

## Лекция 1. Опасность: понятие и аппарат анализа опасности

### 1. Введение

Современная цивилизация столкнулась с огромной проблемой, заключающейся в том, что основа бытия общества – промышленность, сконцентрировав в себе колоссальные запасы энергии и новых материалов, стала угрожать жизни и здоровью людей, окружающей среде. Человек, работая на промышленном предприятии, постоянно подвергается воздействию различных опасностей. Средства массовой информации практически ежедневно сообщают об очередных инцидентах, авариях, катастрофах и др. происшествиях на производстве, повлекших за собой заболевания, гибель людей и материальный ущерб. Причинами подобных явлений могут быть несовершенство технологических процессов и оборудования, износ технологического оборудования и его отдельных деталей, использование в качестве сырья и материалов горючих, агрессивных и токсических веществ, некомпетентность и ошибочные действия производственного персонала и многие другие. В реальных производственных условиях часто возникают ситуации, когда здоровье, а иногда и жизнь человека, зависят только от его своевременных и грамотных действий. Разрешению многих проблем, связанных с негативными последствиями производственной деятельности человека, способствует специальная учебная дисциплина «Производственная безопасность».

Производственная безопасность является научно-учебной дисциплиной, изучающей производственные опасности с целью разработки профилактических мер защиты от них производственного персонала.

Предметом изучения (исследования) дисциплины являются: производственные (технологические) процессы; технологическое (производственное) оборудование; опасности, возникающие при эксплуатации.

Таким образом, исходя из приведенных выше посылок, производственную безопасность можно определить как один из элементов системы охраны труда, остальные элементы это - социально-правовые мероприятия, производственная санитария и гигиена труда.

Для обеспечения требований производственной безопасности необходимы знания во многих областях, а именно:

- идентификация опасностей производственных объектов;
- общие принципы обеспечения промышленной безопасности;
- электробезопасность;
- безопасность эксплуатации грузоподъемных машин;
- безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорного и теплоэнергетического оборудования;
- безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия;
- пожарная безопасность.

# 1. ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

## Понятие опасности

Аксиомы опасности труда:

- 1) потенциальная опасность является универсальным свойством производственной деятельности;
- 2) причиной реализации опасности всегда являются опасные действия (отсутствие необходимых действий) человека;
- 3) опасное производство социально и экономически невыгодно обществу.

Высочайшие достижения человеческой цивилизации, символы и гордость нашего времени - прорыв человека в космос, овладение атомной энергией, победы над болезнями - оборачивается, к сожалению, гибелью в промышленных авариях и катастрофах сотнями, а порой тысячами людей. Возникает вопрос: насколько безопасна техносфера - среда обитания современного человека, создаваемая им самим?

Современные технологии, основанные на новых энергоносителях, и сложившаяся индустриальная структура представляют значительную опасность для людей (персонала предприятия и населения), окружающей среды и самой промышленности. Это обстоятельство наглядно иллюстрирует случаи происшедших промышленных катастроф. Приведем краткое описание таких катастроф.

Авария на заводе по производству пестицидов в Бхопале 03.10.1984 г. (Индия). Погибло свыше 2 тыс. человек, более 200 тыс. человек серьезно пострадали.

Авария на хранилище сжиженных газов в Сан-Хуан-Иксуатепек 19.11.1984 г. (Мексика). Погибло свыше 500 человек, более 7 тыс. человек серьезно пострадали, эвакуировано около 200 тыс. человек.

Авария на Чернобыльской АЭС 26.04.1996 г. (СССР). В первые дни после аварии погибло 32 человека; Количество людей, умерших впоследствии, неизвестно. Эвакуировано свыше 130 тыс. человек, отчуждено от хозяйственной деятельности более 3 тыс. квадратных километров земли. Материальный ущерб оценить невозможно.

Авария на продуктопроводе в Башкирии 04.06.1989 г. (СССР). Погибло свыше 500 человек, серьезно пострадало около 1100 человек.

Прорыв плотины Киселевского водохранилища 14.06.1993 г. (Россия). Погибло 12 и пострадало 6500 человек. Затоплено 69 квадратных километров поймы реки Каква, и жилых массивов г. Серова и других населенных пунктов. Ущерб составил 63,3 млрд. рублей (в ценах 1993 года).

Воздействие аварий техногенного характера по основным показателям становится соизмеримым с такими грозными природными явлениями, как ураганы и цунами. Из сил природы лишь землетрясения остаются пока более грозной опасностью, чем техносфера.

Таким образом, сегодня, система «человек-опасность» - основной предмет усиленного изучения специалистами различных направлений. При этом необходимо уяснить смысл таких терминов как «опасность» и «риск», «безопасность», которые

весьма часто употребляются в научно-технической литературе, нормативно-правовых документах и в средствах массовой информации.

