

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.03 Управление рисками, системный анализ и моделирование процессов  
в техносфере**

**Направление подготовки (специальность) 20.04.01 Техносферная безопасность**

**Профиль образовательной программы Система управления рисками ЧС**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>4</b>
1.1. Лекция №1 <i>Основы формальной логики и теории аргументации.....</i>	4
1.2. Лекция №2 <i>Теоретический базис и система обеспечения безопасности в техносфере.....</i>	25
<b>2. Методические указания по проведению практических занятий .....</b>	<b>76</b>
2.1 <b>Практическое занятие № ПЗ-1</b> <i>Базовые принципы теории надежности и теории массового обслуживания.....</i>	76
2.2 <b>Практическое занятие № ПЗ-2</b> <i>Идентификация и предварительный анализ источников риска.....</i>	78
2.3 <b>Практическое занятие № ПЗ-3</b> <i>Моделирование и прогноз параметра риска происшествий с помощью диаграмм типа «граф».....</i>	80
2.4 <b>Практическое занятие № ПЗ-4</b> <i>Обеспечение приемлемых параметров риска при создании объектов техносферы .....</i>	82

## **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

### **1. 1 Лекция №1 ( 2 часа).**

**Тема:** *«Основы формальной логики и теории аргументации»*

#### **1.1.1 Вопросы лекции:**

- 1. Объект, понятие, обозначение**
- 2. Принципы определения и деления понятий**
- 3. Принципы выявления причинно-следственных связей**
- 4. Типы и способы конструктивной аргументации**
- 5. Правила конструктивной дискуссии и успешной полемики**

#### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

Изложение материала данной книги целесообразно начать со знакомства с основными положениями формальной логики. Они предназначены для привития навыков правильного мышления, реализуемых при определении и классификации понятий, доказательствах и опровержениях различных высказываний путем последовательного и убедительного рассуждения. Предлагаемые в этой главе сведения окажутся особенно полезными при усвоении тех моделей, которые рассматриваются во втором и третьем разделах данной книги и широко используют такие методы логики, как анализ и синтез, дедукция и индукция.

##### **1. Объект, понятие, обозначение**

Как ни странно, но формальная логика исключена из учебных планов общеобразовательной школы и подавляющего большинства вузов нашей страны. Хуже того, огромное количество людей считают нормальным рассуждать и размышлять без обращения к соответствующей теории, видимо – сомневаясь в ее ценности. Некоторые даже склонны считать мышление естественным процессом, требующим внимания не более чем дыхание или ходьба.

Разумеется, все это заблуждение, так как стихийно сложившаяся и неосознанная способность мыслить верно далеко не всегда достаточна. Ведь умение говорить правильно не освобождает от изучения грамматики. А разве логическая интуиция не нуждается в прояснении, как и грамматическая? Кроме того, допускаемые часто погрешности невозможно уяснить без отчетливого представления всей глубины и сложности тех мыслительных действий, с которыми связан любой, даже самый элементарный акт мышления.

Напротив, знакомство с основными принципами и операциями мышления способствует развитию и совершенствованию не только собственно логических, но и других мыслительных навыков. В частности, оно развивает умение обобщать, абстрагироваться и сосредотачиваться, раскрывать замысел и композицию некоторого целого, связывать его части, выявлять главное или отделять его от второстепенного и побочного, усматривать необычное в обыденном и т.п. Именно эти способности нужны специалисту в сфере обеспечения безопасности сложных технических систем, который должен быть системно мыслящим профессионалом, т.е. воспринимающим и оперирующим всеми наиболее существенными факторами.

Дело в том, что такое понимание зависит от восприятия человеком соответствующей информации, которая формируется посредством воздействий на его сенсорные органы. При этом он воспринимает не все подряд, а только то, что привлекает внимание своей оригинальностью или другими характеристиками. Смысл же вновь воспринятого образуется на основе имеющихся смыслов ранее познанных объектов, являющихся частью концептуальной системы. Вот почему для придания системности мышления людям необходимо улучшать способность не только воспринимать, но и перерабатывать полученную информацию.

Знакомство с базовыми принципами формальной логики как раз и направлено на уяснение смысла таких исходных терминов, как объект, предмет и слово, а также понятие, суждение и умозаключение, которые в совокупности являют собой формы и этапы процесса научного познания. Ниже под объектом будем иметь в виду все, что можно воспринимать или представлять в виде материального, абстрактного или воображаемого образования (предмета, процесса, явления), а под словом – наименьшую единицу языка, которая может иметь собственное значение и использоваться самостоятельно.

Однако не все объекты имеют наименования. Их дополняют понятия (мысленные конструкции), которые вместе с их обозначениями (наименованиями, терминами, определениями) используются для передачи информации по схеме "объект → понятие → обозначение". Отметим также, что нельзя отождествлять конкретные и воображаемые объекты с понятиями, которые лишь устанавливают связь между предметами и их обозначениями и которые являют собой высший уровень абстракции. Вот почему понятия следует рассматривать одновременно и как единицы мышления, и как единицы знания.

Среди понятий выделяют общие – относящиеся не менее чем к двум объектам, и единичные, которые обозначаются уже как наименование или символ. Под термином же подразумевается обозначение общего понятия в специальном языке с помощью одного или более слов. При этом считается, что термины должны быть краткими и лингвистически правильными (соответствующими нормам языка), точными (отражающими существенные признаки понятия) и удобными для образования производных и сокращенных форм.

Что касается суждений, то под ними следует понимать утверждения о наличии или отсутствии какого-либо объекта или его признака. Все суждения принято делить: а) по числу связанных с ними объектов – на общие, частные и единичные; б) по составу – на простые и сложные (состоящие из нескольких простых); в) по функциям – на утверждающие или отрицающие что-нибудь. А вот умозаключение – это форма суждения, основанная на использовании правил логического вывода с целью получения из истинных исходных утверждений (посылок) нового истинного суждения по схеме "посылка → суждение → умозаключение". Например, "все жидкости упруги, вода – жидкость, значит, она тоже упруга".

При построении суждений оперируют не только объектами, но и их признаками, понимая под ними такие свойства объекта или группы схожих объектов, совокупность которых используется для формирования понятия. Признаки считаются существенными, когда они идентифицируют понятие в конкретной предметной области так, что отсутствие хотя бы одного из них приводит к недостаточно полному или ошибочному толкованию понятия. Если существенный признак отличает одно понятие от другого, то его принято

называть отличительным, в противоположность общему признаку, служащему для объединения понятий.

Каждое понятие также характеризуется собственным содержанием (интенционал) и объемом (экстенционал) [28]. Под содержанием обычно подразумевается набор признаков, формирующих конкретное понятие, а под его объемом – группа объектов, входящих в данное понятие. При сопоставлении двух понятий  $S$  и  $P$  их объемы могут оказаться в одном из следующих отношений: а) равнозначность;

б) пересечение; в) подчинение; г) исключение, что проиллюстрировано на рис. 1.1 в виде кругов разного положения или размера.

Соотношения между объемами двух понятий:

а – равнозначность; б – пересечение; в – подчинение; г – исключение

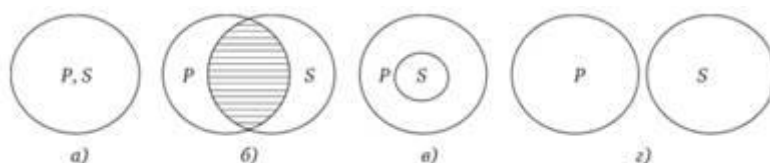


Рис. 1.1. Соотношения между объемами двух понятий:

а – равнозначность; б – пересечение; в – подчинение; г – исключение

Левая (а) часть рисунка (кругов Эйлера) демонстрирует полное совпадение понятий; заштрихованный сегмент в (б) – частичное совпадение их объема, например студент и юноша; внутренний круг из (в) – понятие меньшего объема, допустим квадрат и прямоугольник; тогда как правая (г) часть – два исключаящих друг друга понятия, например белое и черное.

На этом ограничимся в изложении исходных категорий (наиболее общих понятий) правильного мышления, имея в виду, что последующее содержание главы будет связано с конкретизацией его законов при определении, классификации и использовании подобных понятий для построения, обоснования и отстаивания разнообразных суждений.

В заключение параграфа отметим, что опыт применения рассмотренных здесь базовых положений способствует познанию и преобразованию мира, благодаря тому что они: 1) отражают суть объектов; 2) возникают по необходимости; 3) обладают изменчивостью и общностью в процессе восприятия и обмена информацией; 4) используются по следующей схеме: а) объекты воспринимаются и представляются, абстрагируются и концептуализируются понятиями; б) понятия отражают и соответствуют множеству объектов, представляются обозначениями и выражаются языковыми средствами, организуются в системы понятий; в) обозначения (термины, наименования и символы) присваиваются понятиям и представляют их при обмене информацией.

## 2. Принципы определения и деления понятий

Кроме изложенных выше категорий формальной логики важное место в рациональном мышлении занимают знание и умелое оперирование теми разнообразными отношениями (мысленными и иными связями), которые существуют между различными понятиями. Их выявление в пределах конкретной предметной области позволяет не только точнее идентифицировать и определять применяемые там категории, но также выявлять их общие и отличительные признаки путем сравнения и различения. При этом в

настоящее время рекомендуется использовать следующие две группы (или два типа) отношений между используемыми понятиями:

- 1) иерархические (родовидовые и партитивные);
- 2) ассоциативные.

Первая группа отношений между понятиями (иерархические) содержит разные уровни, среди которых имеется вышестоящее (суперординатное) понятие, включающее в себя не менее одного нижестоящего (субординатного) понятия. Нижестоящие понятия, находящиеся на одном уровне и следующие одному и тому же критерию, называются координатными. Когда координатные понятия получены на основе одного признака деления вышестоящего понятия, то они составляют его аспект. Если суперординатное понятие имеет несколько разных аспектов, то образуемую ими систему понятий принято называть многоаспектной.

Кроме того, при родовидовых отношениях содержание нижестоящего понятия всегда включает содержание вышестоящего и хотя бы один отличительный признак. В этом случае вышестоящее понятие называют родовым, а нижестоящее – видовым понятием. Имея это в виду, нетрудно убедиться в обратном соответствии между содержанием и объемом понятия, образованного родовидовым отношением: чем шире содержание понятия (больше конкретизирующих признаков), тем уже его объем (меньше соответствующих предметов), и наоборот. А вот партитивные отношения имеют место, когда вышестоящее понятие представляет собой какое-либо целое, а нижестоящие – основные части этого целого. При этом все вместе партитивные (дробные) понятия образуют вышестоящее (целостное) понятие.

В отличие от иерархических отношений, вторая группа (ассоциативные) указывает лишь на связь между понятиями в смысле близости в пространстве или времени, функций либо причинно-следственной связи. Отношения обеих групп проиллюстрированы на рис. 1.2.

