

Министерство образования и науки Российской Федерации

Костромской государственный университет

Кафедра техносферной безопасности

ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Составители:

Г. К. Букалов, Е. В. Кривошеина

Учебное пособие

Кострома

КГУ

2018

УДК 355.24490750+614.8.084(075)

ББК 68.9я73-1

О-753

Рецензенты :

директор ФБУ «Костромской ЦСМ»,

д-р техн. наук, проф. В. В. Булатов;

ООО «Центр аттестации рабочих мест»,

главный инженер, канд. техн. наук Ю. С. Симаченко

О-753 Основы системной инженерии безопасности: учеб. пособие / сост. Г. К. Букалов, Е. В. Кривошеина. – Кострома : Изд-во Костром. гос. ун-та, 2018. – 115 с.
ISBN 978-5-8285-0908-9

В учебном пособии рассмотрена сущность системного подхода анализа опасностей техносферы, даны определения терминов в области системной инженерии безопасности, изложены методологические основы системного подхода при исследовании и совершенствовании производственной безопасности, а также обоснованы возможности их реализации.

Пособие предназначено для студентов КГУ, изучающих дисциплину «Основы системной инженерии безопасности». Материалы пособия могут быть использованы при написании рефератов и разработке расчетно-графических работ по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

УДК 355.24490750+614.8.084(075)

ББК 68.9я73-1

Печатается по решению редакционно-издательского совета КГУ

ISBN 978-5-8285-0908-9

© Костромской государственной
университет, 2018

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА.....	6
1.1. Понятие и краткая характеристика систем	6
1.2. Особенности организации и динамики систем.....	12
1.3. Обобщенная структура системного анализа и синтеза.....	20
Контрольные вопросы и задания	28
Глава 2. ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ	30
2.1. Основные противоречия и проблемы современности	30
2.2. Причины и факторы аварийности и травматизма	35
2.3. Энергоэнтропийная концепция опасностей.....	42
2.4. Основные понятия и определения.....	46
2.5. Общие принципы предупреждения происшествий.....	50
2.6. Методы исследования и совершенствования безопасности в техносфере	53
2.7. Цель и основные задачи системы обеспечения безопасности в техносфере	56
2.8. Показатели качества системы обеспечения безопасности в техносфере	59
Контрольные вопросы и задания	64
Глава 3. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	65
3.1. Анализ понятия «рабочее место» как основы для оценки условий труда	65
3.2. Определение расположения рабочей зоны с учетом требований безопасности	71
3.3. Системный анализ модели «человек – машина – окружающая среда»	76
3.4. Анализ безопасности в системе «человек – машина – среда».....	79

3.5. Классификация вредных и опасных факторов, действующих на человека по аспектам информационного потока.....	81
3.6. Границы и размеры системы «человек–машина»	86
Контрольные вопросы и задания.....	88
Глава 4. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ ЧМС НА БЕЗОПАСНОСТЬ	89
4.1. Психологические методы обеспечения безопасности	96
4.2. Профессиональный отбор	97
4.3. Формирование безопасного поведения в процессе трудовой деятельности.....	101
Контрольные вопросы и задания.....	110
Список литературы	112

Введение

Системная инженерия, включая инженерию программных систем, системную инженерию безопасности, представляет сегодня быстро развивающуюся прикладную научную дисциплину.

Работы в этой области выполняются при поддержке целого ряда крупных международных профессиональных организаций, среди которых:

- Институт инженеров электротехники и электроники (The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE);
- Международный совет по системной инженерии (International Council on Systems Engineering – INCOSE);
- Совет университетов, реализующих образовательные и исследовательские программы в области создания инженерных систем (Council of Engineering Systems Universities – CESUN);
- Группа по управлению объектами (Object Management Group – OMG) и ряд других.

В сфере системной инженерии сложилась развитая сеть научно-методических коммуникаций, которая включает выпуск специальных журналов, систематическое издание широкого спектра учебников и монографий, а также проведение регулярных конференций, семинаров и симпозиумов [1].

Рост масштабов и усложнение способов организации деятельности по созданию инженерных объектов, повышение степени ответственности за ее результаты, быстрое возрастание сложности возникающих при этом научных, технических и управленческих проблем привели к появлению в середине XX в. новой прикладной системной методологии – системной инженерии (Systems Engineering).

В современных разработках специалистов системная инженерия безопасности рассматривается как комплексный, мультидисциплинарный подход и как методика создания сложных систем безопасности, а также признается в качестве фундамента, на основе которого можно обеспечить и гарантированно поддерживать надежную и устойчивую связь между миссией, стратегическими целями, конкретными задачами и измеримыми результатами инженерной деятельности.

Глава 1

ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА

В данной главе раскрывается сущность системного подхода к исследованию сложных процессов в техносфере. При этом предполагается, что «системность» – это учет лишь самых существенных факторов, а не всех, что невозможно. *Цель* главы – понять наиболее общие руководящие положения и базовые категории, а также приобрести знания и навыки, необходимые для выявления и учета таких факторов на практике.

1.1. Понятие и краткая характеристика систем

Для определенности необходимо уточнить, что систем как таковых в природе не существует, а имеются лишь конкретные предметы, объекты, процессы и явления. Иначе говоря, система – это искусственно введенное понятие, служащее средством представления достаточно сложных объектов и используемое в целях их более качественного исследования и совершенствования. Отметим также, что до сих пор отсутствует общепринятое определение как самой системы, так и некоторых ее наиболее существенных характеристик, например, структуры.

В настоящее время системный подход находит все более широкое применение во всех отраслях человеческой деятельности.

Следует подчеркнуть, что основоположником общей теории систем был наш соотечественник А. А. Богданов, хотя официально признанными основателями ныне считаются Л. Берталанфи и У. Эшби. Кстати, многие из привнесших существенный вклад в развитие данного научного подхода были биологами и врачами, т. е. занимались решением сходных проблем, но на другом, чем человеко-машинная система, уровне.

Выбор системы «человек – машина – среда» (ЧМС) в качестве объекта исследования подтверждает необходимость использования системно-

го подхода к анализу и синтезу. Однако прежде чем приступить к изложению сущности и иллюстрации работоспособности соответствующих методов исследования, целесообразно уточнить самые общие понятия и принципы системологии.