Рассмотрим подробнее такие понятия, как опасность, опасные и вредные производственные факторы, риск и безопасность. Что объединяет эти понятия и в чем их различие?

Проблемы безопасности, оценки риска и защиты от опасностей сопровождали человечество со времени его появления. Первым документальным подтверждением этого факта является, видимо, Ветхий Завет (восьмой век до нашей эры). В Пятой Книге Моисеевой, Второзаконие, гл. 22, стих 8 сказано буквально следующее: «Если будешь строить новый дом, то сделай перила около кровли твоей, чтобы не нанести тебе крови на дом твой, когда кто-нибудь упадет с него».

Прежде чем привести общепринятые (специалистами) определения риска, приведем определения, данные толкователями русского языка. Это, безусловно, будет способствовать пониманию термина на интуитивном уровне.

Итак, по В.Далю [3] риск - отвага, смелость, решимость, действие на авось, наудачу. В.Даль дает также замечательное определение термина «рисковать»: пускаться наудачу, на неверное дело, наудалую, без верного расчета, подвергаться случайности, действовать смело, предприимчиво, надеясь на счастье.

По С.Ожегову риск:

- возможность опасности, неудачи;
- действие наудачу в надежде на счастливый исход;

В Толковом Словаре русского языка под ред. Д.Ушакова даются следующие определения риска:

Возможная опасность. Действие наудачу в надежде на счастливую случайность.

Возможный убыток или неудача в коммерческом деле.

Опасность, которой производится страхования имущества.

А.Елохин отмечает, что последнее определение весьма важно, поскольку страховые организации существуют не только потому, что у общества есть потребность возместить свои потери в случае неких нежелательных событий, но и потому, что страховые организации умеют оценить вероятность таких событий. По-видимому, организации, подобные страховым, были первыми, кто использовал элементы современной теории риска в своей деятельности.

Основной вклад в формирование и развитие анализа риска внесли специалисты в области промышленной безопасности, в том числе английский специалист В. Маршал.

По его определению *риск* - частота реализации опасностей (определённого класса). Очевидно, что размерность этой величины - обратное время, то есть единица, делённая на величину промежутка времени (обычно промежуток времени принимается равным одному году).

Анализ опасностей современной техносферы следует начинать, очевидно, с выявлением основных фактов, определяющих потенциальную опасность промышленных объектов для персонала, населения и окружающей среды.

Предварительно дадим несколько определений.

Под **опасностью** следует понимать ситуацию (в природе или техносфере), в которой возможно возникновение явлений или процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

Так как ситуации, в которых может оказаться, человек весьма разнообразны, то вводятся такие понятия, как добровольная и принудительная опасность.

**Добровольная опасность** - опасность, наличие которой принимается добровольно. Примеры добровольных опасностей - аварии промышленных предприятий для персонала, занятия горными лыжами или дельтапланеризмом, курение, употребление алкоголя и т.п.

**Принудительная опасность** - опасность, которая вводится помимо желания людей, принудительно. Примеры принудительных опасностей - аварии промышленных предприятий для населения, терроризм и т.п.