Все рассмотренные выше типы отношений используются в конкретных предметных областях для формирования соответствующих систем понятий, представляющих собой совокупность взаимосвязанных обозначений и определений. Под определением обычно подразумевают такое словесное описание понятия с помощью других известных понятий, которое благодаря уникальности содержания и объема отделяет его от всех остальных. Помимо определения понятий известны также такие сходные с ним операции, как обозначение, указание, описание, характеристика, отличие, перечисление.

В настоящее время применяются два вида определений:

а) интенциональное и б) экстенциональное. Наиболее предпочтительны интенциональные определения, встраивающие понятия в контекст соответствующей системы и использующие вышестоящее понятие вместе с признаками, отличающими данное понятие от других. При родовидовом отношении вначале указывается родовое понятие, а затем существенные признаки, характеризующие межвидовые отличия, а при партитивном – конкретная часть некоего целого, т.е. целостного понятия, вместе с ее отличительными признаками. При этом партитивные определения допустимы лишь в отношении существенных частей целого и при их ограниченном числе.

Пример основных отношений между понятиями



Рис. 1.2. Пример основных отношений между понятиями

Экстенсиональные определения представляют собой перечисление тех нижестоящих понятий одного аспекта, которые в совокупности составляют объем определяемого понятия, являются общеизвестными или могут быть затем объяснены интенсинальными определениями. Этот тип определений рекомендуется применять лишь при невозможности дать интенсинальное определение. Для пояснения приведем следующие определения двух предметов, указанных на рис. 1.2:

а) интенсинальное: "Карандаш – инструмент для письма, имеющий твердый корпус с расположенным в нем мягким грифелем";

б) экстенсинальное: "Инструмент для письма – это карандаш, маркер и ручка".

При определении понятий рекомендуется придерживаться следующих основных требований:

а) формулировку определения следует делать как можно более краткой и несложной, остальное – в примечание;

б) входящие в него признаки должны быть известны либо определены дополнительно;

в) в определение нельзя включать признаки, логически принадлежащие вышестоящему понятию;

г) объем понятия и его признаки должны соответствовать данной предметной области или системе понятий;

д) в определении не допускаются круги, т.е. наличие одних и тех же признаков как в нем, так и в его обозначении;

е) формулировка определения не может быть слишком узкой (исключающей некоторые объекты) и слишком широкой (допускающей включение тех объектов, которые не входят в объем определяемого понятия);

ж) в определении следует описывать то, что представляет объект, а не то, чем он не является;

з) экстенсинальные определения не должны допускать слов "такие как" или "и т.п."

Вторая (после определения) важная логическая операция – деление понятий или соответствующих им объектов на группы, обладающие сходством по каким-то заранее оговоренным признакам. При этом для получения членов (групп или классов) деления, кроме самих признаков (оснований для деления), следует уточнить объем исследуемых понятий или предметов. Если их деление осуществлено многоступенчато, то его называют

классификацией, в результате которой получают соподчиненные ветви, виды и подвиды понятий или предметов.

Логически верное деление рассматриваемых здесь категорий также предполагает использование следующих основных правил:

1) непрерывно, т.е. без скачков: сначала – по одному основанию, затем все полученные члены – по другому и т.д.;

2) соразмерно – так, чтобы сумма объемов частей деления равнялась объему всего понятия (иначе деление будет неполным или давать лишние члены);

3) по одному основанию, т.е. без подмены в ходе деления выбранного признака другими;

4) исключая появление одного и того же объекта или понятия в разных группах деления.

В завершение параграфа заметим, что логические операции "определение" и "деление" будут широко применяться при моделировании процесса возникновения и развития техногенных происшествий. В первом случае среди предпосылок выделяют события "отказ техники", "ошибка человека" и "нерасчетное внешнее воздействие", а во втором уже делят возможные последствия (по способу или форме причинения ущерба), допустим – взрыв или пожар, уничтожение или повреждение, причем дихотомически, т.е. надвое ("да" или "нет").

### 3 Принципы выявления причинно-следственных связей

До сих пор при рассмотрении способов образования сложных высказываний из простых понятий внутреннее строение последних во внимание не принималось. Они брались как неразложимые атомы, обладающие только одним свойством: быть истинными или ложными. В данном параграфе целесообразно уточнить содержание таких важных понятий, как причина и следствие, а также правила выявления соответствующих связей между ними.

Сделаем это с помощью основных операций с понятиями. Вначале с такими, уже известными по предыдущему материалу, как определение (фиксация существенных признаков), деление (разбиение понятий или соответствующих им предметов по группам), классификация (их многоуровневое деление). Затем со следующими крайне важными для системного исследования безопасности категориями: анализ (мысленное расчленение понятий и предметов), синтез (их мысленное соединение), сравнение (установление сходства или различия между понятиями и предметами), обобщение (мысленное объединение отдельных понятий или предметов в группы).

Что касается причины, то под этой категорией обычно подразумевают явление, всякий раз вызывающее к жизни другое явление; тогда как результат действия причины уже принято называть ее следствием. Кроме того, следует помнить, что причинно-следственная связь носит объективный характер, а изменение интенсивности (силы действия) причины соответствующим образом меняет и интенсивность проявления следствия. К тому же причина всегда предшествует во времени следствию, она порождает и обуславливает его. Все это побуждает не только искать следствие среди ранее зарегистрированных явлений, но также считать, что без знания причин возникновения и развития конкретных явлений нельзя разобраться с их сущностью или смыслом.



Таким образом, причинно-следственная зависимость представляет собой определенную внутреннюю связь между различными явлениями, при которой за одним из них всегда и с необходимостью следует другое, им предопределенное. Однако нельзя думать, что выявить причинно-следственные связи можно путем одного наблюдения. На самом деле идентификация подобной зависимости в конкретных случаях возможна лишь на основе рассуждения, причем не произвольно какого, а только логически правильного.

Вот почему, помимо вышеизложенных операций с понятиями, здесь необходимо ознакомиться также с соответствующими принципами правильного рассуждения. С определенной условностью они могут быть представлены следующими двумя методами: 1) дедукция, обычно обеспечивающая логический переход от истинных посылок к истинному заключению (от общего достоверного знания к такому же, но частному); 2) индукция, делающая это в обратном направлении (от частного к общему), но уже не с полной достоверностью, а с определенной степенью вероятности ее достижения, что не исключает и ложных выводов.

Не раскрывая здесь других характеристик дедукции и индукции (подробнее об этом будет изложено ниже – см., например, гл. 4), приведем вытекающие из них пять законов, известных под именем "каноны Бэкона – Милля". Все эти принципы-законы основаны на соединении так называемой неполной индукции с элементами дедуктивного рассуждения и следующими, уже частично упомянутыми выше свойствами причинно-следственной зависимости между последовательно наблюдаемыми явлениями: а) каждое явление имеет свою причину, и поэтому ее поиски всегда оправданы; б) причиной может служить лишь одно из явлений, предшествующих исследуемому; в) после явления, считаемого причиной, всегда должно наступать его следствие; г) при отсутствии причины следствие не может иметь места или проявления; д) изменения в причине всегда влекут за собой изменения в следствии.

#### 4. Типы и способы конструктивной аргументации

Изложенные выше формально-логические законы и принципы выявления причинно-следственных связей нашли особенно широкое использование при аргументации, которая представляет собой такую форму речевого действия, которая направлена на оправдание или опровержение какого-то мнения. При этом наиболее важным компонентом аргументации является умение рассуждать обоснованно и подкреплять выдвигаемые положения убедительными аргументами. В самом общем смысле обосновать некоторое утверждение – значит привести те достаточные основания, в силу которых оно должно быть принято.

Таким образом, аргументация – это полное или частичное обоснование какого-либо утверждения (тезиса) с использованием других утверждений (аргументов или доводов) путем их демонстрации. В качестве аргументов обычно применяется одно или несколько связанных между собой высказываний. Частными случаями аргументации являются:

1) доказательство, содержащее совокупность логических приемов обоснования истинности суждения с помощью аналогии свойств или отношений, а также других, связанных с ними, истинных суждений-посылок;

2) опровержение, представляющее уже отрицание выдвинутого кем-то тезиса через доказательство антитезиса или ложности каких-либо мнений о конкретных фактах или иных обсуждаемых явлениях.

Что касается наиболее общих типов аргументации, то все они часто делятся по следующим признакам:

- 1) по сфере практической применимости – универсальная и контекстуальная, отличающиеся тем, что первая применима в любых случаях, а вторая – лишь к определенной аудитории;
- 2) по природе привлекаемых аргументов – эмпирическая (ссылается только на опыт и эмпирические данные) и теоретическая (опирается на логически верное рассуждение);
- 3) по способу опровержения или доказательства – прямая, косвенная по аналогии, аналитически косвенная (от противного) и косвенная разделительная (путем исключения).

Перечисленные выше типы и способы аргументации представлены на рис. 1.3.

Последовательно и кратко поясним особенности применения всех типов аргументации. При этом необходимо иметь в виду, что одна часть приводимых здесь доводов будет касаться поддержки тезисов, представляющихся истинными, а другая – заведомо ложных или неопределенных тезисов. Иначе говоря, аргументированно отстаиваться могут не только добро и справедливость, но и то, что кажется злом и проявит себя так впоследствии.

Классификация типов и способов аргументации



Рис. 1.3. Классификация типов и способов аргументации

В число контекстуальных способов аргументации обычно включают опору на аргументы в виде традиции и авторитета, интуиции и веры, здравого смысла и вкуса и т.п. А вот к универсальным способам аргументации относятся:

- а) теоретическая – дедуктивная и индуктивная, системная и методологическая;
- б) эмпирическая – в форме подтверждения: прямого, т.е. непосредственного наблюдения явлений из обосновываемого утверждения, и косвенного, которое уже получено опорой на явления-следствия, логически вытекающие из этого утверждения.

Важное место при этом занимают дедукция и индукция, используемые в процессе демонстрации как способы установления причинно-следственных связей. Причем первый метод делает это достоверно, с опорой на истинные предпосылки, а второй – только по вероятности (за исключением случая полной индукции, которая делает это с необходимостью). Обычной и довольно распространенной ошибкой в неполных индуктивных умозаключениях является поспешное обобщение, т.е. обобщение без достаточных на то оснований.

Отличительной особенностью эмпирической аргументации с применением индуктивного метода является принципиальная неравноправность таких двух взаимосвязанных операций, как подтверждение и опровержение каких-либо гипотез. Ведь достаточно одного противоречащего факта, чтобы опровергнуть общее утверждение, в то время как даже большое число убеждающих доводов не способно окончательно

подтвердить полученное таким способом утверждение, превратив его в истину. В основе асимметрии подтверждения и опровержения лежит схема рассуждения, основанная на принципе фальсификации доказательства.

Широкое распространение в эмпирической аргументации нашли также примеры и иллюстрации, применяемые для подтверждения общих положений и гипотез. Примером считаются явления и частные случаи, используемые в качестве отправного пункта для последующего обобщения либо подкрепления уже сделанного. А вот иллюстрация – это факт или частный случай, призванные укрепить убежденность слушающего в правильности уже известного и принятого общего положения. Иначе говоря, если пример подталкивает мысль к новому обобщению и подкрепляет это обобщение, то иллюстрация проясняет известное общее положение, демонстрирует его значение с помощью ряда возможных применений и усиливает эффект его присутствия в сознании слушающего.