Начинать нужно с определения самых существенных признаков термина «система» и с классификации ее видов. Под исследуемой здесь системой нужно понимать такую совокупность элементов, объединенных общими ресурсами, связями, функциональной средой и целью существования, которая обладает свойствами, отсутствующими у отдельных элементов. Элементами же будем считать всякие, условно неделимые и самостоятельно функционирующие, части системы.

Что касается *классификации* систем (многоуровневого деления по каким-либо принципам), то следует отметить отсутствие в настоящее время не только общепринятого их деления по группам, но и обязательно необходимых для этого признаков классификации. Хотя в качестве последних чаще всего используются природа (генезис) классифицируемых объектов, их состав, сложность или организованность, степень взаимодействия с окружающей средой, изменчивость во времени и характер реакции на воздействия. Одна из возможных классификаций систем приведена на рис. 1.1.

По первому признаку классификации – природе (происхождение и доступность) – все системы разделены в верхней части рисунка на две группы: физические (естественные, материальные) – 1.1 и абстрактные (искусственные, идеальные) – 1.2. Подобное деление сделано справа и для второго признака – их состава: гомогенные системы, характеризующиеся однородностью и слабой связанностью составляющих их, внешне похожих частей (корпускул) – 2.1, и гетерогенные, образованные как бы «спаиванием» своих различных элементов – 2.2.

По степени взаимодействия с окружающей средой (обмену потоками энергии, вещества и информации) все системы могут быть разделены на открытые – 3.1, закрытые – 3.2 и изолированные – 3.3. В отличие от двух последних открытые системы обмениваются со своим окружением всеми этими формами материи; закрытые лишь информацией, а изолированные – ни одной из них.

Примерами гомогенных систем могут служить технические (2.1.1) и организационные (2.1.2) системы, а гетерогенных – человеко-машинные (эрготехнические) системы и этногеоэотосистемы (от греч. *ethnos* – народ, *ге:* – земля и *ethos* – уклад жизни). Открытые системы могут быть поделены на равновесные (3.1.2) и диссипативные (3.1.1). Последние так названы

потому, что они непрерывно рассеивают часть своей свободной энергии, в том числе и в виде тепла, выделяемого в окружающую среду.

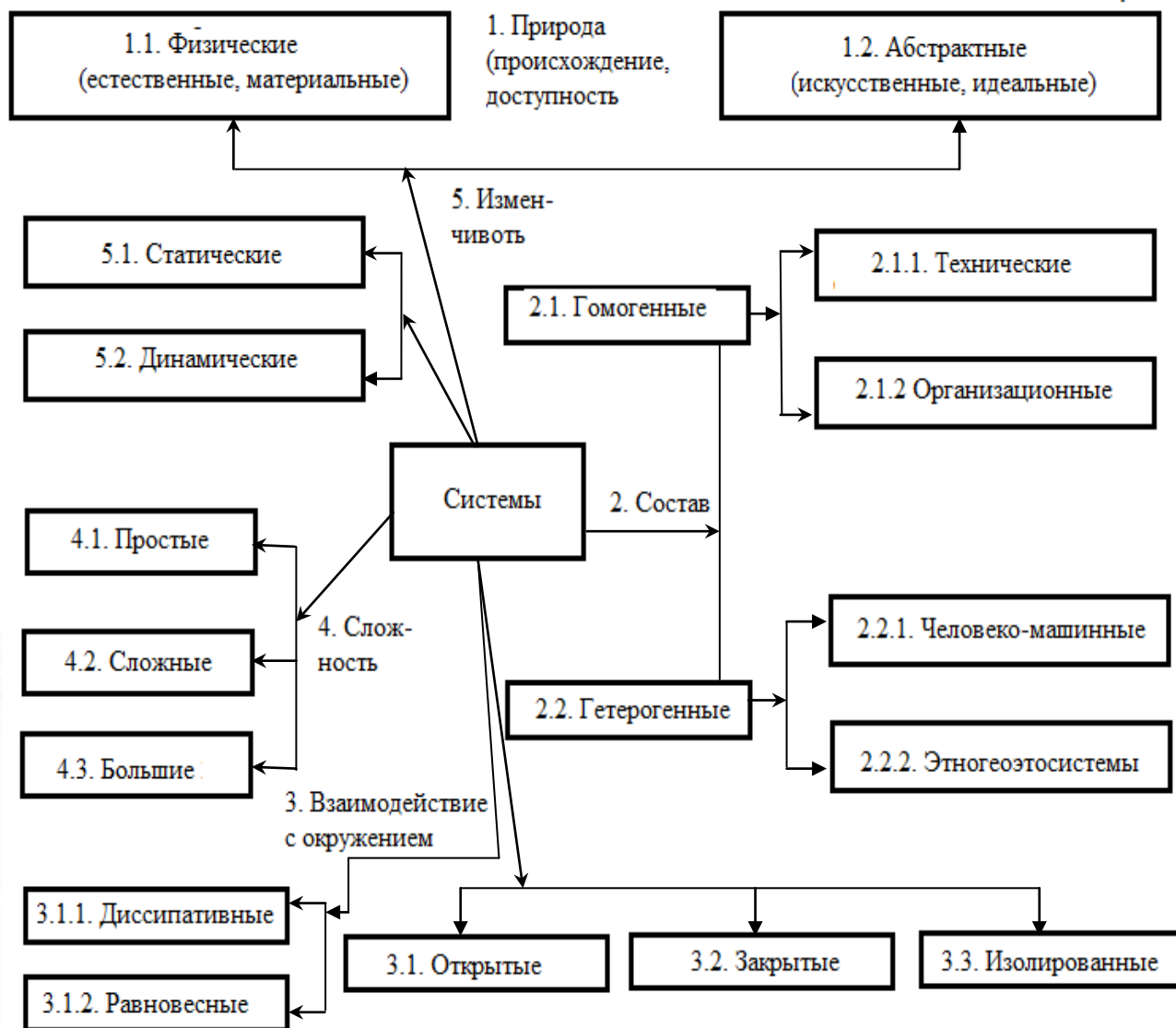


Рис. 1.1. Классификация систем

Что касается четвертого признака – сложности систем, то все они разделены на три группы: простые – 4.1, сложные – 4.2 и большие – 4.3. Отличительными свойствами двух последних считаются:

- а) уникальность – аналоги заметно отличаются;
- б) многоступенчатый состав – имеются иерархические подсистемы и компоненты;
- в) случайный характер функционирования и реагирования на воздействие различных факторов;
- г) многокритериальность оценки состояния – необходимость в векторных показателях качества;

д) слабая структурированность и разнородность образующих их частей.