#### Факторы опасности

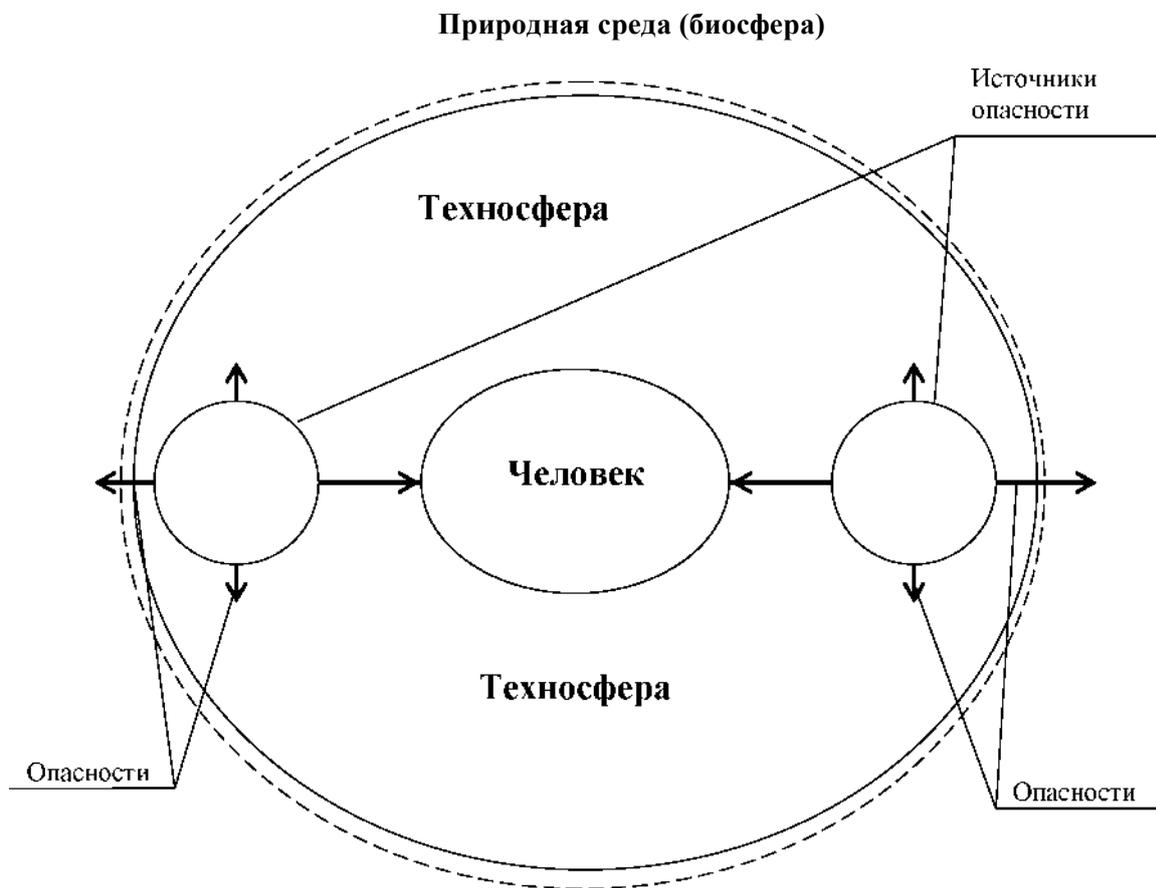
Актуальность проблем безопасности жизнедеятельности (БЖД) вызвана тем, что современный человек живет в мире опасности со стороны природных, антропогенных, технических, экологических, социальных и др. факторов.

Аксиома о потенциальной опасности является основным постулатом в БЖД. Она гласит: «потенциальная опасность является неотъемлемым свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания на всех стадиях его жизненного цикла». Любая деятельность, как условие существования человеческого общества, потенциально опасна. Аксиома о потенциальной опасности говорит о том, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы см. рисунок 1.1

**Опасность** - это явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека косвенно или непосредственно, то есть вызвать нежелательные последствия см. рисунок 1.2.

Опасности делятся:

- 1) . по природе происхождения
  - природные (естественные);
  - техногенные;
  - антропогенные;
  - экологические;
  - смешанные.
- 2) . по времени проявления отрицательных последствий:
  - импульсные;
  - кумулятивные



**Природная среда (биосфера)**

Рисунок 1.1 - Системы «Человек - техносфера» и «Техносфера - природная сфера»

- 3) . по локализации, связанные с литосферой; гидросферой; атмосферой; космосом.
- 4) . по вызываемым последствиям заболевания; травмы; летальные исходы; пожары; взрывы; аварии; загрязнение окружающей среды;

