дней в неделю — 5, число часов контакта с оборудованием в смену — 4, среднесписочное число работающих — 500, продолжительность смены — 8 ч, число несчастных случаев от данной опасности — 20.

Решение

Для оценки ожидаемого риска воспользуемся формулой (1.5) в следующем виде:

$$R = f \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot p_3.$$

Коэффициент f определится через коэффициент частоты $K_{\text{ч}} = T_{\text{тр}} \cdot 1000 / C = 20 \cdot 1000 / 500 = 40$. Тогда $f = K_{\text{ч}} \cdot 10^{-3} = 0,04$.

$$p_1 = 200 / 365 = 0,55; p_2 = 5 / 7 = 0,71; p_3 = 4 / 8 = 0,5.$$

Ожидаемый риск составит $R = 0,04 \cdot 0,55 \cdot 0,71 \cdot 0,5 = 0,78 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: по прогнозу при принятом регламенте технологического процесса риск несчастного случая составит $0,78 \cdot 10^{-4}$.

Задание 2

Определить риск причинения ущерба здоровью населения, если в приземном слое атмосферы города присутствуют примеси окислов азота (NO) и углерода (CO), учитывая, что концентрации загрязнений в пределах ПДК к ущербу не приводят, а при их превышении возможна чрезвычайная ситуация. В расчетах использовать данные постов контроля, приведенные ниже.

Номер варианта	Общее количество измерений		Число превышений ПДК	
	NO	CO	NO	CO
1	5000	28 000	50	200
2	6000	24 000	60	220
3	7000	21 000	70	230
4	8000	18 000	80	240
5	10 000	16 000	100	250
6	15 000	14 000	120	260
7	19 000	12 000	140	270
8	22 000	10000	150	280
9	25 000	8000	160	290
10	28 000	6000	180	100

Пример расчета

Определить риск причинения ущерба здоровью населения, если в приземном слое атмосферы города присутствуют примеси окислов азота (NO) и углерода (CO), учитывая, что концентрации загрязнений в пределах ПДК к ущербу не приводят. Постами контроля выполнено 23 000 измерений, показавших превышение ПДК для оксидов азота в 30, а оксида углерода — в 200 случаях.

Решение

Значение риска определяется по формуле (1.4):

$$R = (N_{\text{ЧС}} / N_o).$$

Тогда $R_{\text{NO}} = 30 / 23\,000 = 0,13 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{CO}} = 200 / 23\,000 = 0,86 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: в соответствии с правилом поглощения рисков, когда вероятность оценивается по максимальному значению, получим риск здоровью населения, равный $0,86 \cdot 10^{-4}$.

Задание 3

В приземном слое атмосферы населенного места при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра присутствуют примеси в виде диоксида серы (SO_2) и диоксида азота (NO_2). Определить критерий безопасности техносферы при приведенных ниже исходных данных.

Номер варианта	Концентрация примеси, мг/м ³			
	C_{SO_2}	ПДК _{МРSO_2}	$C_{\text{МРNO}_2}$	ПДК _{МРNO_2}
1	0,1	0,5 мг/м ³	0,06	0,085 мг/м ³
2	0,15		0,05	
3	0,17		0,04	
4	0,2		0,025	
5	0,25		0,02	
6	0,27		0,03	
7	0,3		0,01	
8	0,32		0,08	
9	0,35		0,09	
10	0,4		0,085	

Пример расчета

В приземном слое атмосферы населенного места при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра присутствуют примеси в виде диоксида серы (SO_2) и диоксида азота (NO_2) в концентрациях $C_{\text{SO}_2} = 0,223$ мг/м³, $C_{\text{NO}_2} = 0,074$ мг/м³ соответственно. Определить критерий безопасности техносферы.

Решение

Вещества SO_2 и NO_2 обладают односторонним действием, поэтому оценка допустимости воздействия выполняется по формуле (1.2):

$$0,223 / 0,5 + 0,074 / 0,085 = 0,446 + 0,87 = 1,316 > 1.$$

Ответ: несмотря на то, что каждая примесь находится в пределах ПДК, условие (1.2) безопасности техносферы не выполняется.

Задание 4

В результате производственных травм различной тяжести люди оказались нетрудоспособными на разные сроки. Определить показатели негативности техносферы в виде коэффициента частоты, коэффициента тяжести несчастных случаев и показателя нетрудоспособности при приведенных ниже исходных данных.