Это означает, что основным отличительным свойством большой системы служит размерность, не позволяющая провести ее исследование без предварительной декомпозиции (расчленения на компоненты) с последующим агрегированием (укрупнением) их элементов. Что касается существенных признаков сложной (в смысле исследования) и, конечно же, большой системы, то к ним относятся многомодельность, т. е. потребность в ансамбле соответствующих моделей и методов, да междисциплинарный характер их анализа и синтеза.

Наконец, завершающим, пятым признаком служит изменчивость системы, т. е. характер ее отклика по отношению к воздействиям различных факторов. В соответствии с ним системы обычно делятся на: статические (5.1) и динамические (5.2), а также на пассивные (детерминированные) и активные (стохастические). Подробные разъяснения отличий между двумя последними классами систем излагаются ниже (разд. 1.2).

В некоторых системах, помимо элементов, иногда целесообразно выделять их *компоненты* (подсистемы), под которыми нужно подразумевать совокупности относительно однородных элементов, объединенных общими функцией и ресурсом. Введение компонентов понадобится для упрощения описания процесса функционирования человеко-машинной системы в целом, поскольку образующие ее люди (персонал), используемая техника и окружающая их среда могут считаться подсистемами более низкого уровня.

Дело в том, что представление каких-либо объектов в качестве компонентов системы более высокого уровня позволяет в последующем ограничиваться учетом лишь их самого существенного вклада в «поглощающую» систему. При этом совокупный вклад, сделанный каждым таким объектом, обычно характеризует соответствующий компонент системы в целом, т. е. проявляется как бы интегрально. Вот почему подобные совокупные свойства рассматриваемых объектов часто удобно называть интегральными, или системообразующими, свойствами – факторами, а их количественные оценки – *интегральными* характеристиками, т. е. соответствующими количественными показателями.

Из вышеизложенного следует, что отличительные признаки системы определяются, прежде всего, системообразующими свойствами и интегральными характеристиками их компонентов. В свою очередь, такие их свойства позволяют рассматривать каждый объект не только как целостное образование, но и одновременно как компонент системы более высо-

кого уровня. Интегральные же характеристики удобны для сокращения числа параметров, используемых при последующем формализованном описании и оценке соответствующих свойств как отдельных компонентов, так и системы в целом.

Более того, оказывается, что для образования любой системы важную роль играет характер взаимодействия между подсистемами, а не специфика последних и тем более не количество образующих их элементов. Вот почему, пожалуй, самой важной характеристикой системы считается ее *структура* – множество тех связей и элементов, которые играют наиболее важное значение при обеспечении энерго-, массо- и информационного обмена не только внутри самой системы, но и между нею и Окружающей ее средой. В общем виде под *структурой* подразумевается Способ организации целого из частей, некий вид упорядочения его отдельных элементов и связей. К сожалению, определение данного термина не всегда «овеществляют» включением в него элементов, т. е. часто ограничиваются лишь одними связями, что не совсем правомерно.

Поскольку в данном пособии в качестве объекта системного анализа и моделирования рассматриваются процессы, происходящие с человеко-машинной системой и внутри нее, то в дальнейшем целесообразно пользоваться как структурой ее отдельных компонентов, так и обобщенной структурой этого сложного объекта. При этом под *обобщенной* структурой подразумевается некоторая генерализованная совокупность связей, с помощью которой реализуется энерго-, массо- и информационный обмен между отдельными компонентами системы, а также между нею и ее ближним окружением (рабочей средой).

Отмеченные только что особенности системного представления всех довольно сложных объектов и процессов позволяют экономно описывать их с помощью введения еще одной важной характеристики, называемой *морфологией*. Под *морфологией* рассматриваемых здесь человеко-машинных систем в последующем будем понимать зафиксированную в пространстве, т. е. физически реализованную, а потому и реально наблюдаемую совокупность взаимодействующих между собой звеньев их обобщенной структуры.

Наконец, довольно существенной характеристикой любой системы служит ее *состав* – множество образующих систему элементов и компонентов. Другой, тоже важной характеристикой, уже упомянутая в качестве признака системы – функциональная среда. Данное понятие определяется совокупностью тех законов, алгоритмов и параметров состояния системы,

в соответствии с которыми она образуется, существует, развивается, а затем (рано или поздно) и гибнет.

Чрезвычайно сложную гетерогенную систему представляет, конечно же, сама техносфера, а также составляющие ее человеко-машинные системы, выбранные здесь в качестве объекта системного анализа и моделирования происходящих в них процессов. Довольно сложны по своей структуре и все основные составляющие этих систем, которые в последующем также будут рассматриваться не только как их компоненты, но и как самостоятельные подсистемы. А вот персонал конкретной эрготехнической системы, образуемый примерно одинаковыми (по своим интегральным характеристикам) людьми, в первом приближении уже может рассматриваться как гомогенная система.

Интегральным же свойством одного или нескольких специалистов может служить, например, их способность заниматься мыслительной либо физической деятельностью, а соответствующими системообразующими факторами – интеллект, работоспособность, квалификация, а также технологическая оснащенность, комфортность условий труда и отдыха людей после рабочего дня.

Наконец, функциональную среду отдельного работника или всего персонала какого-либо предприятия составляют законы физиологии, психологии, социологии, энерго-, массо- и информационного обмена, действующие в условиях имеющихся у этих систем «межклеточной жидкости» и производственной территории соответственно. А вот состав и структура этих систем будут представлены уже отдельными: а) клетками, органами и специалистами; б) коммуникациями между ними, используемыми в процессе функционирования пищевой, кровеносной, дыхательной, нервной и выделительных систем каждого человека, либо взаимодействия обобщенной структуры человеко-машинной системы с ее окружением.