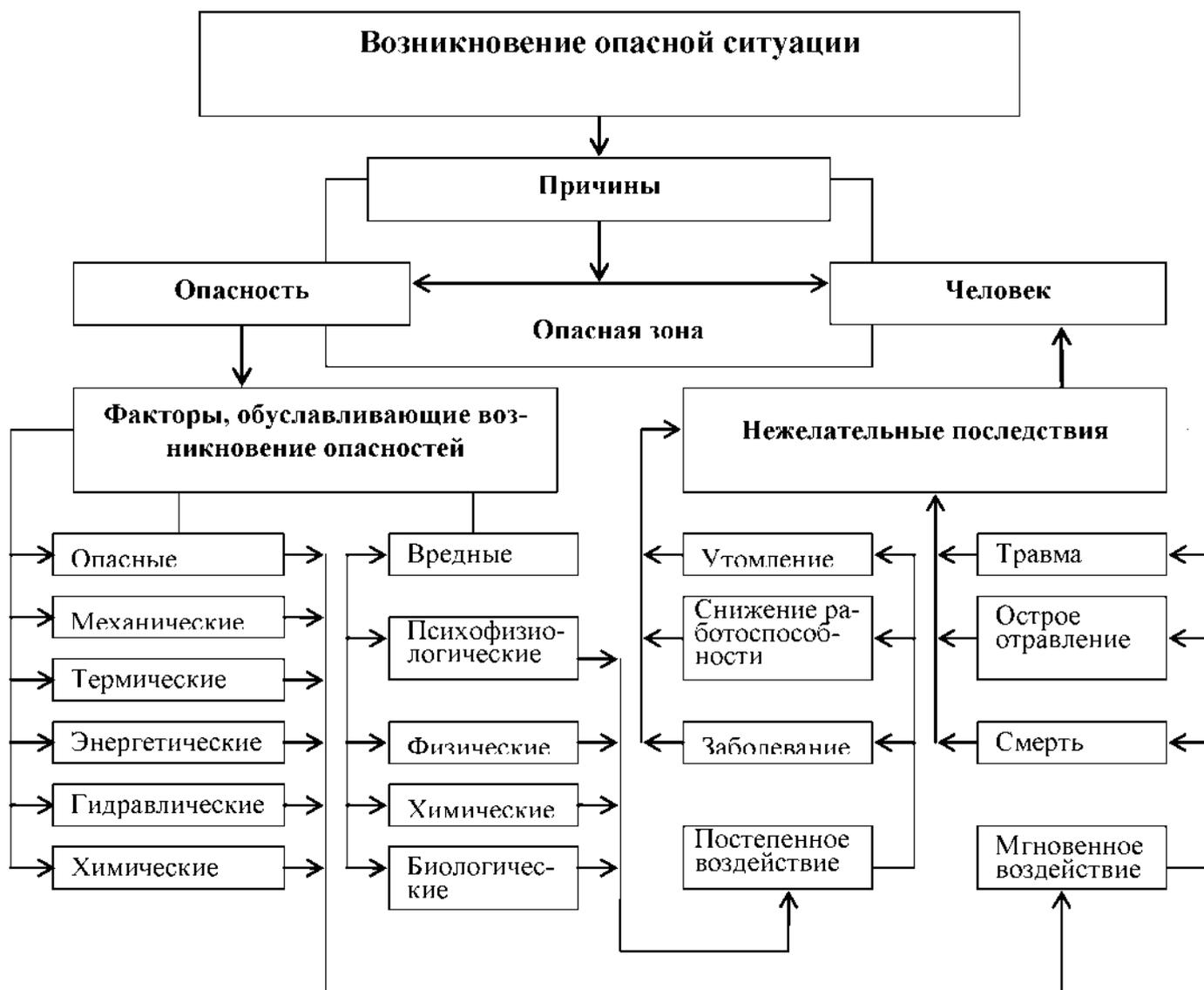


Рисунок 1.2 - Декомпозиция опасной ситуации

5) по приносимому ущербу

- социальные;
- технические;
- экологические;
- экономические.

Адаптация человека к окружающей среде и повышение его защищенности (реализуется путем подготовки персонала к труду и использования средств индивидуальной (коллективной) защиты).

На рисунке 1.3 приведены варианты взаимного расположения зоны действия опасностей и зоны пребывания работающего.