Однако реализовать подобное предназначение могут лишь: а) примеры, удовлетворяющие следующим требованиям: ясность и неоспоримость, побуждение к переходу от частного к общему, необычность при принципиальной возможности; б) иллюстрации, способные подтвердить известную истину или облегчить ее восприятие, привлечь внимание слушателя и возбудить его воображение. При этом не исключаются также неудачные примеры и иллюстрации, демонстрирующие противоречивость либо неправомерность индуктивного обобщения и не подсказывающие то единственное направление, в котором может происходить такое обобщение. Опыт удачной аргументации свидетельствует, что для усвоения какого-то общего утверждения или правила необходимы не только позитивные, но и негативные (противоречащие) примеры и иллюстрации.

И наоборот, игнорирование приведенных выше требований способно не только подорвать последовательность рассуждения, но даже привести к обратному результату или комическому эффекту. Неудачный пример ставит под сомнение то общее положение, которое он призван подкрепить, а противоречащий пример способен даже опровергнуть общее положение. Иначе обстоит дело с неудачной, неадекватной иллюстрацией. Общее положение, к которому она приводится, не ставится под сомнение, но такая демонстрация расценивается скорее как негативная характеристика того, кто ее применяет на практике, как свидетельство непонимания им самого принципа иллюстрирования или неумения воспользоваться им.

Однако возможности эмпирической аргументации ограничены, так как одного согласия теории с результатами наблюдений недостаточно для однозначной оценки ее приемлемости. Не эмпирический опыт, а теоретические рассуждения оказываются обычно решающими при выборе одной из конкурирующих концепций. Они требуют также теоретического обоснования, опирающегося на рассуждение и отсылающего к другим уже принятым утверждениям, без которых нет ни теоретического знания, ни хорошо обоснованных убеждений.

Помимо только что рассмотренной дедуктивно-индуктивной теоретической аргументации важное место занимают такие, как системная и методологическая. Если под системной аргументацией понимают обоснование утверждения посредством включения его в качестве составного элемента в кажущуюся хорошо обоснованной систему утверждений, то методологическая аргументация делает это уже путем ссылки на тот несомненно надежный метод, с помощью которого получено обосновываемое

утверждение или отстаиваемая целостная концепция. Другими словами, если в первом случае утверждение, ставшее элементом теории, опирается на ее авторитет и уже проверенные возможности, то во втором – на метод как систему предписаний, рекомендаций, предостережений и образцов, указывающих, как надо или не надо делать что-то.

Достоверность системной аргументации достигается не только отдельными фактами, но также широким кругом объясняемых теорией явлений, предсказанием ранее неизвестных эффектов и благодаря ее связи с другими теориями. Анализируемое положение, включенное в систему, получает ту эмпирическую и теоретическую поддержку, какой обладает теория в целом. При этом возможны следующие два способа системного обоснования утверждений в рамках конкретной теории:

1) ее внутренняя перестройка, предполагающая введение новых норм и других принципов, меняющих структуру теории;

2) ее совершенствование путем выявления дополнительных логических связей между утверждениями, минимизации исходных допущений, придания ей аксиоматичности и большей формализуемости.

От теоретических положений также требуется, чтобы они допускали принципиальную возможность опровержения и предлагали определенные процедуры своего подтверждения. Ведь научный результат, в принципе не допускающий опровержения и подтверждения, оказывается вне конструктивной критики, так как не намечает реальных путей дальнейшего исследования. Вот почему считается, что принципиальная опровержимость (фальсифицируемость) теории является критерием ее научности.

Что касается возможностей и сфер применения методологической аргументации, то они всецело определяются спецификой соответствующего научного метода. Являясь итогом и выводом из предшествующей практики, каждый такой метод вначале обобщает и систематизирует опыт действий в конкретной ее сфере, а затем особым образом описывает и регламентирует там практическую деятельность. При этом метод охватывает прежде всего средства, необходимые для достижения определенной цели, но может содержать и характеристики, касающиеся самой этой цели.

Это ж относится и к научной методологии, которая обычно не представляет собой исчерпывающего перечня правил и образцов, обязательных для каждого исследователя. Даже самые очевидные из них могут истолковываться по-разному и иметь многочисленные исключения. Правила научного метода должны также меняться при переходе от одной области познания к другой, поскольку существенным содержанием этих правил является умение проводить конкретное исследование и делать вытекающие из него обобщения, которое вырабатывается только в самой практике исследования.

Кроме того, ограниченность методологической аргументации проявляется в том, что она может иметь только второстепенное значение, так как методологические аргументы никогда не имеют решающей силы, а потому и не способны поставить точку в споре о судьбе конкретного научного утверждения или теории. Вот почему возможности методологической аргументации заметно варьируют в разных областях теории и практики. Ссылки на метод, с помощью которого получено конкретное заключение, довольно обычны в естественных, но крайне редки в гуманитарных науках.

В заключение поясним изображенные в правой части рис. 1.3 способы прямого и косвенного доказательства и опровержения. Их практическая реализация для нужд обоснования и отстаивания решений в интересах менеджмента техногенного риска основывается на только что изложенных принципах и процедурах теоретической и эмпирической аргументации, а также рассмотренных выше формально-логических законах правильного мышления. Менее эффективным среди всех этих способов является аналогия, так как рассуждения и выводы на ее основе характеризуются крайне малой доказательной силой, что подтверждается даже поговоркой: "аналогия – не довод".

Однако умозаключения, основанные на аналогии (т.е. исходя из сходства одних признаков и его обобщения на другие), равно как и на интуиции (прямое и логически не воспроизводимое усмотрение истины), вряд ли стоит отрицать начисто. Ведь интуитивная логика, если она сложилась и хорошо отработана на разнообразном материале, как правило, не подводит. Многочисленные подтверждения тому можно найти в истории науки и техники – на примере серии довольно известных открытий и изобретений.

Что касается рассуждений по аналогии, то они широко применяются при разработке самых разнообразных моделей. Правда, в их основе не всегда лежит чисто внешнее (формальное) сходство; нередко оно дополняется еще и идентичностью физических законов, описывающих причины образования и функционирования аналогов. Более подробно разобраться с сущностью моделирования по аналогии можно будет, ознакомившись с гл. 5 этой книги, а убедиться в его плодотворности – на примере двух ее последних разделов.

Таким образом, представляется правомерным завершить данный параграф следующими утверждениями. Все рассмотренные здесь типы и способы аргументации являются довольно конструктивными, для того чтобы их рекомендовать к применению в исследовании и совершенствовании безопасности сложных технических систем. Это относится также к соответствующей системной и методологической аргументации, так как совокупность необходимых теоретических и методологических положений (например, энергоэнтропийная концепция и классификация объективно существующих опасностей, а также вытекающие из нее категории, принципы и методы их парирования) уже четко сформулированы и многократно проверены, а значит, и пригодны для практического использования.

## 5 Правила конструктивной дискуссии и успешной полемики

Профессиональная деятельность в любой сфере всегда представляет собой взаимодействие различных специалистов, которые обычно отличаются друг от друга собственными знаниями, опытом, а иногда – и сиюминутными интересами. Вследствие этих причин нередки всевозможные ситуации, характеризующиеся наличием несовпадающих точек зрения, а также стремлением их согласовать или навязать чье-то личное мнение. Подобные ситуации относятся к компетенции эристики, под которой подразумевается искусство ведения спора и которая имеет свои стратегии (общие принципы аргументации) и тактику (подбор наиболее эффективных аргументов и умелое реагирование на контраргументы).

Вместе с тем среди многих разновидностей и форм понятия "спор" следует различать те две основные, которые принято называть дискуссией и полемикой. Хотя обе они во многом схожи, так как представляют собой серии утверждений, по очереди

высказываемых несколькими общающимися между собой лицами, но их цели различны. Если в дискуссии стремятся к достижению определенной степени согласия ее участников относительно обсуждаемого вопроса, то в полемике – уже к победе над другой стороной, т.е. утверждению какой-то одной точки зрения.

Несовпадение целей дискуссии и полемики как специфических форм проявления разногласий в спорных суждениях предполагает также различный арсенал используемых в них средств. Правила и приемы ведения дискуссии должны признаваться всеми ее участниками, в противном случае она может быть прекращена. Иное дело в полемике, где, как и на любой другой войне, к сожалению, не брезгают любыми средствами, включая и некорректные.

Что касается других разновидностей спора, то к дискуссии наиболее близка такая форма прояснения представлений, как диалог, в котором стремление к согласию выражено более отчетливо и ярко. А вот крайним случаем полемики служит уже так называемый риторический спор, где важно лишь одержать победу над противником, а не приблизиться к истине. Однако, сравнивая все варианты проявления спорных ситуаций, следует отметить, что ни один из них не лучше и не хуже, каждый хорош в свое время и на своем месте.

Вместе с тем обратим внимание на некоторые довольно общие и важные особенности спора как сложного явления, не сводящегося к столкновению двух несовместимых позиций. Протекая всегда в определенном контексте, спор затрагивает такие черты характера человека, как достоинство, гордость, самолюбие и проч. Манера спора, его острота, уступки сторон и используемые ими средства определяются не только соображениями, связанными с разрешением конкретной проблемы, но и всем тем контекстом, в котором она возникла. Вот почему можно достичь формальной победы в споре, настоять на правоте или целесообразности своего подхода и одновременно проиграть в чем-то не менее важном. Ведь, не добившись взаимопонимания и не сумев изменить позицию носителя иной точки зрения, можно его обидеть, оттолкнуть от помощи и взаимодействия в решении той проблемы, которая вызвала спор. И именно поэтому побочные следствия спора могут существенно ослабить эффект победы в нем.

Очевидно, что любой спор призван если не разрешить, то как минимум прояснить проблему. Однако случается, что дискуссия или полемика приводит к прямо противоположному результату. Чаще всего причиной такого результата является сложность обсуждаемого предмета, нередко – игнорирование тех выработанных формальной логикой принципов успешной дискуссии, состав и наименования которых схематично показаны на рис. 1.4.

Поясним, что приведенная схема представляет собой классификацию тех правил, которыми целесообразно руководствоваться при выборе стратегии и тактики дискуссии. При этом охвачены все основные компоненты данного сложного процесса: а) тезис, т.е. обсуждаемое утверждение; б) аргументы, призванные его прояснить; в) демонстрация как тактика их применения для достижения этой цели, с учетом интересов различных сторон. Учитывая краткость формулировок диаграммы, поясним их содержание более подробно.

При конкретизации общих требований к содержанию тезиса обратим внимание на необходимость уточнения того, чем он является – предположением или утверждением, а также на недопустимость в нем не только нечетких формулировок, облегчающих подмену, но и внутренних противоречий, затрудняющих его восприятие. Подбирая же

аргументы, следует стремиться, чтобы их истинность могла быть установлена независимо как от доказуемого тезиса, так и друг от друга, а вся их совокупность была достаточной для обоснования тезиса, который должен вытекать из всех выбранных аргументов с необходимостью.