Предложенное выше системное представление исследуемых здесь систем и процессов позволяет наметить в последующем моделировании целесообразные пределы их обобщения и редукции. Это означает, что какой-либо компонент рассматриваемой здесь эрготехнической системы может быть выделен как целостное образование и что учтены только его самые важные (интегральные) свойства и обобщенная структура. При этом в ряде случаев достаточно ограничиться одним либо двумя делениями на подсистемы, что избавляет от подробной и трудоемкой детализации с ее ненужными частностями.

Отметим исключительную важность, которую играет в жизни систем их предназначение, наиболее ярко проявляющееся, например, для любых

биологических систем – в их стремлении к самосохранению, невозможному без самовоспроизводства и самосовершенствования. Вот почему эти универсальные характеристики всех самоорганизующихся систем используются в качестве ключевых признаков при определении устойчивости, стабильности и живучести отдельных народов и национальной безопасности в целом [2].

1.2. Особенности организации и динамики систем

Еще одной характеристикой систем служит состояние, которое они занимают в каждый момент времени. Данная характеристика является неотъемлемым атрибутом функционирования любой системы и определяется всей совокупностью ее существенных свойств на данный момент их проявления.

Если говорить более строго, то под *состоянием* следует понимать такой режим функционирования системы, при котором ее интегральные показатели находятся в гомеостазисе или гомеокинезисе – для внешнего наблюдателя (гомеокинезисом и гомеостазисом (гомеокинезом и гомеостатом) называют состояния, характеризующиеся неизменностью и незначительными колебаниями существенных параметров вокруг среднего значения), а обобщенная структура системы – неизменна во времени и пространстве.

При этом весь процесс функционирования или развития любой системы может быть наглядно представлен как ее перемещение по некоторой *траектории*. В свою очередь, каждая точка такой траектории должна быть интерпретирована в виде *вектора* соответствующих интегральных переменных (показателей) системы. Сама же траектория обычно принадлежит *пространству* всех ее возможных состояний, характеризующему размерностью не меньшей, чем число тех показателей, которые входят в только что обозначенный вектор.

Проиллюстрируем динамику какой-либо системы, т. е. ее изменение во времени, на примере физического цикла в существовании организма отдельного человека. В качестве его интегральных переменных и показателей используем возраст, рост и массу, измеряемые годами, сантиметрами и килограммами соответственно. Каждая пара этих параметров, включающая одну эту переменную и один показатель, будет образовывать соответствующую ось, а все оси – трехмерное пространство, начало которо-

го соответствует нулевым значениям его координат и относится, допустим, к моменту оплодотворения яйцеклетки в чреве матери.

Тогда жизненный путь каждого человека от его зачатия до смерти может быть представлен как множество прожитых им дней в чреве матери и лет за его пределами. При этом момент рождения будет характеризоваться уже не нулевыми значениями всех трех выбранных выше показателей, а точкой или вектором, имеющим примерно такие координаты его конца: 0 лет, 50 см и 5 кг. А вот в момент смерти они могут иметь, допустим, следующие значения: 84 года, 180 см и 106 кг.

Каждый год, прожитый человеком или какой-либо человеко-машинной системой, будет отличаться хотя бы одним из соответствующих показателей-координат, а значит, и иметь особенное положение в выбранном для примера пространстве. Линия же, соединяющая все соответствующие его точки (концы векторов), и есть «траектория жизни». Подобные перемещения конца любого вектора, иногда называемые также его годографом, для наглядности удобно проектировать на какую-либо плоскость этого пространства.

Необходимо обратить внимание на два *важных* обстоятельства, учет которых обычно позволяет существенно упростить рассматриваемые здесь системный анализ и моделирование процессов в техносфере: первое связано с ограниченностью числа возможных состояний человеко-машинной системы; второе с тем, что любая такая система не может выбирать их по своему усмотрению, т. е. совершенно произвольно.

Это объясняется упомянутым выше свойством рассматриваемых здесь целеустремленных систем, заключающимся в их естественном стремлении к сохранению устойчивости, стабильности и живучести. Действительно, ведь каждому диапазону внешних для них воздействий соответствует всего лишь одно, вполне определенное состояние системы. Поскольку общий диапазон подобных неблагоприятных воздействий-возмущений, в рамках которых она может существовать как таковая, ограничен, то и общее количество ее состояний не беспредельно.

Сам же процесс функционирования (последовательной смены состояний) системы обусловлен строго определенными соотношениями между энергией внешнего возмущения и собственной энергоемкостью конкретного ее состояния. Если внешняя энергия не превышает пороговых значений, не накапливается, а уменьшается в результате частичного рассеяния или преобразования в другую энергию (как при фотосинтезе, например), то реакция системы на данное возмущение проявляется лишь

в незначительном колебании своих существенных показателей либо в их эволюционном изменении (постепенном росте того же растения).

Один из наиболее общих механизмов сохранения системой стабильности связан с так называемым принципом Ле Шателье, в соответствии с которым любое внешнее воздействие порождает ответную реакцию самоорганизации, направленную на ослабление его эффекта. Отметим также и то, что нахождение рассматриваемых здесь систем в устойчивом или стабильном состоянии проявляется в относительной неизменности их обобщенной структуры и интегральных показателей.

Смена или утрата определенных состояний системы, обычно сопровождаемая структурной перестройкой, происходит скачкообразно и нередко связана с причинением ей некоторого *ущерба*. Это вызвано тем, что компенсационные механизмы системы уже не способны удержать ее в прежнем положении, и она утрачивает свою стабильность – по причине радикальной перестройки своей структуры и скачкообразного изменения соответствующих интегральных показателей.

Выбор же направления смены состояний осуществляется с учетом ограниченного числа альтернатив и делается это, как правило, ради сохранения системой своей устойчивости и стабильности. Если, конечно, они были предварительно нарушены в результате воздействия на нее внешних, негативных факторов или противоречивых внутренних. Чаще всего необходимость выбора альтернативного состояния возникает при выходе системы на так называемый режим функционирования «С обострением», который иногда может завершаться возникновением кризисов, катастроф и катаклизмов.