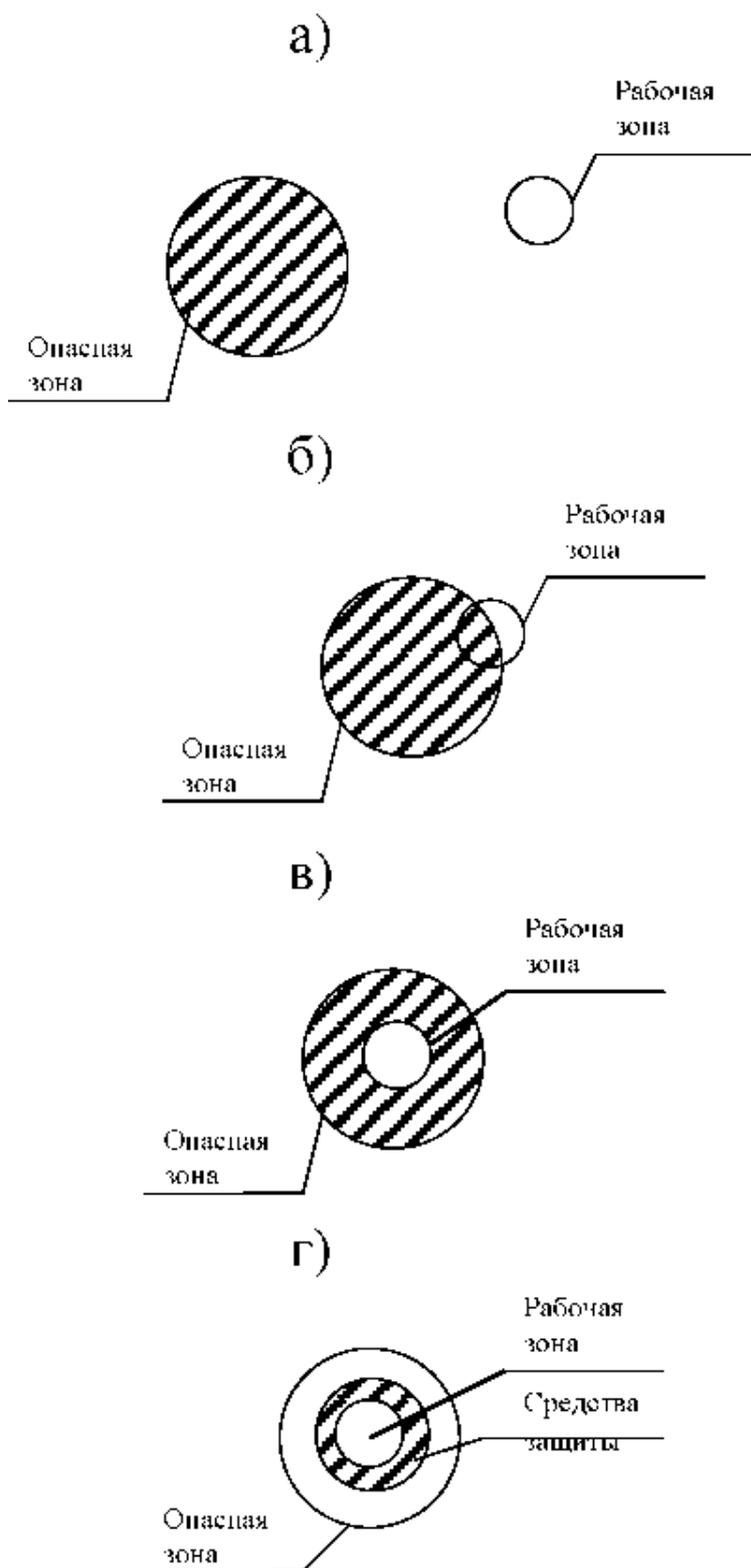


Рисунок 1.3 - Варианты взаимного расположения зоны действия опасности и зоны пребывания работающего

а) безопасная ситуация; б) ситуация кратковременной или локальной опасности; в) опасная ситуация; г) условно опасная ситуация

Таким образом, термин «опасность» описывает возможность осуществления некоторых условий технического, природного и социального характера, при наличии которых могут наступить неблагоприятные события и процессы,

например, аварии на промышленных предприятиях, природные катастрофы или бедствия, экологические или социальные кризисы.

Следовательно, «*опасность*» - это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей и производственной среде и способная, при определенных условиях, привести к реализации не желательного события - возникновению опасного фактора. Соответственно, *реализация опасности* - это обычно случайное явление, и возникновение опасного фактора характеризуется вероятностью явления.

## 2. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы.

**Вредный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

**Опасный производственный фактор** – производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредный производственный фактор, в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия, может стать опасным.

**Классификация опасных и вредных производственных факторов (ГОСТ 12.0.003-74)**

**1.1 Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы:**

физические;

химические;

биологические;

психофизиологические.

**1.1.1 Физические опасные и вредные производственные факторы**

подразделяются на следующие:

движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы;

повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;

повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;

повышенный уровень шума на рабочем месте;

повышенный уровень вибрации;

повышенный уровень инфразвуковых колебаний;

повышенный уровень ультразвука;

повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;

повышенная или пониженная влажность воздуха;

повышенная или пониженная подвижность воздуха;

повышенная или пониженная ионизация воздуха;

повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;

повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;  
повышенный уровень статического электричества;  
повышенный уровень электромагнитных излучений;  
повышенная напряженность электрического поля;  
повышенная напряженность магнитного поля;  
отсутствие или недостаток естественного света;  
недостаточная освещенность рабочей зоны;  
повышенная яркость света;  
пониженная контрастность;  
прямая и отраженная блескость;  
повышенная пульсация светового потока;  
повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;  
повышенный уровень инфракрасной радиации;  
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;  
расположение рабочего места на значительной высоте относительно земли (пола);  
невесомость.

#### **1.1.2 Химически опасные и вредные производственные факторы**

подразделяются:

по характеру воздействия на организм человека на:

токсические;

раздражающие;

сенсibiliзирующие;

канцерогенные;

мутагенные;

влияющие на репродуктивную функцию;

по пути проникания в организм человека через:

органы дыхания;

желудочно-кишечный тракт;

кожные покровы и слизистые оболочки.

**1.1.3 Биологические опасные и вредные производственные факторы** включают следующие биологические объекты:

патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности;

микроорганизмы (растения и животные).

#### **1.1.4 Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы**

по характеру действия подразделяются на следующие:

а) физические перегрузки;

б) нервно-психические перегрузки.

1.1.4.1 Физические перегрузки подразделяются на:

статические;

динамические.

1.1.4.2 Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

умственное перенапряжение;

перенапряжение анализаторов;

монотонность труда;

эмоциональные перегрузки.

1.2 Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам, перечисленным в 1.1.

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Во многих случаях наличие вредных факторов способствует проявлению травмоопасных факторов. Например, чрезмерная влажность в производственном помещении и наличие токопроводящей пыли (вредные факторы) повышают опасность поражения человека электрическим током (опасный фактор).