Структура условий активной и плодотворной дискуссии



Рис. 1.4. Структура условий активной и плодотворной дискуссии

Наконец, сама процедура поиска истины или согласия в дискуссии (правая часть схемы) предполагает потребность в концентрации усилий сторон лишь на центральном звене тезиса и аргументов, а также в предельной ясности используемых при этом понятий и терминов. Кроме того, желательна также определенная активность инициатора дискуссии, подразумевающая его напористость, внезапность выдвижения дополнительных доводов, стремление переложить бремя опровержения на другую сторону, но завершить спор самому, с опорой на все уже известные к тому моменту аргументы. Следование подобным рекомендациям не только способствует достижению успеха в дискуссии и сокращению ее длительности, но также снижает указанный выше нежелательный побочный эффект любого спора.

Помимо уже приведенных (лояльно-корректных) требований и приемов ведения дискуссии, уместных и для успешного проведения полемики, целесообразно также ознакомиться с соответствующим арсеналом так называемых недопустимых средств, которые довольно широко применяются в спорных ситуациях. Как можно догадаться, необходимость в них предопределена соответствующим принципом: "цель оправдывает средства". А вот возможность и результативность использования некорректных и нелояльных способов ведения полемики заметно возрастают в случаях, когда имеет место неясность в формулировке тезиса или истинности тех аргументов, которые предлагаются сторонами для его обоснования или опровержения.

Последняя констатация послужила основанием для классификации известных способов неправомерной полемики, которая графически проиллюстрирована на рис. 1.5. Данный арсенал, названный некорректными приемами и уловками, разделен на три группы объектов и способов воздействия, распределенных по ветвям соответствующей схемы. Для уяснения приведенных на этом рисунке слов раскроем их содержание и обратим внимание на особенности практической реализации рассматриваемого здесь арсенала.

Как и ранее, в качестве часто применяемого объекта манипуляции обычно выступает сам обсуждаемый или спорный тезис. Поэтому когда его смысл не устраивает одну из полемизирующих сторон, а недостаточно четкая формулировка тезиса делает возможными двусмысленности, то предпринимаются попытки как-то подменить предмет спора либо придаться к его обозначению. Упомянутые выше (нечестные) намерения часто пытаются осуществить одним из следующих двух способов.

## Структура способов неправомерной полемики



Рис. 1.5. Структура способов неправомерной полемики

1. Уловки-придирки к ясности формулировки тезиса, заключающиеся в том, что выдвинутая для обсуждения мысль называется нечетко сформулированной, что позволяет затем, ссылаясь на невосприятие, предъявлять чрезмерное требование к ее уточнению. Причем это может повторяться до тех пор, пока не удастся изменить тезис не в пользу его автора либо вывести его самого из равновесия, после чего этим же и воспользоваться.

2. Подмена тезиса более сильным или более слабым утверждением. Данная уловка осуществляется так, что в качестве спорного выдвигается одно утверждение, а аргументируется или критикуется другое, сходное с выдвинутым. Если оно более сильное, то его нельзя доказать в принципе, тогда как более слабое утверждение можно обосновать и затем выдать за исходное. В обоих случаях есть риск подрыва репутации автора первоначального тезиса.

Знакомство с подменами-придирами к тезису указывает на способ парирования данных уловок: исключить их можно вначале приданием формулируемому тезису предельной ясности, а затем требованием повторить данное утверждение перед началом его критики.

Что касается недопустимого обращения с аргументами, то дополнительно к только что изложенному можно добавить следующее. Чрезмерная придиричивость к аргументам обычно заключается в предъявлении требования доказать то, истинность чего очевидна. Тогда как их недоказанность или непроверенность пытаются предварить оборотами типа "давно установлено", "всем известно", "никто не станет отрицать", "совершенно очевидно" и т.п. Известны также уловки, состоящие в том, что критика аргумента выдается за критику тезиса. Например, уличив оппонента в некорректности довода, выкрикивают "он не прав", вводя тем самым его в замешательство и не дав возможности прояснить, что это исправимо.

В тех случаях, когда не удастся поколебать оппонента критикой отстаиваемого им тезиса и применяемых аргументов, объектом недопустимого воздействия становится уже процедура или форма аргументации. При этом нарушаются отношения между тезисом и аргументами, которые должны его подтверждать, что приводит к ошибкам типа "не следует", по крайней мере при доказательстве чего-либо. Формой проявления соответствующих уловок чаще всего являются следующие типовые аргументы к оппоненту и (или) свидетелям полемики:

а) обращение к чувствам публики, применяемое в надежде опереться на страсти и эмоции людей, стремясь привлечь на свою сторону и с их помощью оказать психологическое давление на противника вместо обоснования истинности или ложности обсуждаемого тезиса;



б) аргумент к личности оппонента (его невежеству, тщеславию или жалости) – присваиванием ему несуществующих черт и ярлыков, намерений и властных связей (чей человек!), в надежде вывести из психического равновесия, расслабить или покорить либо напугать его угрозой применения насилия или неприятными последствиями.

Подытоживая, заметим, что все эти аргументы и уловки являются некорректными способами отстаивания своей позиции, но, несмотря на это, они широко используются на практике и поэтому должны быть известны специалисту по техносферной безопасности.

Завершая же данный параграф и главу в целом, еще раз подчеркнем прикладную ценность всего изложенного, и прежде всего – для повышения культуры и качества мышления, что так необходимо в любой профессиональной деятельности. И, конечно же, – для тех неизбежных и спорных ситуаций, которые связаны, например, с расследованием обстоятельств возникших в техносфере происшествий, выявлением их истинных причин и виновников. Ведь при этом затрагиваются интересы по меньшей мере трех сторон – разработчика, изготовителя и эксплуататора техники, и каждая из них стремится переложить ответственность на других, опираясь в том числе и на некорректные приемы дискуссии.

## **1. 2 Лекция №2 (2 часа).**

**Тема:** *«Теоретический базис и система обеспечения безопасности в техносфере»*

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

- 1. Сущность проблемы обеспечения безопасности в техносфере**
- 2. Причины и факторы чрезвычайных ситуаций в техносфере**
- 3. Энергоэнтропийная концепция и классификация опасностей**
- 4. Основные понятия и определения производственно-экологической безопасности**
- 5. Общие принципы предупреждения возможных происшествий**
- 6. Методы исследования и совершенствования безопасности в техносфере**

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

- 1. Сущность проблемы обеспечения безопасности в техносфере**

Изложение заявленных теоретических основ целесообразно начать с проблемно-ориентированного анализа ситуации с аварийностью и травматизмом в техносфере, без чего невозможно оценить основные угрозы и риски, а значит, и выработать парирующие их меры. При этом нетрудно выявить непрерывно наблюдаемый ныне рост числа техногенных чрезвычайных ситуаций. Ведь, как свидетельствует статистика, последние 30 лет принесли 74% от наиболее крупных происшествий в промышленности и на транспорте. Самые известные из них произошли в следующих городах, странах или на объектах: в Севезо (Италия), Фликсборо (Великобритания), Базель (Швейцария), Хамме (ФРГ), АЭС "Три-Майл Айленд", на химическом заводе в г. Бхопал (Индия), на заводе удобрений в г. Вест и платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе (США), в городах Арзамасе, Чернобыле, Уфе, Кемеровской области и Красноярском крае (СССР и Россия), на нефтезаводе Paraguana Refining Center (Венесуэла) и в г. Шицзячжуан (Китай).

В целом же ущерб от аварийности и травматизма ныне достигает 10–15% от валового национального продукта промышленно развитых государств, а экологическое загрязнение природной среды и несовершенная техника безопасности являются причиной преждевременной смерти 20–30% мужчин и 10–20% женщин. Если же учесть отдаленные последствия, то совокупная смертность в нашей стране от техногенных факторов приближается к 400 000 человек в год, что равно 30% от общей смертности трудоспособных граждан и около 15% от общей смертности населения страны [1].

Представляется здесь уместным вспомнить некоторые крупные катастрофы. Прежде всего Чернобыльскую трагедию с немедленной гибелью десятков человек и сотнями тысяч впоследствии, с многомиллиардными экономическими издержками и труднопредсказуемыми генетическими последствиями. Или катастрофу в Бхопале с практически мгновенной гибелью 3500 человек и последующими заболеваниями нескольких сотен тысяч, а также череду транспортных катастроф, начиная от космического корабля многоразового использования "Челленджер", морских и речных плавсредств – "Империял Энтерпрайз", "Эстония", "Александр Суворов", "Адмирал Нахимов", "Коста Конкордия", российских и зарубежных железнодорожных происшествий – в городах Бологое, Свердловске, Ярославле, Уфе, Буэнос-Айресе, испанской Галисии (Сант-яго-де-Компастела) и кончая многочисленными авиационными катастрофами. Наконец, – это трагедии на российских шахте "Распадская" и Саяно-Шушенской ГЭС, а также на японской АЭС "Фукусима" (остров Хонсю), завершившиеся гибелью десятков людей и многомиллиардным экономическим ущербом.

Только что обозначенные техносферные проблемы, подтверждающие наличие объективных противоречий, указывают на необходимость выявления обусловивших их более глубинных причин и факторов. Иначе говоря, необходимо разобраться – чем же обусловлено существование рассматриваемой ситуации, почему древняя как мир проблема обеспечения безопасности жизнедеятельности человека стала столь актуальной в последнее время? Ведь, казалось бы, есть полный набор объективно существующих факторов, исключающих, например, появление несчастных случаев с людьми на производстве и вне его или заметно ослабляющих их тяжесть. В самом деле, ведь каждый из нас наделен от природы естественными защитными механизмами, благодаря которым человечество выжило в условиях жесткого естественного отбора и сохранилось как биологический вид. Речь идет об инстинктах, органах чувств, условных и безусловных рефлексах людей, благодаря которым они стремятся действовать с минимальным для них вредом, в том числе стараясь не причинять его и окружению, по крайней мере близкому в их понимании.

С другой стороны, общество создает и постепенно наращивает искусственные средства и механизмы, позволяющие ему уберечься от новых угроз и создаваемых им же опасностей. Это разнообразные меры и правила безопасности, нормы и инструкции, предусмотренные чуть ли не на все производственные и бытовые ситуации. В этих условиях, казалось бы, не должно быть проблемы: руководствуйся инстинктами и рефлексами, в том числе приобретенными; выполняй требования руководящих документов по обеспечению безопасности; пользуйся средствами индивидуальной и групповой защиты.

Однако приведенные выше примеры, да и персональный опыт каждого из нас свидетельствуют об обратном. И если не считать себя умнее пострадавших из-за

несоблюдения требований личной безопасности, то следует задуматься над происходящим и найти ответы на эти и другие поставленные жизнью вопросы. Ведь действительно, все погибшие и надорвавшиеся на производстве, так же как и виновники техногенных происшествий с одним лишь материальным ущербом, не желали случившегося в подавляющем большинстве случаев.

Также трудно списать все подобные неприятности на Его величество Случай: ведь причина всему – в обстоятельствах, приведших к появлению конкретного происшествия.