Наиболее существенными отличительными признаками трех последних понятий являются следующие:

1) кризис следует рассматривать как явление, свидетельствующее о необходимости адаптации системы к заметно изменившимся внешним или внутренним условиям. Он характеризуется сохранением ее самых важных характеристик и незначительным ущербом элементам. Однако появление кризисов следует расценивать как свидетельство необходимости некоторого обновления системы.

2) в отличие от кризиса, возникновение катастрофы обычно сопровождается значительным и довольно резким изменением интегральных показателей системы вследствие преобразования и коренной перестройки ее морфологии и структуры. Еще более радикальные изменения, обычно приводящие к разрушению системы, наблюдаются при катаклизмах. Их

появление равносильно краху, т. е. прекращению существования большинства систем.

Изложенный механизм смены состояний может быть проиллюстрирован на примере человеко-машинной системы. Ее функционирование обычно характеризуется такими возможными ситуациями, как: гомеостазис или гомеокинезис, представляющие собой динамическое равновесие; разного рода возмущенные состояния, вызванные появлением в ней ошибок людей, отказов техники и неблагоприятных для них внешних воздействий; опасные, критические и катастрофические состояния. Последние, как правило, связаны с возникновением происшествий, одновременно являющихся результатом нежелательного выброса энергии (вредного вещества) и следствием причинных цепей предпосылок.

Общая же модель функционирования исследуемых здесь систем может быть представлена как движение неупругого шарика по лестнице с очень широкими и чрезвычайно низкими ступеньками, которые будут предопределять его дискретные состояния. Естественно, что траектория перемещения шарика будет зависеть не только от воздействия таких внешних факторов, как сила трения и тяжести, потоки воздуха и другие шарика, находящиеся в непосредственной от него близости, но и от способности своевременного и удачного парирования таких факторов.

Логично предположить, что большую часть времени состояния шарика будут определяться ступенькам лестницы и характеризоваться соответствующими значениями вектора показателей из пространства возможных состояний. И лишь время от времени такой шарик может срываться на соседнюю ступеньку, что будет сопровождаться изменением его параметров, а иногда – и структуры. Эти срывы могут также сопровождаться, допустим, возникновением небольших трещин или малых пластических деформаций поверхности шарика.

Рассмотренный пример наглядно иллюстрирует как ограниченное число и дискретность состояний реальных систем, так и строгую предопределенность изменения их траектории в процессе своего функционирования. Столь же очевидно и то обстоятельство, что смена всех возможных состояний обычно осуществляется не только под воздействием каких-либо превалирующих в данный момент факторов, но и с учетом объективно действующих законов природы, например, объективно проявляющегося стремления энтропии системы к росту.

Этот всеобщий закон природы указывает не только на направление вероятного течения всех процессов, но и зачастую на конечный пункт соответствующих преобразований, как бы предопределяя Положение их ат-

трактора (области притяжения интегральных характеристик). Вот почему нетрудно догадаться, что упомянутый выше шарик рано или поздно прекратит свое движение, либо достигнув нижней ступеньки своей лестницы (термодинамического равновесия с окружением), либо разрушившись вследствие накопленных в нем трещин и иных повреждений.

В завершение знакомства с закономерностями образования и функционирования, рассматриваемых здесь систем сформулируем ряд принципов общей теории систем и системной динамики, логично вытекающих из только что изложенного материала. Опора именно на эти и другие, приведенные ниже принципы понадобится при практическом использовании излагаемых методов системного анализа и моделирования процессов в техносфере.

К основным принципам общей теории или организации систем относятся следующие руководящие начала.

1. Любая система выступает как триединство цели, функции и структуры. При этом функция порождает систему, структура же интерпретирует ее функцию, а иногда и цель.

В самом деле, даже внешний вид предметов нередко свидетельствует об их предназначении. В частности, нетрудно догадаться о том, что острой частью топора нужно рубить, а тупой – забивать.

2. Система (целое) – больше, чем сумма образующих ее компонентов (частей), поскольку обладает *эмерджентным* (неаддитивным) интегральным свойством, отсутствующим у ее элементов либо не выводимым из их свойств без остатка.

Эмерджентность наиболее ярко проявляется, допустим, при получении органами чувств человека какой-либо информации из окружающей его среды. Если глазами ее воспринимается примерно 60 %, а ушами – 15 %, то вместе – не 75 %, а 95 %. Именно в результате появления нового качества люди создают малые группы и большие сообщества: семью – для рождения здоровых детей и их полноценного воспитания; бригаду – для производительной работы; политическую партию – для прихода к власти и ее удержания; государственные институты – для повышения жизнеспособности нации.

3. Система не сводится к сумме своих компонентов и элементов, а любое ее механическое расчленение на отдельные части приводит к утрате существенных свойств системы.

Действительно, расчленение человека или автомобиля на отдельные компоненты неизбежно приведет к смерти первого и невозможности самостоятельного движения второго. Нечто похожее проявилось и в том,

что СНГ не сохранило совокупного потенциала СССР, а наблюдаемые во вновь образованных государствах попытки бессистемного обеспечения частных «безопасностей» уже фактически привели к подрыву их национальной безопасности.

4. Система предопределяет природу ее частей. Появление в системе инородных частей завершается либо их перерождением или отторжением, либо гибелью самой системы.

Об этом же и такие три пословицы: а) «Каков поп, таков и приход»; б) «С кем поведешься, от того и наберешься», в) «Яблоко от яблони далеко не укатится». Отсюда вывод: не ищи, например, в дурной компании порядочного человека, а в насквозь коррумпированном правительстве – честного чиновника. И там и здесь эти люди будут представлять угрозу, отличаясь от всех остальных, а потому от них рано или поздно либо избавятся, либо каким-то образом все равно «замажут».

5. Все компоненты и элементы системы взаимосвязаны и взаимозависимы. Воздействие на одну часть системы всегда сопровождается реакцией со стороны других.

Данное свойство систем необходимо не только для повышения их устойчивости и стабильности, но и для наиболее экономного сохранения живучести. Не секрет, что люди, допустим, с ослабленным зрением, как правило, лучше слышат, а лишенные каких-либо талантов – обладают более терпимым характером. Так же, как верен и такой, безусловно, справедливый, тезис: «сила есть – ума не надо».