Уровни воздействия на работающих вредных производственных факторов нормированы предельно-допустимыми уровнями, значения которых указаны в соответствующих стандартах системы стандартов безопасности труда и санитарно-гигиенических правилах.

**ПДК (предельно-допустимая концентрация)** – установленный безопасный уровень вещества в воздухе рабочей зоне (возможно в почве, воде, снеге) соблюдение которого позволяет сохранить здоровье работника в течение рабочей смены, нормального производственного стажа и по выходу на пенсию. Не передаётся негативное последствие на последующие поколения.

**ПДУ (предельно-допустимый уровень)** – характеристика, применяемая к физическим опасным и вредным производственным факторам (по ГОСТ 12.0.002-80) - это предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период жизни

**Вредные условия труда** – это условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающие неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство.

Следует иметь в виду, что одни опасности влияют только на человека (вращающиеся части машин, отлетающие частицы металла), а другие – как на человека, так и на среду, окружающую рабочие места (шум, пыль).

Опасности носят природный характер или порождаются деятельностью человека, следовательно, опасности можно разделить на **природные и антропогенные**.

Антропогенные опасности связаны с определённым видом деятельности человека.

Называя профессию, мы сужаем перечень опасностей, грозящих человеку.

Например, шахтёр подвергается одним опасностям, а пекарь – другим.

Опасности бывают:

- **Непосредственные** (повышенная температура, влажность, электромагнитные поля, шум, вибрация, ионизирующее излучение). Воздействуя на живой организм, эти опасности вызывают те или иные ощущения. В определённых случаях эти воздействия могут быть не безопасны.
- **Косвенные** опасности воздействуют на человека не сразу. Например, коррозия металлов непосредственной угрозы для человека не представляет. Но в результате её снижается прочность деталей, конструкций, машин,

сооружений. При отсутствии мер защиты они приводят к авариям, порождая непосредственную опасность.

Свойство опасности проявляется только в определённых условиях, называемых **потенциальностью**. Уберечь человека от скрытых потенциальных опасностей удастся не всегда, так как, во-первых, некоторые опасности носят скрытый характер, обнаруживаются не сразу, возникают неожиданно, непредвиденно; во-вторых, человек не всегда подчиняется сигналам, не выполняет правил безопасности, которые ему хорошо известны.

В результате опасности из потенциальных превращаются в действительные, принося большой ущерб, как отдельным людям, так и обществу в целом.

Среди различных работ выделяют работы (и целые профессии) повышенной опасности. К ним относятся все работы, связанные с подъёмными кранами, баллонами высокого давления, электросетью высокого напряжения и пр.

### 3. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНОСТЕЙ

В настоящее время далеко не для всех групп и видов опасностей должным образом разработаны способы их своевременного обнаружения, распознавания, установления причин (идентификации) и защиты от них, уменьшения последствий проявления.

Для техногенных опасностей (вредных и опасных производственных факторов) эти вопросы последовательно решаются уже много лет, и хорошо проработаны в законодательном, организационно-правовом, а также в техническом и технологическом плане; здесь уже принята масса нормативных документов, федеральных законов, постановлений Правительства РФ, правил, инструкций регулирующих порядок безопасного производства работ; созданы государственные органы, осуществляющие надзор и контроль за их исполнением; введена ответственность работодателей, должностных лиц за допущенные нарушения и т.п. К сожалению, в отношении других групп опасностей этого пока сказать еще нельзя. По многим, точнее по большинству опасностей, можно дать исчерпывающую информацию по условиям и причинам их возникновения, интенсивности и скорости распространения, поражающим факторам и т.п. Но в отношении способов защиты, уменьшения негативных последствий от них — дело обстоит сложнее. Здесь еще много нерешенных проблем как в теоретическом плане, так и в реальном выполнении. Этим объясняется, например, массовая гибель людей при наводнениях, цунами, ураганах, а также при терроризме, насильственном захвате заложников и в ряде других ситуаций.

Безусловно, каждый вид опасности требует своих, чаще всего индивидуальных, способов защиты. Но большинство из этих способов можно отнести к одной из нижеперечисленных групп.

**Защита барьерами** (кожухами, ограждениями, перегородками, стенами, экранами, дамбами, шлюзами, ширмами, светофильтрами и т.п.), отделяющими опасный или вредный фактор от человека, работника. Это ограждения различных механизмов, вращающихся, подвижных деталей, а также применение различных предохранительных устройств, блокировок, автоматических выключателей, ограничителей: хода рабочего органа, подъема температуры воды, масла, давления пара, жидкости, величины оборотов и т.п., т.е. барьеров, за которые не должны выходить контролируемые параметры технологического процесса. Это также спецодежда, каски, шлемы, спецобувь, респираторы, противогазы, очки и другие СИЗ — барьеры, защищающие организм человека от загрязнений, излучений, механических повреждений и т.п.