Для того чтобы вскрыть реальные условия, факторы и закономерности возникновения происшествий в техносфере, необходимо обратиться к практике как критерию истины. Системный же анализ выявленных при этом причин техногенных чрезвычайных ситуаций может быть использован в последующем как эмпирическая основа для уточнения природы объективно существующих опасностей, обоснования объекта исследования и выбора соответствующих им методов совершенствования безопасности в техносфере.

## 2. Причины и факторы чрезвычайных ситуаций в техносфере

С развитием производственных процессов и оборудования совершенствовались и способы предупреждения техногенных происшествий. Сейчас, когда накоплено много данных об имевших место катастрофах, авариях и несчастных случаях на технике, а также приобретен определенный опыт их исследования, уже можно подвести некоторые итоги и выявить причины, без устранения которых невозможно дальнейшее развитие системы обеспечения безопасности в техносфере. Естественно, что важным условием успешного решения этой задачи является детальное изучение имеющихся статистических данных.



Рис. 6.1. Динамика параметров чрезвычайных ситуаций в техносфере

Наиболее объективными показателями, применяемыми в настоящее время для статистической оценки уровня безопасности в конкретных областях техносферы, являются число происшествий и размеры ущерба от них. Поэтому для выявления основных факторов аварийности и травматизма должны быть использованы статистические данные о происшествиях, зарегистрированных в течение достаточно продолжительного времени. Продемонстрируем, как это делается, на примере эксплуатации ракетной техники.

Динамика изменения среднего числа, происшествий, зарегистрированных в течение десяти лет на достаточно представительной совокупности выбранных объектов, и величины социально-экономического ущерба  $Y_j$  от них представлены на рис. 6.1.

Сглаживание статистической кривой изменения среднегодового количества происшествий, проведенное методом наименьших квадратов, позволило установить

характер соответствующей регрессионной зависимости, которая имеет следующий вид [2]:

$$\bar{X}_j = 1 - 4e^{-0.3j},$$

где  $j = 0, 1, 2, \dots$  – годы функционирования выбранных техносферных объектов.

Как это подтверждается данным рисунком, характерной чертой рассматриваемого периода времени явилась явно выраженная тенденция к постепенному снижению количества происшествий и ущерба от них. Имеющиеся "всплески" и "провалы" в значениях показателей  $\bar{X}_j, \bar{Y}_j$  объясняются различной интенсивностью работ в изучаемый период времени, а также внедрением довольно крупного комплекса эффективных организационно-технических мероприятий, регламентирующих порядок подготовки и проведения особо опасных технологических процессов на данных технических объектах.

Поток исследуемых происшествий

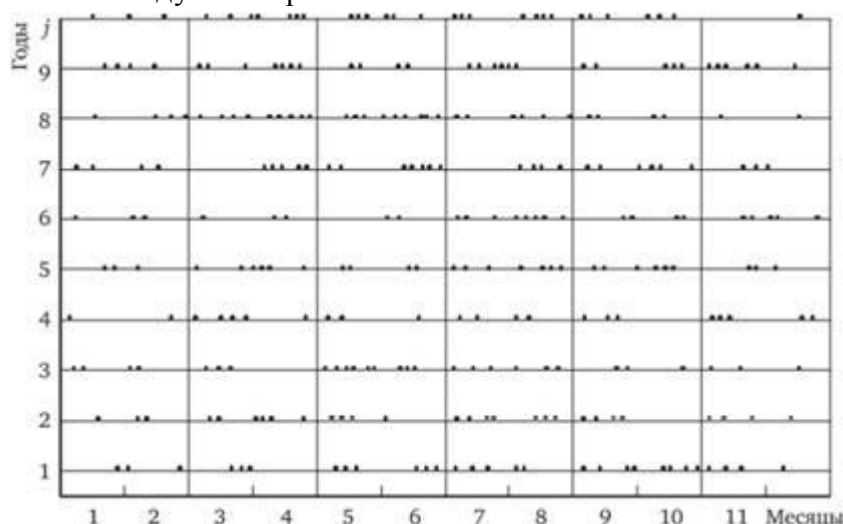


Рис. 6.2. Поток исследуемых происшествий

Для отыскания закономерностей во времени возникновения этих техногенных происшествий внутри календарного года соответствующие данные представлены в виде потока событий-происшествий. Графически это изображено на рис. 6.2 путем наложения моментов времени их появления по месяцам каждого года в течение десятилетнего периода.

Изучение характера распределения приведенных на рисунке событий-происшествий во времени позволило выдвинуть статистическую гипотезу о случайности возникновения этих событий и возможности аппроксимации закона изменения времени между их возникновением экспоненциальным распределением. Строгое обоснование гипотезы о пуассоновском характере количества происшествий в их потоке осуществлено с использованием критерия Пирсона, в результате чего была доказана непротиворечивость имеющихся эмпирических данных выдвинутой статистической гипотезе.

В процессе анализа исследуемых эмпирических данных были выявлены также основные источники опасных и вредных производственных факторов. В частности, изучение причин и обстоятельств рассматриваемых техногенных происшествий показало, что среди применяемых в настоящее время видов энергии наибольшую опасность

представляют химическая энергия жидких и газообразных веществ, кинетическая энергия движущихся машин и механизмов, а также энергия электрического тока.

При отыскании закономерностей в условиях появления техногенных происшествий на исследуемых объектах изучено в общей сложности несколько сот повторяющихся в той или иной мере обстоятельств, способствующих аварийности и травматизму. Общей характерной чертой практически всех рассматриваемых происшествий явилось то, что для их возникновения необходимо появление, как правило, не одной, а нескольких предпосылок, образующих в совокупности причинную цепь конкретного техногенного происшествия.

Наиболее типичной причинной цепью оказалась последовательность событий-предпосылок следующего характера:

а) ошибка человека, и (или) отказ технологического оборудования, и (или) неблагоприятное для них внешнее воздействие;

б) появление опасного производственного фактора в неожиданном месте и (или) не вовремя;

в) неисправность либо отсутствие средств защиты и (или) неточные действия персонала либо посторонних лиц в подобной нестандартной ситуации;

г) воздействие опасных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудования, людей и окружающую их среду.

Схема исходных предпосылок, служащих инициаторами подобных причинных цепей техногенных происшествий, представлена на рис. 6.3.

Более пристальное изучение обстоятельств появления известных происшествий на производстве и транспорте позволило установить дополнительные факторы и их отношение к основным компонентам системы "человек – машина – среда". Состав и распределение таких факторов показаны на рис. 6.4 в виде диаграммы.

Как следует из приведенной иллюстрации, дополнительными факторами аварийности и травматизма являются:

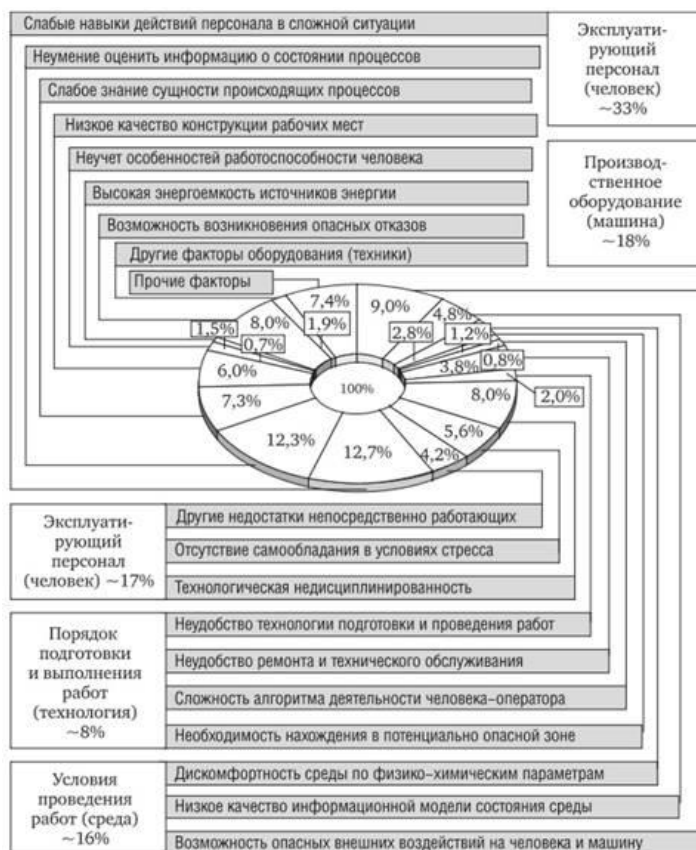


Рис. 6.4. Диаграмма факторов аварийности и травматизма

- недостаточная надежность и эргономичность отдельных образцов технологического оборудования;
- несовершенство отбора и профессиональной подготовки эксплуатирующего персонала;
- низкое качество технологии и организации выполнения работ, приводящее к необходимости пребывания людей в потенциально опасных зонах;
- факторы, связанные с дискомфортом условий проведения работ.

Большинство из этих первопричин не всегда приводило к возникновению происшествий, но, значительно усложняя условия их выполнения за счет строгой регламентации технологии и необходимости соблюдения многочисленных мероприятий по обеспечению безопасности, способствовало тем самым росту напряженности труда и связанных с этим ошибок.

Среди факторов, непосредственно влияющих на появление аварийности и травматизма, выделились слабые практические навыки персонала в нестандартных или сложных ситуациях, неумение правильно оценивать информацию о состоянии протекающих с его участием процессов, низкое качество конструкции рабочих мест и недостаточная в ряде случаев технологическая дисциплинированность людей, непосредственно работающих на технике.

В целом же анализ известных статистических данных выявил следующие закономерности, причины и факторы техногенных происшествий:

- аварийность и травматизм при проведении технологических процессов можно интерпретировать потоками случайных событий, число которых распределено по закону Пуассона, а время между ними – по экспоненциальному;

б) возникновение техногенного происшествия является, как правило, следствием не отдельной причины, а цепи соответствующих предпосылок;

в) инициаторами причинных цепей подобных происшествий служат либо ошибки людей, которые обусловлены их недостаточной профессиональной подготовленностью к работам на технике, характеризуемой конструктивным несовершенством и опасной технологией ее использования, либо отказы технологического оборудования, вызванные собственно низкой его надежностью, а также возникшие в результате ошибочных действий персонала, либо нерасчетные внешние воздействия на людей и технику со стороны рабочей среды.

Следует отметить, что представления о закономерностях, условиях и причинах возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций, полученные в процессе анализа имевшихся данных, в основном совпадают с другими известными результатами как по составу и относительной значимости учитываемых факторов аварийности и травматизма, так и по основополагающим условиям появления анализируемых событий и явления в целом. Пожалуй, уже общепризнана преобладающая роль так называемого человеческого фактора в формировании первичных предпосылок, доля которого колеблется, по разным источникам, от 60–70% в промышленности до 80–90% в авиации. Также обычно не встречает серьезного возражения и утверждение о том, что происшествия в техносфере вызваны не единственной причиной, а рядом взаимно обусловленных предпосылок.