Номер варианта	Количество работающих	Количество пострадавших	Количество дней нетрудоспособности
1	250	5	10
2	150	4	5
3	100	2	7
4	300	10	30
5	170	8	15
6	120	3	25
7	230	9	30
8	210	8	12
9	190	6	25
10	100	5	15

Пример расчета

В результате производственных травм различной тяжести люди оказались нетрудоспособными на разные сроки. Пострадали три человека, которые проболели соответственно 6, 12 и 3 рабочих дней. Определить показатели негативности техносферы в виде коэффициента частоты, коэффициента тяжести несчастных случаев и показателя нетрудоспособности, если на предприятии занято 400 человек.

Решение

Коэффициент частоты несчастных случаев определяют по формуле

$$K_{\text{ч}} = T_{\text{тр}} \cdot 1000 / C = 3 \cdot 1000 / 400 = 7,5.$$

Коэффициент тяжести несчастных случаев определяют по формуле

$$K_{\text{т}} = Д / T_{\text{тр}} = (6 + 12 + 3) / 3 = 7.$$

Показатель нетрудоспособности определяют по формуле

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} = 7,5 \cdot 7 = 52,5$$

Ответ: $K_{\text{ч}} = 7,5$; $K_{\text{т}} = 7$; $K_{\text{н}} = 52,5$.

Глава 2

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ОПАСНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ

В результате изучения главы 2 студент должен:

знать

- основы взаимодействия в системе «человек — среда обитания»;

уметь

- идентифицировать основные опасности среды обитания человека;

владеть

- понятийно-терминологическим аппаратом безопасности жизнедеятельности;
 - навыками оценки уровней опасностей в техносфере.
-

2.1. Основные формы деятельности человека и его энергозатраты

Жизнедеятельность человека весьма разнообразна и включает различные процессы производственного и бытового свойства, отдых, сон и многое другое. Организм выполняет свои функции в любых обстоятельствах и его состояние в значительной степени определяется характером деятельности. В настоящее время все многообразие форм человеческой деятельности принято делить на физический и умственный труд [2—6].

Физический труд характеризуется нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма человека (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Он оказывает положительное влияние на мышечную систему и стимулирует обменные процессы в организме. В то же время такой труд большей частью энергозатратен и социально малоэффективен.

Умственный (интеллектуальный) труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующие напряжения преимущественно психических свойств личности (восприятия, внимания, памяти и т.д.). Для него характерна *гипокинезия* (недостаточная двигательная активность), приводящая к сердечно-сосудистым патологиям.

В зависимости от объема мышечной нагрузки физический труд делится:

— на *труд с преимущественно мышечной нагрузкой*, имеющий место при отсутствии механизированных средств и характеризующийся высокими энергозатратами;

— *механизированный труд*, характеризующийся усложнением программы действий, уменьшением мышечной деятельности с вовлечением в процесс мышц конечностей для быстрых и точных простых и однообразных движений, что приводит к монотонии и быстрому утомлению;

— *труд в условиях автоматизации*, когда человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Его роль сводится к выполнению простых операций по обслуживанию технического устройства, что приводит к монотонности, повышению темпа и ритма работы, утрате творческого начала;

— *групповой труд — конвейер*, характеризующийся разделением процесса труда на простые операции с заданным ритмом и последовательностью, усугубляющими монотонию и провоцирующими преждевременную усталость и нервное истощение;

— *труд, связанный с дистанционным управлением*, когда человек включен в систему управления как необходимое оперативное звено, а его действия носят эпизодический характер и сводятся к контролю показаний приборов и поддержанию постоянной готовности к вмешательству в процесс управления объектом.

Умственный труд в зависимости от организации трудового процесса, равномерности нагрузки, степени эмоционального напряжения и т.п. подразделяется на операторский, управленческий, труд преподавателей и медицинских работников, труд учащихся и студентов, творческий труд.

Операторский труд отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением, связанными с необходимостью переработки большого объема информации за короткое время.

Управленческий труд характеризуется значительными объемами информации, частым дефицитом времени для ее переработки, повышенной личной ответственностью за принятые решения, необходимостью разрешения периодически возникающих конфликтных ситуаций.

Труд преподавателей и медицинских работников отличается постоянными контактами с людьми, повышенной ответственностью, часто дефицитом времени и информации для принятия правильного решения, что обуславливает высокую степень нервно-эмоционального напряжения.