6. Система и ее части непознаваемы вне своего окружения, которое целесообразно делить на ближнее окружение и дальнее. Связи внутри системы и между нею и ближним окружением всегда более существенны, чем все остальные.

Этот принцип (точнее, его начало) вытекает из так называемой первой теоремы о неполноте К. Геделя. В ней утверждается (применительно к аксиоматикам) о «невозможности вывода из самой этой системы всех истинных теорем о ней». Вторая же часть данного принципа не нуждается в дополнительных комментариях в силу очевидности.

С помощью рис. 1.2 проиллюстрируем вопросы, позволяющие уточнить предметную область как уже сформулированных принципов общей теории систем, так и излагаемых ниже принципов системной динамики. На рисунке все эти вопросы разделены на две группы и пронумерованы, что обеспечивает четкую связь между поставленными вопросами и рассматриваемыми принципами и облегчает поиск ответа на каждый вопрос.



Рис. 1.2. Предметная область принципов организации и динамики систем

Другая группа рассматриваемых общих принципов относится уже к динамике исследуемых систем, т. е. к особенностям их изменения во времени. Она включает в себя те закономерности, которыми нужно руководствоваться в процессе изучения условий функционирования, развития и совершенствования, как человеко-машинных систем, так и любых сложных объектов. К основным из таких руководящих положений, дающих ответ на вопросы правой части рисунка, могут быть отнесены следующие:

1. Поведение системы является следствием взаимодействия наиболее ее существенных элементов и связей между собой и окружающей их средой.

2. Определяющее влияние на функционирование системы оказывают те звенья ее морфологии, которые включают в себя обратные связи.

3. Состояние и обобщенная структура системы служат причиной, а не результатом происходящих в ней изменений.

4. Проблемы создаются преимущественно внутри самой системы, а не в ее окружении.

5. Изучить сложную систему – это значит установить наиболее существенные отношения между ее элементами и окружающей их средой.

6. При исследовании сложной системы важнее разобраться с ее обобщенной структурой, чем пытаться количественно оценить и спрогнозировать все существенные характеристики.

7. Цель изучения сложной системы – анализ действенности различных стратегий улучшения, а не априорная количественная оценка ее интегральных выходных характеристик.

Кратко прокомментируем изложенные принципы. Сделаем это последовательно, но не для каждого из них, а поделив все рассмотренные здесь руководящие положения на три неравные подгруппы. При этом группа А будет включать принципы 1–3, группа Б – принцип 4 и группа В – принципы 5–7.

А) Из них следует, что поведение любой системы зависит не столько от характера каких-либо воздействий на нее, сколько от самой системы. Тем более если она соизмерима по своей сложности с человеком. Ведь не зря же говорят о последнем, что «он имеет ровно то, что заслуживает», да и «к каждому из нас относятся так, как мы позволяем».

Б) Конструктивнее начинать поиск причин наших неурядиц в самих себе, а не в других людях или системе в целом. Актуальность же данного принципа обусловлена психологическими особенностями восприятия ими подобных ситуаций. Например, когда у человека все ладится, он расценивает это как собственную заслугу, если же нет, то начинает пытаться обвинить остальных людей, а иногда и всю систему, например «эту страну».

В) Количественный анализ любых сложных систем чрезвычайно трудоемок: надо выявить не только их состав, структуру, морфологию и функциональную среду, но и определиться с параметрами, показателями и интегральными характеристиками, как всей системы, так и ее наиболее существенных компонентов. Более того, нет гарантии высокой достоверности полученных при этом количественных прогнозов.

В завершение обратим внимание на два важных обстоятельства. Они касаются выбранного здесь объекта (человеко-машинные системы) и предмета исследования (объективные закономерности появления и предупреждения происшествий при их функционировании), точнее, тех особенностей, которые имеют существенное значение для моделирования, системного анализа и синтеза соответствующих процессов.

Во-первых, это трудоемкость моделирования и системного исследования человеко-машинной системы. Ведь невозможно определить ее существенные свойства без выявления структуры, а также оценить важность системообразующих компонентов без учета их интегральных свойств и взаимодействующих обратных связей.

Во-вторых, это невозможность точного прогноза интегральных показателей столь сложной системы, не говоря уже о траектории их изменения. Вот почему основное внимание в моделировании процессов в техносфере следует уделять уяснению тех внутренних закономерностей и «узких» мест каждой конкретной человеко-машинной системы, воздействие на которые окажется наиболее результативным.

На эти принципиальные особенности впервые указал основатель теории нечетких множеств и теории возможностей Л. Заде. В частности, для названных им «гуманистических» (включающих людей) систем он сформулировал так называемый принцип несовместимости, сущность которого примерно такова. Чем сложнее система, тем менее правдоподобны точные количественные предсказания ее будущего поведения; если же сложность системы превосходит некоторый пороговый уровень, то точность количественного прогноза и практический смысл становятся почти исключаящими друг друга характеристиками.

Подтверждением же воплощения принципа несовместимости применительно к сложным системам служит, в частности, отказ метеорологов от выдачи достоверных прогнозов погоды. В настоящее время они рассуждают примерно так: «Вообще-то точный прогноз на завтра дать можно, но для этого потребуется не менее недели непрерывных вычислений на ЭВМ». А вот предсказывать погоду на два месяца вперед они и не пытаются, поскольку это невозможно. Дело в том, что существует так называемый горизонт прогноза: чем глубже анализируется проблема, тем неопределеннее становится ее решение.

1.3. Обобщенная структура системного анализа и синтеза

Краткое знакомство с основными положениями общей теории систем и системной динамики позволяет обосновать выбор тех основных моделей и методов, которыми следует пользоваться не только при системном анализе интересующих нас (наиболее опасных) процессов в техносфере, но и в ходе синтеза системы обеспечения их безопасности. Дело в том, что к этому нас подготовил накопленный к настоящему времени опыт научных исследований, приведенные ниже обобщенные принципы применения системного подхода к рассматриваемым здесь проблемам.

1. При интерпретации объекта как системы I каждый элемент следует описывать не как таковой, а с учетом его места в системе.

2. Исследование системы необходимо проводить неотделимо от исследования окружающей ее среды.