Полученные выше выводы не противоречат и условиям появления уже упоминавшихся наиболее серьезных техногенных катастроф. Так, например, Чернобыльская трагедия стала возможной вследствие наложения ряда причин – несанкционированных действий персонала, несовершенства принципиальной схемы и конструктивного исполнения АЭС, некачественной технологии испытаний ее турбогенератора. Катастрофа в Бхопале также случилась вследствие цепи предпосылок, состоящих из несанкционированных действий персонала (подачи в химический реактор воды вместо газообразного реагента), вывода из строя (отключения) средств сигнализации о загрязнении воздуха рабочей зоны данного предприятия и неисправности (ремонта) устройств нейтрализации его вредных выбросов.

### 3. Энергоэнтропийная концепция и классификация опасностей

Как представляется, решение рассматриваемых в данной книге проблем возможно лишь на строго научном теоретическом базисе и вытекающей из него методологии, созданных на объективных представлениях о природе, факторах и закономерностях аварийности в техносфере. Подобные базис и методология должны обосновать выбор объекта, предмета и основных методов исследования и совершенствования безопасности проведения производственных процессов. Более того, они могут стать эффективным инструментом познания и преобразования действительности и в других сферах жизнедеятельности человека.

Естественно, что предлагаемый базис и методология должны иметь эмпирическую основу в форме проверенной практикой совокупности утверждений и концептуальных высказываний, используемых при выборе необходимых методов в качестве исходных постулатов и аксиом. Их введение обычно позволяет внести ясность в последующие рассуждения, избежать произвольного толкования используемых терминов, обосновать объект исследования и совершенствования. Такой подход в наибольшей степени

обеспечивает истинность принятых предпосылок, а значит – обоснованность и плодотворность основанных на них построений.

При формулировании исходных утверждений, касающихся природы аварийности и травматизма в техносфере, будем исходить из тех представлений, которые были получены только что – в процессе рассмотрения сущности рассматриваемой проблемы. Суть этих представлений состоит в сложном, стохастическом характере событий рассматриваемого явления, их причинной обусловленности большим числом факторов, проявляющихся в объективном стремлении энергетических потенциалов к выравниванию, и противодействии этому со стороны разного рода защитных механизмов.

Эти идеи соответствуют современным представлениям и позволяют сформулировать энергоэнтропийную концепцию и классификацию объективно существующих в техносфере опасностей. При этом сущность такой концепции может быть представлена следующими основными утверждениями.

1. Производственная деятельность потенциально опасна, так как связана с проведением технологических процессов, а последние – с энергопотреблением (выработкой, хранением и преобразованием тепловой, механической, электрической, химической и других видов энергии).

2. Техногенная опасность проявляется в результате несанкционированного или неуправляемого выхода не только энергии, имеющейся в технологическом оборудовании и вредных веществах, а также в некоторых объектах внешней (относительно техники и работающих на ней людей) среды, но и механической энергии тела движущего человека, накопленной благодаря инертности соответствующей массы.

3. Несанкционированный или неуправляемый выход больших количеств энергии или вредного вещества приводит к происшествиям с гибелью и травмированием людей, повреждениями технологического оборудования, загрязнением природной среды.

Возникновение подобных чрезвычайных ситуаций является следствием возникновения и развития причинной цепи предпосылок, приводящих к потере управления технологическим процессом, несанкционированному высвобождению используемой при этом энергии, рассеянию вредных веществ и их разрушительному воздействию на людей, объекты производственного оборудования и природной среды.

5. Инициаторами и звеньями причинной цепи каждого техногенного происшествия являются ошибочные и несанкционированные действия людей, неисправности и отказы технологического оборудования, а также нерасчетные для них воздействия извне.

6. Ошибочные и несанкционированные действия персонала обусловлены его недостаточной технологической дисциплинированностью и профессиональной неподготовленностью к работам, характеризуемым потенциально опасной технологией и конструктивным несовершенством используемого производственного оборудования.

7. Отказы и неисправности технологического и производственного оборудования вызваны собственной низкой его надежностью, а также несанкционированными или ошибочными действиями работающих на нем людей.

Иллюстрация природы техногенных опасностей





Рис. 6.5. Иллюстрация природы техногенных опасностей

8. Нерасчетные (неожиданные или превышающие допустимые пределы) внешние воздействия связаны с недостаточной комфортностью рабочей среды для человека, ее агрессивным воздействием на технологическое оборудование, а также с неблагоприятными климатическими или гидрогеологическими условиями дислокации производственного объекта.

Правомерность только что сформулированной и проиллюстрированной на рис. 6.5 концепции обусловлена прежде всего эмпирическим характером сделанных выше утверждений. Это объясняется тем, что опыт (корректная статистика) есть результат проявления объективно существующих факторов. Думается, что читателю также знакомы достоверные факты, которые не противоречат только что изложенной энергоэнтропийной концепции.

Другим аргументом, подтверждающим справедливость предложенной выше концепции, является ее непротиворечивость фундаментальным законам, в частности – объективному стремлению энтропии техносферы к самопроизвольному росту. Согласно второму началу термодинамики, например, получение людьми синтетических веществ и химически чистых элементов, выработка и аккумуляция энергии, очистка и обогащение природных материалов являются в этом смысле как бы "противозаконными" действиями, так как влекут за собой снижение энтропии. Вот почему практически все технологические процессы, включая транспортировку инертных грузов, являются потенциально опасными, поскольку характеризуются наличием неестественной с точки зрения энтропии неравновесности – термодинамической (по Р. Клаузиусу), статистической (по Л. Больцману) и информационной (по К. Шеннону).

Учитывая необходимость в более тщательной проверке сформулированной здесь концепции, поясним последнюю особенность исследуемых здесь процессов подробнее. Для этого напомним, что законы энтропии (в ее термодинамической интерпретации) обычно как бы играют роль бухгалтера природы, следящего за балансом количества энергии (I начало), и диспетчера, указывающего направление соответствующих преобразований (II начало). Более того, они предписывают и конечный результат таких

преобразований в закрытых системах: для вещества – это пыль, для информации – шум и для энергии – тепло.

В частности, в последнем случае имеется в виду стремление любой энергии постепенно переходить в тепло, равномерно распределяемое среди окружающих тел. При этом оказывается, что энтропия любой системы обратно пропорциональна величине эксергии – той свободной части энергии, которая способна к дальнейшим превращениям. В силу этого каждая предоставленная сама себе система неминуемо переходит в состояние с максимальной энтропией, характеризующееся отсутствием энергетических потенциалов, т.е. такое равновесное состояние, которое соответствует наибольшей степени дезорганизации и хаоса.

Вот почему любые попытки вывести систему из подобных состояний требуют преодоления естественных энергетических барьеров и рассматриваются как приводящие ее в неустойчивое, а стало быть – опасное состояние. Можно показать также, что потенциально опасной является не только производственная (физическая) деятельность, но и творческая или познавательная, связанная с добычей не материальных ценностей, а информации.

Дело в том, что интеллектуальная работа направлена на уменьшение энтропии, т.е. степени неопределенности, но уже в информационном смысле: на поиск внутренней структуры и организованности вещей, выяснение закономерностей появления и предупреждения событий, создание моделей объектов и процессов, конструирование опытных образцов технологического оборудования. Рассматриваемая деятельность человека требует интеллектуальных усилий, вызванных необходимостью преодоления "стремления природы к сокрытию своих тайн", а потому и сопровождается усталостью или перенапряжением анализаторов, возможностью ухудшения состояния здоровья человека по причине возможных заболеваний.

С учетом сделанных замечаний энергоэнтропийная концепция может быть обобщена и на неблагоприятные события и свойства, проявляющиеся в других сферах деятельности человека. Для этого необходимо сделать коррекцию приведенных выше утверждений на предмет замены в них энергии энтропией, а опасности – вредностью. В частности, для этого оказываются достаточными следующие изменения:

- в первом утверждении необходимо слово "опасна" поменять на "вредна", а "энергопотреблением" – на "снижение энтропии путем получения различных видов информации";
- во втором – сменить термин "опасность" на "вредность", а выражение "несанкционированного и неуправляемого выхода энергии" на – "расхода ресурсов на снижение энтропии";
- в третьем – перейти от слов "несанкционированный или неуправляемый выход энергии" к фразе "несвоевременный рост энтропии организма человека" и убрать словосочетания "возникновением происшествий с гибелью" и "поломками и повреждениями..." и т.д.

Если продолжить подобные обобщения, то можно сформулировать довольно общую концепцию объективно существующих опасных и вредных факторов всей жизнедеятельности человека. Однако оставим такие импровизации читателю, а вместо них приведем наиболее общую классификацию объективно существующих опасностей.

Действительно, ведь исходя из неадекватности потоков энергии, вещества и информации все опасности можно поделить на следующие три основных класса:

- 1) природно-экологические – вызванные нарушением естественных циклов миграции вещества, в том числе по причине природных катаклизмов;
- 2) техногенно-производственные – связанные с возможностью нежелательных выбросов энергии и вредного вещества, накопленных в созданных людьми технологических объектах;
- 3) антропогенно-социальные – обусловленные сокрытием и (или) искажением информации, а также спецификой ее восприятия и интерпретации людьми.

В завершение параграфа – два существенных замечания. Первое из них касается правомерности сформулированной здесь энергоэнтропийной концепции: ее право на существование подтверждается каждодневным опытом и непротиворечивостью объективно существующим законам. Второе – уточнения рассматриваемых ниже классов опасностей: преимущественно это будут техногенные, в меньшей мере – природные, тогда как социальные останутся вне сферы настоящего учебника. Дело в том, что последние более свойственны национальной безопасности, также оперирующей и остальными типами опасностей.

#### 4. Основные понятия и определения производственно-экологической безопасности

С использованием принятой концепции представляется возможным конкретизировать смысл базовых категорий и понятий, применяемых в последующем рассмотрении безопасности в техносфере. При определении совокупности признаков, составляющих содержание вводимых здесь определений, будем исходить из таких основных требований, как необходимость отражения их сущности, практическая надобность и возможная изменчивость, взаимосвязанность с другими понятиями, краткость и недопустимость тавтологии.

С учетом вышеизложенного логично утверждать о том, что объектом системного исследования и совершенствования рассматриваемой здесь категории, т.е. той реальностью, с которой необходимо иметь дело специалистам в области безопасности в техносфере, должны быть системы "человек – машина – среда", а предметом (основным содержанием их профессиональной деятельности) – объективные закономерности возникновения и предупреждения техногенных происшествий при их функционировании.

Обоснованность выбора человекомашинной системы в качестве объекта исследования и совершенствования аргументирована следующими доводами:

- а) она включает в себя и источник опасности (обычно это машина), и потенциальную жертву (чаще всего – человек);
- б) ее функционирование есть эксплуатация людьми техники в определенной среде (безлюдные и не использующие машину процессы – частный случай);
- в) в этой системе содержатся носители всех типов предпосылок к техногенным происшествиям: человек – ошибок, машина – отказов, среда – неблагоприятных для них внешних воздействий.