Труд учащихся и студентов характеризуется напряжением таких основных психических функций, как память, внимание, восприятие; наличием стрессовых ситуаций (экзамены, зачеты).

Творческий труд — это процесс создания нового, требующий многолетней предварительной подготовки и высокой квалификации, представляет собой одну из сложнейших форм человеческой деятельности. Он характерен для научных работников, конструкторов, писателей, композиторов, художников, архитекторов и др. и сопровождается использованием значительного объема памяти, напряженного внимания, повышенного нервно-эмоционального статуса и, как следствие, значительными нагрузками на основные функциональные системы организма.

Энергия, необходимая человеку для жизнедеятельности, образуется в результате совокупности химических реакций (обмена веществ) в организме. Частично она расходуется на совершение полезной работы (примерно 40—60%) и частично рассеивается в виде теплоты в окружающую среду. Для характеристики суммарного энергетического обмена веществ используют понятия *основного обмена* и *обмена при различных видах деятельности*.

Основной обмен характеризуется минимальной величиной энергетических затрат, необходимых для поддержания жизни организма, находящегося в состоянии покоя. В состоянии полного мышечного покоя в стандартных условиях (при комфортной температуре окружающей среды, спустя 12–16 ч после приема пищи в положении лежа) основной обмен для человека массой 75 кг составляют 87,5 Вт в сутки.

Изменение позы, интенсивности мышечной деятельности, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других факторов приводит к дополнительным затратам энергии (в положении сидя энергозатраты превышают уровень общего обмена на 5–10%, в положении стоя — на 10–15%, при вынужденной неудобной позе — на 40–50%).

При умственной работе энергозатраты повышаются в зависимости от степени нервно-эмоциональной нагрузки (при чтении вслух сидя на 48%, при выступлении с публичной лекцией — на 94%, при работе на ПК — на 60–100%).

При разработке организационно-технических мероприятий по формированию комфортной производственной среды в качестве одного из критериев оптимизации условий труда может служить уровень энергозатрат для различных видов деятельности (мДж/сут), приведенный ниже.

Умственный труд (инженеры, врачи, педагоги и др.).....	10,5–11,7
Механизированный труд и сфера обслуживания (медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы и др.)	11,3–12,5
Труд средней тяжести (станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, литейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.)	12,5–15,5
Тяжелый труд (лесорубы, грузчики, горнорабочие, металлурги и др.).....	16,3–18,0

2.2. Классификация условий труда

Условия труда — совокупность факторов трудового процесса и рабочей среды, в которой осуществляется деятельность человека. В соответствии с документом Р 2.2.2006–05 «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» различают четыре группы факторов трудовой деятельности:

- *физические факторы*, включающие параметры микроклимата, запыленность воздуха, все виды излучений, вибрации и условия освещения;
- *химические факторы*, включающие вещества и их соединения;
- *биологические факторы*, к которым отнесены патогенные микроорганизмы, белковые препараты, а также препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов;
- *факторы трудового процесса* — обстоятельства, условия, определяющие трудовой процесс: тяжесть труда и напряженность труда.

Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда

по степени вредности и опасности условно подразделяются на четыре класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные (рис. 2.1).