3. Центральным моментом системного исследования должно быть изучение порождения свойств целого из свойств элементов и наоборот.

4. В системном исследовании следует стремиться устанавливать не только чисто причинные объяснения функционирования и развития объекта, но и их целесообразность.

5. Источник преобразований системы следует искать в ней самой; нередко он связан с ее самоорганизацией и самонастройкой.

6. Необходимыми частями системного исследования нужно считать выявление целостности объекта, изучение его внутренних и внешних связей, структуры и функций, определение системообразующих факторов, интегральных свойств и показателей.

Наиболее полно предъявленным требованиям удовлетворяет системно-целевой подход, названный «*system engineering*» (корректный перевод этого (и «*safety engineering*») терминов – «системная инженерия» и «инженерия безопасности») одним из основателей общей теории систем Л. Берталанфи. Такой подход базируется на основополагающих принципах общей теории систем и системной динамики, а также всеобщей теории управления (кибернетики) и теории самоорганизации и эволюции сложных систем (синергетики). Однако его сущность связана преимущественно с системным анализом и системным синтезом, широко используемыми при исследовании и совершенствовании больших и/или сложных систем, в том числе при разработке и реализации в техносфере крупных научно-технических проектов.

Учитывая отсутствие в настоящее время общепринятого толкования только что упомянутых категорий системного исследования, остановимся на их содержании подробнее. Начнем с того, что подчеркнем неразрывную связь и органическое единство системного анализа и системного синтеза как двух частей познания и преобразования мира.

В самом деле, изучая какой-либо сложный объект, мы его вначале нередко расчленяем, выделяя и рассматривая отдельные части, т. е. анализируем, а затем устанавливаем связи между зафиксированными сторонами этого объекта, т. е. синтезируем его интегральные свойства. Другими словами, если анализ делает известными отдельные признаки сложного объекта как целостного образования и свойства его частей как самостоятельных предметов, то их синтез уже систематизирует представления, добы-

тые в результате анализа. При этом именно анализ выделяет и рассматривает те отличительные признаки и отношения между компонентами объекта, в силу которых они могут считаться частью какого-то целостного образования, и которые, следовательно, являются существенными для синтеза.

Вот почему системный анализ полезен с точки зрения его способности выделять и рассматривать отличительные свойства, делающие их частью конкретной совокупности предметов, а системный синтез, в свою очередь, – для выделения этой совокупности как взаимодействующих компонентов некоторого целостного образования. Не зря же эти категории системного исследования объектов иногда правомерно соотносить с понятиями «часть» и «целое», уже упомянутыми при формулировании принципов общей теории систем.

Таким образом, под системным анализом здесь будет подразумеваться одно из направлений системного подхода к изучению больших и/или сложных систем, предполагающее мысленное расчленение сложного объекта (целого) для выявления его наиболее существенных частей – компонентов и свойств. Системным же синтезом следует считать второе направление системного подхода, концентрирующее внимание на органическом соединении различных частей рассматриваемого сложного объекта в единое, целостное образование, уже обладающее качественно новыми свойствами, включая и способность к самоорганизации путем усложнения и дифференциации.

Еще раз подчеркнем – только методология системного анализа и системного синтеза, а не механическое расчленение (редукционизм) и соединение каких-либо компонентов, влечет за собой проявление рассмотренных ранее принципов системности.

Необходимыми же для такого анализа и синтеза условиями следует считать:

а) практическую потребность либо теоретическую целесообразность;
б) разнородность взаимодействующих компонентов и/или дифференцированность окружающей их среды, способствующие их диссимиляции, а затем и ассимиляции в качественно новое и более сложное образование.

Иначе говоря, системный анализ и системный синтез – это такая форма исследования какого-либо целого и его частей, которая направлена на выявление в них совокупности системообразующих компонентов или свойств и устойчивых связей, необходимых для образования уже качественно нового объекта. При этом такие компоненты, свойства и связи

должны быть стабильными, т. е. сохраняться при внешних и внутренних возмущениях.

С онтологической точки зрения результаты системного анализа и системного синтеза могут рассматриваться как органическая совокупность элементов или их свойств, находящихся в отношениях реальной взаимосвязанности и временно видоизмененных. Именно такой подход, акцентирующий внимание соответственно на декомпозиции или искусственном расчленении сложных объектов на составные части, а затем на образовании или конструировании из этих частей нового целого, и будет использоваться в последующем.

Последнее утверждение позволит далее ограничиться лишь познавательной и моделирующей функциями системного анализа и системного синтеза сложных процессов в техносфере. Для определения эвристической ценности представляется достаточным охарактеризовать эти два этапа как движение к новым знаниям. А вот моделирующая функция должна проявляться в таких отношениях между существующими и конструируемыми объектами, которые будут сопровождаться появлением нового качества.

При этом моделирование путем системного анализа и синтеза или наоборот – системный анализ и синтез на основе моделирования дадут такую возможность конструирования сложных объектов, которая детерминирована конкретным целеполаганием и ожидаемыми результатами, а также их пригодностью к практическому использованию. Ярким примером подобного отношения к применению системного подхода в прогнозировании может служить зарождение новой области научного знания – глобального моделирования.

Сделанные выше пояснения позволяют дать следующее рабочее определение выбранному здесь научному методу. Системная инженерия – это междисциплинарный подход, в котором гармонично используются методы системного анализа и системного синтеза с целью выявления объективных закономерностей функционирования сложных объектов, а также учета их самых существенных факторов при последующем обосновании тех рекомендаций, реализация которых может способствовать повышению качества этих объектов.

Общая методология исследования и совершенствования больших и сложных систем методами системной инженерии базируется на их рассмотрении по таким аспектам:

а) системно-элементный, качественно и количественно характеризующий состав системы;

б) системно-структурный, концентрирующий внимание на способах связи и организации взаимодействия ее элементов;

в) системно-функциональный, учитывающий задачи основных компонентов системы;

г) системно-коммуникативный, рассматривающий ее вертикальные и горизонтальные связи с другими объектами;

д) системно-интегративный, определяющий факторы самосохранения и самосовершенствования сложной системы;

е) системно-исторический, выявляющий условия ее возникновения, развития и гибели.