Действительно, знакомство с современными производственными процессами показывает, что большинство из них связано с использованием как людей (персонала), так и технологического оборудования, взаимодействующих между собой в некоторой (рабочей) среде. При этом процесс их совместного функционирования зависит от условий

подобной среды и принятой технологии взаимодействия, тогда как их параметры могут, в свою очередь, изменяться в зависимости от качества персонала и производственного оборудования.

Вот почему объектом, т.е. той материальной действительностью, с которой необходимо иметь дело при системном исследовании безопасности, должна быть система "человек – машина – среда". Следует особо подчеркнуть, что именно система в целом, представляющая собой совокупность взаимодействующих компонентов и связей между ними, является (в силу свойства эмерджентности) качественно новым (по сравнению с их суммой) образованием. Именно в этом симбиозе и состоит суть рассмотренных ранее (см. параграф 4.4) основополагающих принципов общей теории систем и системной динамики.

Модель объекта системного исследования



Рис. 6.6. Модель объекта системного исследования

В самом общем виде модель выбранного для исследования объекта представлена на рис. 6.6, который включает технологическое оборудование (машину – М), эксплуатирующий его персонал (человека – Ч) и рабочую среду (С), взаимодействующие между собой по заданной технологии (Т) и установленной организации работ. Кроме перечисленных основных компонентов системы, ее модель содержит также связи между ними и с окружающей систему (внешней) средой. Эти связи изображены в виде стрелок и сдвоенных линий, а границы, отделяющие рассматриваемую здесь человекомашинную систему от внешней среды, показаны прямоугольником с закругленными углами.

В модели объекта также использованы следующие векторные обозначения:  $I(t)$  – входные воздействия на систему (заданные функции, установленные интервалы времени, выделенные ресурсы, требуемые условия работ),  $S(t)$  – ее состояния (условно безопасное, опасное, критическое, послеаварийное),  $E(t)$  – выходные воздействия системы на внешнюю среду (полезные и вредные результаты ее функционирования). Названные состояния и векторные характеристики определяются структурой системы, включающей вышеперечисленные элементы с их взаимосвязями, которые рассматриваются переменными во времени  $t$ , а вся их совокупность задает соответствующее фазовое пространство.

С целью декомпозиции производственных или технологических процессов с участием конкретной человекомашинной системы их удобно представлять в виде последовательности соответствующих операций. При этом под такой операцией следует подразумевать выполнение однородных по предназначению действий, необходимых для получения определенного результата на каком-либо этапе проведения данного процесса. Следовательно, функционирование каждой подобной системы, осуществляемое по заданной технологии, может рассматриваться как процесс выполнения конкретной производственной операции.

Только что сделанная декомпозиция выбранного объекта исследования безопасности в техносфере требует также уточнения содержания всех его компонентов. В качестве человека в последующем будет подразумеваться персонал, непосредственно занятый выполнением работ на технике, машины – технологическое оборудование, иногда с предметом труда, обеспечивающее изменение его свойств или состояния. Под рабочей средой следует понимать область пространства, иногда с предметом труда, в пределах которой совершается проведение операции, а под технологией – совокупность приемов и методов, используемых для изменения свойств или состояния предмета труда и включающих организационно-технические мероприятия по обеспечению техносферной безопасности.

Внешней (для конкретной человекомашинной системы) средой является все то, что непосредственно не входит в эту систему, но может влиять на процесс ее функционирования или изменяться под его воздействием. К внешней среде будем относить органы снабжения и управления, другие силы и средства, взаимодействующие с данной системой, а также природные условия в районе дислокации соответствующего производственного объекта. Необходимость выделения из окружающей систему среды так называемой рабочей обусловлена большей степенью ее влияния на функционирование "человека" и "машины".

При обосновании основополагающих категорий рассматриваемых свойств человекомашинной системы будем исходить из интерпретации опасности как возможности причинения ущерба данному сложному объекту или внешней по отношению к нему среде. Учитывая, что слово "опасность" является одним из наиболее сложных и фундаментальных понятий, так как содержит в себе другие нечетко определенные термины, дадим рабочие определения этой категории и некоторых других связанных с ней понятий.

Опасность (техногенно-производственная) – свойство человеко-машинных систем представлять реально предсказуемую возможность причинения какого-либо вреда или ущерба.

Риск – интегральная характеристика опасности, характеризующая и меру возможности (вероятность или частоту) нежелательного проявления соответствующих источников, и меру обусловленного этим вредного результата (ущерб и время до появления).

Ущерб – результат такого изменения состояния системы "человек – машина – среда", которое характеризуется утратой целостности или других свойств ее компонентов и внешней среды в результате появления происшествий либо разрушительного воздействия неизбежных энергетических (тепло, шум и т.п.) и возможных материальных (сажа, шлаки и т.п.) выбросов.

Происшествие – событие, состоящее в воздействии источника какой-либо опасности на компоненты системы "человек – машина – среда" и повлекшее за собой определенный ущерб.

Авария и несчастный случай – происшествия соответственно только с материальным ущербом и как минимум с временной утратой человеком трудоспособности.

Объект повышенной опасности (ОПО) – предприятие, где производят, хранят, используют, транспортируют и (или) утилизируют такие объемы вредного вещества и

энергии, утечка даже части которых способна привести к гибели людей и причинению иного крупного ущерба.

Катастрофа – происшествие на ОПО, повлекшее за собой как гибель не менее чем одного человека, так и значительный ущерб материальным и природным ресурсам страны.

Чрезвычайная ситуация – состояние ОПО и окружающей его среды, характеризующееся теми неблагоприятными последствиями, которые вызваны появлением крупной катастрофы природного, социального и (или) техногенного происхождения.

Риск-менеджмент (менеджмент риска) – осуществление совокупности скоординированных действий по прогнозированию и регулированию выбранных качественных или количественных показателей природного, социального, страхового и (или) техногенного риска.

Прогнозирование риска – априорное оценивание показателей риска, характеризующих меру возможности и меру результата проявления его источников за конкретный период.

Регулирование риска – совокупность мероприятий по обоснованию, обеспечению, контролю и поддержанию выбранных показателей природного, социального и (или) техногенного риска в области тех их значений, которые считаются приемлемыми.

Наконец, с учетом всего изложенного выше, может быть уточнено определение такой важной для данной книги категории, как безопасность в техносфере, или производственно-экологическая (техносферная) безопасность, – свойство человекомашинных систем и содержащего их ОПО в целом сохранять при функционировании в заданных условиях такие состояния, при которых с высокой вероятностью исключаются происшествия, обусловленные воздействием техногенных и природных опасностей на незащищенные компоненты этих сложных систем и внешней для них среды, а ущерб от их неизбежных энергетических и вредных материальных выбросов не превышает допустимого.

Попутно заметим, что состояние всех реальных процессов и физических систем определяется обычно совокупностью их свойств в конкретном проявлении на данный момент. Следовательно, безопасность в техносфере может также интерпретироваться как состояние соответствующих сложных систем, определяемое множеством специфических функциональных свойств их компонентов и характером взаимосвязей между ними.

Сравнение признаков только что перечисленных категорий с ныне действующими определениями свидетельствует об их большой адекватности и конструктивности. Некоторые дополнительные определения будут введены ниже – при обосновании состава и содержания методов, предлагаемых для системного исследования безопасности в техносфере, а также формулирования принципов снижения риска техногенных чрезвычайных ситуаций.

## 5. Общие принципы предупреждения возможных происшествий

После уяснения основных понятий рассматриваемой предметной области приступим к формулированию основных принципов предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций, т.е. тех руководящих положений, реализация которых позволила бы максимально ослабить ущерб, причиняемый соответствующими опасностями. При

решении этой задачи будем исходить из принятой выше энергоэнтروпийной концепции и других утверждений, касающихся выбранных ранее объекта и предмета исследования.

Следуя данным установкам, можно утверждать по меньшей мере о следующих двух кардинальных принципах обеспечения безопасности в техносфере путем предупреждения и смягчения последствий возможных чрезвычайных ситуаций:

- 1) полный отказ или максимально возможное сокращение энергоемких технологических процессов;
- 2) исключение условий образования техногенных происшествий в соответствующих человекомашинных системах.

Очевидно, что первое условие является более радикальным средством, поскольку вообще приводит к устранению потенциальной возможности причинения сколь-нибудь крупного ущерба, так как исключает техногенно-производственные опасности или минимизирует их уровень. Соблюдение же второго принципа оставляет подобные опасности, но не позволяет им реализоваться в соответствующих происшествиях.

Однако нетрудно видеть ограниченность первого кардинального направления, поскольку его осуществление равносильно отказу от достижений цивилизации. Ведь ее уровень определяется в том числе и энерговооруженностью общества, о чем свидетельствует тот факт, что энергопотребление одного жителя в так называемых развитых странах в десятки раз больше, чем в развивающихся, да и растет оно быстрее прироста численности их населения. Например, в прошлом столетии энергопотребление всего человечества выросло в 6,7 раза, а его численность – только в 4 раза, что и стало одной из главных причин обострения упомянутых выше техносферных проблем, особенно в промышленно развитых государствах.

Не отрицая целесообразности и перспективности следования первому принципу обеспечения безопасности в техносфере, перейдем ко второму, не менее конструктивному. Нетрудно догадаться, что исключение условий возникновения техногенных происшествий означает на практике необходимость решения следующих трех основных задач:

- а) недопущение ошибочных и несанкционированных действий персонала, эксплуатирующего объекты техносферы;
- б) устранение условий возникновения отказов их технологического оборудования;
- в) предупреждение нерасчетных внешних воздействий на людей и технику со стороны окружающей их среды.

Перечисленные подпринципы предупреждения техногенных происшествий логично вытекают из принятой выше концепции, которая указывает и соответствующие способы. Они предполагают обеспечение соответственно должной профессиональной пригодности и технологической дисциплинированности персонала, высокой надежности и эргономичности используемого им технологического оборудования, комфортной для людей и безвредной для техники рабочей среды. Ведь одновременное соблюдение этих трех условий исключает появление предпосылок к происшествиям, вызванных несовершенством всех трех компонентов рассматриваемых человекомашинных систем.

Учитывая же практическую невозможность или экономическую нецелесообразность полного соблюдения только что сформулированных условий – исключения всех ошибок, отказов и нерасчетных внешних воздействий, необходимо руководствоваться еще одним подпринципом:

г) недопущение образования из отдельных предпосылок причинной цепи техногенного происшествия.

Для этого следует воздействовать на технологию (центральный компонент рис. 6.6), устанавливая такой порядок подготовки и проведения работ, при котором учитывалась бы реальная возможность отдельных предпосылок и предусматривались меры по своевременной локализации их вредного эффекта.

Однако нельзя считать исчерпывающими все только что сформулированные принципы и подпринципы, так как они не могут быть реализованы в полном объеме, а потому и не обеспечивают гарантированной безопасности в техносфере. Вот почему необходим еще один принцип:

1) подготовка к возможным происшествиям с целью снижения ожидаемого от них ущерба.