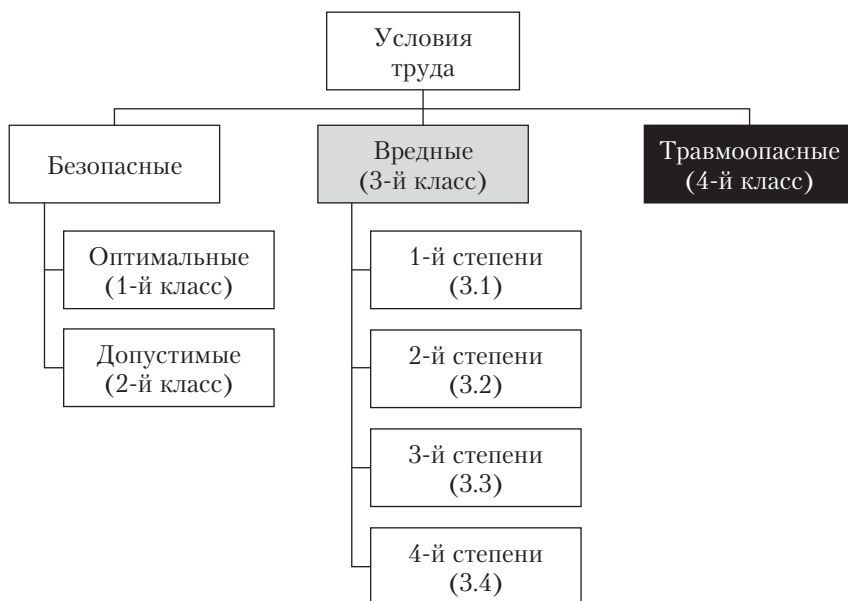


Рис. 2.1. Классы условий труда

Оптимальные (комфортные) условия труда (1-й класс) обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека.

Допустимые условия труда (2-й класс) характеризуются возможными изменениями функционального состояния организма, восстанавливаемыми во время регламентированного отдыха.

Вредные условия труда (3-й класс) характеризуются производственными факторами, превышающими гигиенические нормативы и оказывающими неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомства. В зависимости от уровня превышения нормативов факторы этого класса подразделяются на четыре степени вредности:

3.1 — вызывающие обратимые функциональные изменения организма;

3.2 — приводящие к стойким функциональным нарушениям и заболеваемости;

3.3 — приводящие к развитию профессиональной патологии в легкой форме и появлению хронических заболеваний;

3.4 — приводящие к выраженным формам профессиональных патологий, значительному росту хронической заболеваемости.

Травмоопасные (экстремальные) условия труда (4-й класс), создающие угрозу для жизни и (или) высокий риск возникновения тяжелых профессиональных заболеваний.

Следует отметить, что работа в условиях 4-го класса опасности, как правило, не допускается, за исключением ликвидации аварий и проведения экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций.

2.3. Оценка тяжести и напряженности трудовой деятельности

Тяжесть труда — характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Она характеризуется физической *динамической нагрузкой*, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной *статической нагрузки*, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Динамическая работа — процесс сокращения мышц, приводящий к перемещению груза, а также самого тела человека или его частей в пространстве. Энергия при этом затрачивается как на поддержание положения тела, так и на выполнение внешней работы, определяемой по формуле

$$A = G \left(mH + \frac{ml}{9} + \frac{mH_1}{2} \right), \quad (2.1)$$

где A — динамическая нагрузка, $\text{кг} \cdot \text{м}$; m — масса груза или прилагаемое усилие, кг ; H — высота подъема груза, м ; l — расстояние перемещения груза, м ; H_1 — расстояние опускания груза, м ; G — коэффициент, равный 6.

В соответствии с критериями оценки при региональной нагрузке (с участием мышц рук и плечевого пояса) до $2500 \text{ кг} \cdot \text{м}$ она считается оптимальной (легкой), до $5000 \text{ кг} \cdot \text{м}$ — допустимой (средней), а при превышении последней величины условия труда считаются вредными (тяжелый труд). При массе перемещаемого груза до 15 кг условия труда оптимальные, до 30 кг — допустимые или вредные 1-й степени тяжести. Ручное перемещение грузов массой более 30 кг не допускается.

При повторяющихся (стереотипных) рабочих движениях мышц кистей и пальцев рук (локальная нагрузка) до $20\,000$ условия труда считаются оптимальными. Свыше $20\,000$ до $40\,000$ — допустимыми. Если число движений достигает $60\,000$ условия труда относят к вредным 1-й степени (класс 3.1).

Статическая нагрузка связана с усилием без перемещения тела или отдельных его частей в пространстве и характеризуется величиной удерживаемого груза (или прилагаемого усилия) и временем удержания его в статическом состоянии

$$P = mt, \quad (2.2)$$

где P — статическая нагрузка, $\text{кг} \cdot \text{с}$; m — масса груза или статическое усилие, кг ; t — время фиксации усилия, с .

При этом учитывается и группа участвующих мышц. Так, при легкой физической нагрузке (оптимальный класс условий труда) величина статической нагрузки за смену при удержании груза двумя руками не должна превышать $18\,000 \text{ кг} \cdot \text{с}$, при удержании груза с участием мышц корпуса и ног — $43\,000 \text{ кг} \cdot \text{с}$, а при работе средней тяжести — соответственно $36\,000$ и $100\,000 \text{ кг} \cdot \text{с}$.