**Защита информацией** — информирование людей о существовании того или иного вида опасности, о его уровне, мощности, скорости распространения, способах защиты. В техносфере это, например, проведение инструктажей по охране труда, обучение работников безопасным приемам труда, правилам оказания доврачебной помощи пострадавшим, безопасным действиям при различных производственных ситуациях, в том числе аварийных, и т.п.

**Защита временем** — сокращение длительности пребывания людей в условиях действия той или иной опасности, устройство регламентированных перерывов для восстановления организма при работе во вредных условиях труда, например, в условиях высокой или низкой температуры воздуха, под водой, в изолируемом

противогазе, в условиях повышенного шума, вибраций и т.п.; предоставление работникам сокращенного рабочего дня и рабочей недели, дополнительного отпуска и т.п.

**Защита расстоянием** — нахождение человека, работника на достаточном расстоянии от источника опасности, которое она не в состоянии преодолеть, не ослабнув до безопасных величин. Это, например, касается волн цунами, землетрясений, оползней, снежных лавин и т.п., а также поражающих факторов взрыва, пожара, шума, радиоактивных излучений, источников электрического напряжения и др.

**Защита нормированием** — установление для каждого вида опасности, каждого вредного или опасного производственного фактора предельно допустимых уровней (ПДУ) или предельно допустимых концентраций (ПДК), при соблюдении которых можно находиться в зоне их действия без каких-либо последствий для здоровья. Например, безопасный уровень (ПДУ) шума в рабочей зоне равен 80 дБА, безопасная концентрация паров бензина (ПДК) в воздухе рабочей зоны равна 100 мг/м<sup>3</sup>, зерновой пыли — 4 мг/м<sup>3</sup>, оксида углерода (СО) — 20 мг/м<sup>3</sup>. Защита нормированием — это также установление предельных рабочих параметров технологического оборудования, при соблюдении которых его эксплуатация будет безопасной: скорости движения, вращения, давления пара в котле, напряжения электросети, уровня воды, массы поднимаемого груза и т.п.

**Защита компенсацией** — предоставление работникам, занятым во вредных и опасных условиях труда, различных льгот и компенсаций: бесплатной выдачи молока, лечебно-профилактического питания, возмещения утраченного заработка при потере или снижении трудоспособности, повышение оплаты труда, досрочное предоставление трудовой пенсии по старости и др.

**Защита слабым звеном** — установка в технологическом оборудовании специальных предохранительных устройств, предотвращающих возникновение аварии, взрыва, разрушение рабочего органа, выброс вредных веществ и т.п. Это, например, установка предохранительных клапанов в паровых и водогрейных котлах, в гидросистемах, пневмосистемах, сбрасывающих лишнее давление; плавких вставок или автоматических разъединителей в электросетях; установка легко сбрасываемых конструкций (открывающиеся крыши, повышенное остекление стен и т.п.) на зданиях котельной, защищающих его от разрушения при взрыве котла; установка предохранительных муфт, срезаемых шпилек, защищающих оборудование при перегрузках и др.

**Защита устранением опасности в источнике ее образования** — например, конструирование, изготовление более защищенной, безопасной техники; герметизация источников выделения пыли, газов; тщательная балансировка рабочих органов, подтяжка креплений с целью снижения шума, вибраций и т.п.

#### 4. Методы и аппарат анализа опасности

Объектом анализа опасности является система «человек - машина - окружающая среда», в которой в единый комплекс объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом.

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные аварии и катастрофы, последовательности развития событий, вероятности аварий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения аварий и смягчения их последствий.

Методы определения потенциальных опасностей можно разделить на:

- инженерные методы с использованием статистики, реализуемые расчетом частот, вероятностным анализом и построением «деревьев» опасности (событий, отказов);

- модельные методы: основаны на построении моделей воздействия опасных и вредных факторов на отдельного человека, профессиональные и социальные группы населения;

- экспертные методы: включают определения вероятностей различных событий на основе опроса опытных специалистов-экспертов;

- социологические методы, которые основаны на опросе населения.

Анализ опасностей описывает опасности качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

Анализ опасностей начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. Затем проводят детальный *качественный анализ*.

##### **Качественный анализ опасностей**

Выбор качественного метода анализа опасностей зависит от цели анализа, назначения объекта и его сложности.

К группе методов качественных оценок опасностей относится:

- 1) Методы проверочного листа и анализа «Что будет, если?» или их комбинации, основанные на изучении соответствия объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.

Результатами проверочного листа является перечень ответов на вопросы о соответствии опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности и указания по их обеспечению. Метод проверочного листа отличается от анализа «Что будет, если?» более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.