Реализация данного принципа, как и условия г), может достигаться воздействием на организацию и технологию функционирования используемых человекомашинных систем путем своевременного и качественного контроля состояния персонала и оборудования, а также заблаговременной подготовкой к аварийно-спасательным работам и оказанию помощи пострадавшим от возможных техногенных происшествий.

На этом ограничимся в изложении наиболее общих принципов предупреждения техногенных происшествий и обеспечения за счет этого приемлемого уровня безопасности в техносфере. Нетрудно видеть, что все семь сформулированных здесь руководящих положений (3 принципа и 4 подпринципа) логично вытекают из принятой выше концепции и сделанных на ее основе дедуктивных рассуждений. Конечно же, могут быть сформулированы и более частные условия, необходимые для гарантированного обеспечения рассматриваемых здесь свойств человекомашинной системы и извлекаемые из дополнительных исходных предпосылок. Однако и приведенных здесь принципов достаточно не только для предупреждения возможных техногенных чрезвычайных ситуаций, но и для снижения их тяжести.

В совокупности же данные принципы указывают реальные способы повышения уровня безопасности функционирования наиболее важных объектов промышленности и транспорта, оставляя мало места для Его величества Случая. Более того, руководство этими положениями позволит в последующей практической работе "видеть лес" за отдельными деревьями – мероприятиями по предупреждению техногенных происшествий и делать правильные акценты при их выработке. Однако прежде необходимо обосновать состав соответствующих методов.

## 6. Методы исследования и совершенствования безопасности в техносфере

При обосновании состава обозначенных методов будем исходить из того, что производственная деятельность обычно направлена на совершенствование условий существования людей и осуществляется в соответствии с известной формулой: "От живого созерцания к абстрактному мышлению и от них к практике". Следовательно, используемые при этом методы должны удовлетворять данному требованию и представлять собой последовательность эмпирических и теоретических этапов. Цель эмпирического этапа может состоять в выявлении закономерностей, а теоретического – в формулировании на их основе способов совершенствования исследуемых здесь человекомашинных систем.



Выбор и обоснование состава основных научных методов также нужно осуществлять с учетом специфики подобных объектов и потребностей практики. Необходимость же в теоретических методах особенно обозначилась в последнее время в связи с созданием новых образцов техники, технологии, материалов и значительным ростом энерговооруженности производства и транспорта. Кроме того, очевидна невозможность натурного экспериментирования с безопасностью и живучестью человекомашинных систем, равно как и недостаточность одних лишь статистических данных о техногенных происшествиях для их всестороннего исследования.

Что касается специфичности рассматриваемых здесь объекта и предмета, то она определяется реальной сложностью системы "человек – машина – среда", обусловленной наличием в ней нескольких самих по себе сложных и взаимосвязанных компонентов, а также их целенаправленностью или стохастичностью поведения. Последняя особенность вызвана тем, что такие компоненты, как человек и машина, могут вести себя самым неожиданным образом вследствие случайных воздействий внешней среды и чрезвычайной нестабильности собственных параметров. Неопределенность усугубляется и тем, что выходные характеристики одних частей системы являются для других входными.

Проиллюстрируем влияние некоторых внешних и внутренних факторов, определяющих качество функционирования человекомашинной системы, на примере информационной насыщенности и напряженности этого процесса, а также эмоционального отношения к ним персонала. Оказывается, что высокая информационная насыщенность труда человека-оператора снижает вероятность своевременного обнаружения отклонений параметров управляемого им технологического процесса. А вот низкая эмоциональная напряженность более благотворно влияет на выполнение персоналом заданных действий в сравнении как с полным отсутствием таковой, так и с постоянным его пребыванием в стрессовых состояниях.

Более того, высокая мотивация и добросовестное отношение к работе способствуют росту безошибочности людей, однако излишняя ответственность и прилежность приводят их к ненормальной возбужденности и возможным психофизиологическим срывам. Приобретение же навыков повышает надежность выполнения технологических операций, но слишком богатый практический опыт часто приводит человека к излишней самонадеянности. Все это в совокупности как раз и указывает на объективную сложность рассматриваемых здесь человекомашинных систем, а значит – и на необходимость использования современных методов их системного исследования и совершенствования.

На основании вышеизложенного логично утверждать, что основным специальным научным методом исследования безопасности в техносфере должна стать уже известная по параграфу 4.6 системная инженерия. В своей основе данный метод является наилучшим способом реализации на практике таких общепринятых требований, как объективность, всесторонность и конкретность рассмотрения исследуемых сложных объектов, учет их развития и взаимосвязи с другими объектами. Не случайно поэтому системную инженерию называют прикладной диалектикой.

С учетом данного выбора нелишне напомнить, что системная инженерия является составной частью общей теории систем и базируется на принципах не только системного анализа и системного синтеза, но также кибернетики и синергетики. При этом основными этапами практического применения системной инженерии являются эмпирический

системный анализ, проблемно-ориентированное описание объекта и цели исследования, теоретический системный анализ и системный синтез. Сама же данная процедура должна иметь итеративный характер, основанный на так называемой гибкой системной методологии.

Подобный подход применим и для обоснования основного специального научного метода совершенствования безопасности в техносфере, т.е. его выбор целесообразно делать с учетом природы и длительности жизненного цикла соответствующих человекомашинных систем, а также количества факторов, реально определяющих качество их функционирования. Вот почему исходя из большой продолжительности создания и эксплуатации современных технологических объектов, исчисляемой десятками лет, и многообразия факторов, влияющих на протекающие в них процессы, можно утверждать, что главным методом обеспечения и совершенствования безопасности должно быть программно-целевое планирование и управление соответствующими процессами.

Необходимость и возможность применения данного метода могут быть подтверждены с помощью выявленных ранее закономерностей аварийности и травматизма в техносфере. Основными особенностями возникновения техногенных происшествий, как это было показано в параграфе 6.2, являются многообразие и случайный характер возможных предпосылок, что не означает, однако, их неуловимости и не подвластности людям. Следовательно, для своевременного выявления и устранения подобного негативного вклада требуется планомерная и целенаправленная работа, т.е. необходимо управление соответствующими процессами.

При уточнении содержания понятия "управление" нужно исходить из данной выше интерпретации производственных операций как функционирования человекомашинных систем. Безопасность и другие сложные свойства таких систем, как известно, обеспечиваются свойствами отдельных компонентов, что требует большого числа мероприятий по обеспечению их качества и взаимной совместимости. При этом реализацию подобных мер нужно осуществлять на всех этапах жизненного цикла каждой такой системы.

Следовательно, под управлением процессом обеспечения безопасности в техносфере (регулированием техногенного риска) ниже целесообразно подразумевать совокупность взаимосвязанных мероприятий, осуществляемых в целях установления, обеспечения, контроля и поддержания требуемого качества функционирования всех человекомашинных систем. Все эти мероприятия должны проводиться при создании и эксплуатации технологического оборудования, отборе и подготовке эксплуатирующего его персонала, обеспечении и поддержании подходящих для них условий рабочей среды, организации их непрерывного взаимодействия.

Эффективное управление процессом обеспечения безопасности в техносфере предполагает также необходимость в точном формулировании цели, определении способов и условий ее достижения, в оценке необходимых для этого ресурсов. Использование при этом количественных показателей будет способствовать конкретизации задач соответствующей системы, повысит достоверность оценки качества ее функционирования, сократит расход соответствующих ресурсов. А вот дальнейшее совершенствование техносферной безопасности на основе программно-целевого подхода

потребуется уже разработки соответствующих целевых программ и создания подсистемы оперативного управления их выполнением.

Таким образом, методологической основой обеспечения безопасности в техносфере является совокупность перечисленных выше общенаучных и специальных научных методов анализа и синтеза сложных систем. Указанные методы лежат в основе соответствующего инструментария, а также успешного решения на его основе проблемы предупреждения и снижения тяжести возможных техногенных происшествий. Конкретные же подходы к использованию предложенных здесь методов исследования и совершенствования будут рассмотрены ниже, после уточнения структуры, целей и задач соответствующей системы, а также обоснования состава ее количественных показателей и критериев.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).**

**Тема:** «Базовые принципы теории надежности и теории массового обслуживания»

#### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Основные понятия теории массового обслуживания
2. Принципы количественной оценки надежности логико-вероятностными методами
3. Оценка надежности и живучести технических систем с учетом их специфики
4. Особенности прогнозирования остаточного ресурса

#### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

- 1.Познакомиться с вопросами практического занятия.
- 2.Подготовить письменные ответы на вопросы используя предложенную литературу, данные сети Интернет и литературы научно-методической лаборатории.
- 3.Выписать в тетрадь новые понятия.

#### **2.1.3 Результаты и выводы:**

Отчет представляет собой конспект в тетради по предложенным вопросам теоретической части занятия, глоссарий (новые понятия).

### **2.2 Практическое занятие №2 (2 часа).**

**Тема:** «Идентификация и предварительный анализ источников риска»

#### **2.2.1 Задание для работы:**

1. Концепция выявления и предварительного (качественного) анализа источников риска
2. Методы и обобщенная процедура предварительной оценки параметров риска
3. Апробация процедуры предварительного анализа и оценки параметров риска

#### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

- 1.Познакомиться с вопросами практического занятия.
- 2.Подготовить письменные ответы на вопросы используя предложенную литературу, данные сети Интернет и литературы научно-методической лаборатории.
- 3.Выписать в тетрадь новые понятия.

#### **2.2.3 Результаты и выводы:**

Отчет представляет собой конспект в тетради по предложенным вопросам теоретической части занятия, глоссарий (новые понятия).

### **2.3 Практическое занятие №3 (2 часа).**

**Тема:** «Моделирование и прогноз параметра риска происшествий с помощью диаграмм типа «граф»»

#### **2.3.1 Задание для работы:**

1. Моделирование происшествий с помощью потокового графа

2. Разработка аналитической модели, эквивалентной потоковому графу
3. Методика априорной оценки риска происшествий на объекте повышенной опасности

#### **2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

1. Познакомиться с вопросами практического занятия.
2. Подготовить письменные ответы на вопросы используя предложенную литературу, данные сети Интернет и литературы научно-методической лаборатории.
3. Выписать в тетрадь новые понятия.

#### **2.3.3 Результаты и выводы:**

Отчет представляет собой конспект в тетради по предложенным вопросам теоретической части занятия, глоссарий (новые понятия).

### **2.4 Практическое занятие №12 (2 часа).**

**Тема:** «Обеспечение приемлемых параметров риска при создании объектов техносферы»

#### **2.4.1 Задание для работы:**

1. Программа обеспечения требуемой безопасности проектируемых объектов повышенной опасности
2. Методика обеспечения и оценки уровня обученности эксплуатирующего персонала
3. Методы обеспечения и оценки надежности средств защиты персонала

#### **2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

1. Познакомиться с вопросами практического занятия.
2. Подготовить письменные ответы на вопросы используя предложенную литературу, данные сети Интернет и литературы научно-методической лаборатории.
3. Выписать в тетрадь новые понятия.

#### **2.4.3 Результаты и выводы:**

Отчет представляет собой конспект в тетради по предложенным вопросам теоретической части занятия, глоссарий (новые понятия).