Эти методы наиболее просты (особенно при обеспечении их вспомогательными формами, унифицированными блоками, облегчающими на практике проведение анализа), не трудоемки (результаты могут быть получены одним специалистом в течение одного дня) и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

- 2) Анализ видов и последствий отказов (АВПО) применяется для каче-

ственного анализа опасности рассматриваемой технической системы. Под технической системой, в зависимости от целей анализа, могут пониматься как совокупность технических устройств, так и отдельные технические устройства или их элементы.

Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Анализ видов и последствий отказа можно расширить до *количественного анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)*. В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности-вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности.

Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендаций по уменьшению опасности.

Систему классификации отказов по критериям вероятности - тяжести последствий следует конкретизировать для каждого объекта или технического устройства с учетом его специфики.

### 3) Метод анализа опасности и работоспособности (АОР).

Методом АОР исследуются опасности отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов. АОР по сложности и качеству результатов соответствует уровню АВПО, АВПКО. В процессе анализа для каждой составляющей производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше», «так же, как», «другой», «иначе чем», «обратный» и т.п. Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Метод АОР, так же как АВПКО, кроме идентификации опасностей и их ранжирования *позволяет* выявить неясности и неточности в инструкциях по безопасности и способствует их дальнейшему совершенствованию. Недостатки методов (АОР, АВПКО) связаны с затрудненностью их применения для анализа комбинации событий, приводящих к аварии.

4) Логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий». Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» (непола-

док) и «деревьев событий».

*Метод анализа «деревьев отказов».*

Для анализа фазы инициирования аварий, вызываемых отказами оборудования наиболее часто используется метод дерева неполадок. Одним из главных достоинств метода является систематичное, логически обоснованное построение множества взаимосвязей отказов элементов системы, которые могут приводить к аварии.

Этот метод требует от исследователя полного понимания функционирования системы и характера возможных отказов ее элементов.

*Дерево неполадок* - это графическое представление логических связей между отказами оборудования и аварийными ситуациями, т.е. *дерево отказов* - это топологическая модель надежности и безопасности, которая отражает логико-вероятностные взаимосвязи в виде первичных отказов или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному анализируемому событию.

Пример построения «деревьев отказов», приводящих к разгерметизации ёмкостного оборудования и технологического трубопровода приведены

Качественный анализ дерева отказов заключается в определении аварийных сочетаний. *Аварийное сочетание* - это определённый набор исходных событий (причин). Если все эти исходные события случаются, существует гарантия, что конечное событие происходит.

*Метод анализа «деревьев событий»*

Анализ «дерева событий» - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа возможных сценариев развития аварии. Данный метод позволяет проследить возможные аварийные ситуации, возникающие вследствие реализации отказа оборудования или прерывания процесса, которые выступают в качестве исходных событий. В отличие от метода «дерева отказа» (неполадок) анализ «дерева событий» представляет собой «осмысливаемый вперёд» процесс, то есть процесс, при котором пользователь начинает с исходного события и рассматривает цепочки последующих событий, приводящих к аварии.

Метод используется для анализа возникновения аварийных ситуаций и расчёта частоты их реализации на основе частоты реализации исходных событий и условной вероятности реализации исходных событий и условной вероятности реализации различных ветвей логического дерева событий.

Пример (в общем виде) составления анализа дерева событий - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийная ситуация) приведён на рисунке.



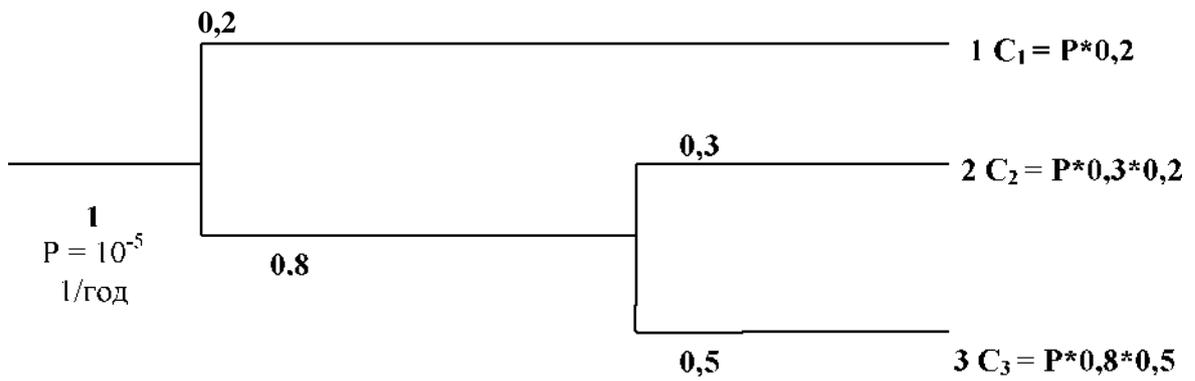


Рисунок - Пример составления «дерева событий»

Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается умножением частоты основного события (P) на условную вероятность конечного события.