Реализованное подобным образом представление исследуемого сложного объекта позволяет добиться успеха не только при его системном анализе, но и в процессе последующего системного синтеза. И если анализ непосредственно связан с моделированием, то синтез осуществляется уже путем поиска тех решений (эвристически или решением задач нахождения экстремума), которые могут быть положены в основу проектирования новой или улучшенной системы. Последовательно и кратко охарактеризуем самые основные шаги обобщенной процедуры практической реализации системной инженерии, на примере каждого из только что перечисленных этапов этого общенаучного метода познания и преобразования действительности.

Естественно, что начать это рассмотрение целесообразно с уяснения особенностей системного анализа и моделирования сложных объектов. Важность первого этапа связана с тем, что их практическое применение в системном исследовании интересующих нас процессов в техносфере позволит в последующем обеспечить удовлетворение таких важных требований, как: а) поиск ответа не только на традиционные вопросы типа «зачем», «почему», «как», но и «в какой очередности» они происходят; б) учет не всех а лишь наиболее существенных их факторов; в) возможность выявления основных закономерностей и прогнозирования соответствующих параметров с помощью моделей.

Уместность и конструктивность выбора моделирования в качестве основного аппарата системного анализа (да и системного синтеза тоже) рассматриваемых здесь сложных объектов и процессов обусловлены (в сравнении с альтернативными исследовательскими инструментариями – статистическим и экспериментальным) по меньшей мере, такими тремя аргументами:

а) статистический подход требует отлаженной системы сбора и обработки конкретной информации, а также малоэффективен в тех случаях,

когда отсутствуют данные, необходимые для оценки эффективности принципиально новых проектов, и затруднителен из-за невозможности учета всего опыта, накопленного в других сложных системах, – по причине их существенного различия;

б) экспериментальный же подход не обеспечивает требуемой оперативности выявления интересующих исследователя закономерностей и требует больших затрат на проведение натуральных испытаний; хуже того, он не может быть использован для опасных технологических процессов, поскольку это связано с угрозой здоровью людей, крупным ущербом материальным и природным ресурсам;

в) моделирование лишено части перечисленных недостатков, хотя и требует определенного времени – для подготовки высококвалифицированных специалистов, разработки моделей интересующих их процессов, а затем и для качественного и количественного анализа этих моделей.

Как показывает опыт исследования сложных систем [3–5], использование моделирования для системного анализа процессов в техносфере может оказаться вполне оправданным и плодотворным. В то же время не отрицается и применение статистического анализа и непосредственного экспериментирования, поскольку они могут использоваться как средство получения и обработки исходных данных, необходимых для моделирования либо проверки достоверности полученных с его помощью результатов.

Основная же особенность моделирования процесса функционирования конкретной системы и любого другого сложного объекта состоит в необходимости их одновременного представления сразу в трех подпространствах:

- 1) входы – множество воздействий на объект со стороны внешней среды;
- 2) состояния – совокупность его внутренних свойств, определяющих (совместно со входами) выходные реакции объекта;
- 3) выходы – множество возможных откликов моделируемого объекта.

Соответствующие параметры всех этих пространств в общем случае считаются факторами, изменяющимися во времени.

Естественно, что формализованное представление моделируемых таким образом категорий (объектов, явлений и процессов) предполагает их интерпретацию в виде систем. Текущее же состояние конкретной системы должно представляться векторами в каждом из только что перечисленных пространств, а процесс ее функционирования – движением конца результирующего вектора по некоторой траектории. Эту траекторию лучше всего представлять в виде совокупности уже упомянутых выше годографов.

Вторым (после системного анализа) обобщенным этапом исследования и совершенствования сложных объектов с помощью инструментария системной инженерии является системный синтез. Считается, что процедура его практического использования основывается на обосновании и реализации оптимальных (наилучших в некотором смысле) или рациональных решений, а основными подходами по их отысканию служат эвристический поиск и нахождение экстремума методами математического анализа или математического программирования. Кратко охарактеризуем особенности и области применения каждого из этих двух подходов.

С определенной условностью, все эвристические приемы поиска искомых решений могут быть разделены на интуитивные приемы, дедуктивные и индуктивные. Принципиальным отличием приемов первого типа является то, что полученные с их помощью результаты не всегда подлежат обоснованию в том смысле, как это принято в формальной логике, а потому и не могут быть воспроизведены или объективно проверены другими лицами. Напротив, два других способа принятия решений тесно связаны с соответствующими логическими методами построения умозаключений. В частности, дедуктивный метод использует в качестве исходных посылок общепринятые закономерности, а следствий – их проявление в конкретных условиях. Индуктивный же метод базируется на полном или упорядоченном переборе всех тех вариантов искомого решения, которые не противоречат объективно действующим законам природы.

Если же провести инвентаризацию известных ныне эвристических приемов, то оказывается, что их чуть ли не дюжина [6]. В самом деле, это аналогия и имитация, призванные пополнить недостающую информацию; адаптация и повышение разнообразия во имя повышения живучести проектируемого объекта; агрегирование, детерминация, декомпозиция, линеаризация и унификация – для упрощения исследуемой ситуации; ранжирование и оптимизация, направленные на компенсацию какой-либо неопределенности, и т. п.

Что касается методики поиска экстремальных (наименьших и наибольших) количественных результатов решения оптимизационных задач, то она довольно подробно описана в соответствующих учебниках по высшей математике (математический анализ) и ее прикладным разделам (линейное, нелинейное и другие виды математического программирования). Естественно, что здесь не имеет смысла воспроизводить эту методику полностью, хотя некоторые ее моменты и будут изложены ниже – перед решением конкретных задач.

В целом же обобщенная процедура совместного применения методов системного анализа и синтеза сложных объектов может быть представлена так, как это сделано, например, на рис. 1.3.

Подчеркнем совпадение структуры (см. рис. 1.3) с известной формулой трехэтажного познания и преобразования действительности: «от живого созерцания – к абстрактному мышлению – и от них к практике». Однако эта диаграмма более содержательна, так как включает в себе элементы так называемой гибкой системной методологии. Именно такая методология может оказаться конструктивной для системного анализа и системного синтеза тех рассматриваемых ниже человеко-машинных систем и процессов в техносфере, которые относятся к классу плохо структурируемых.

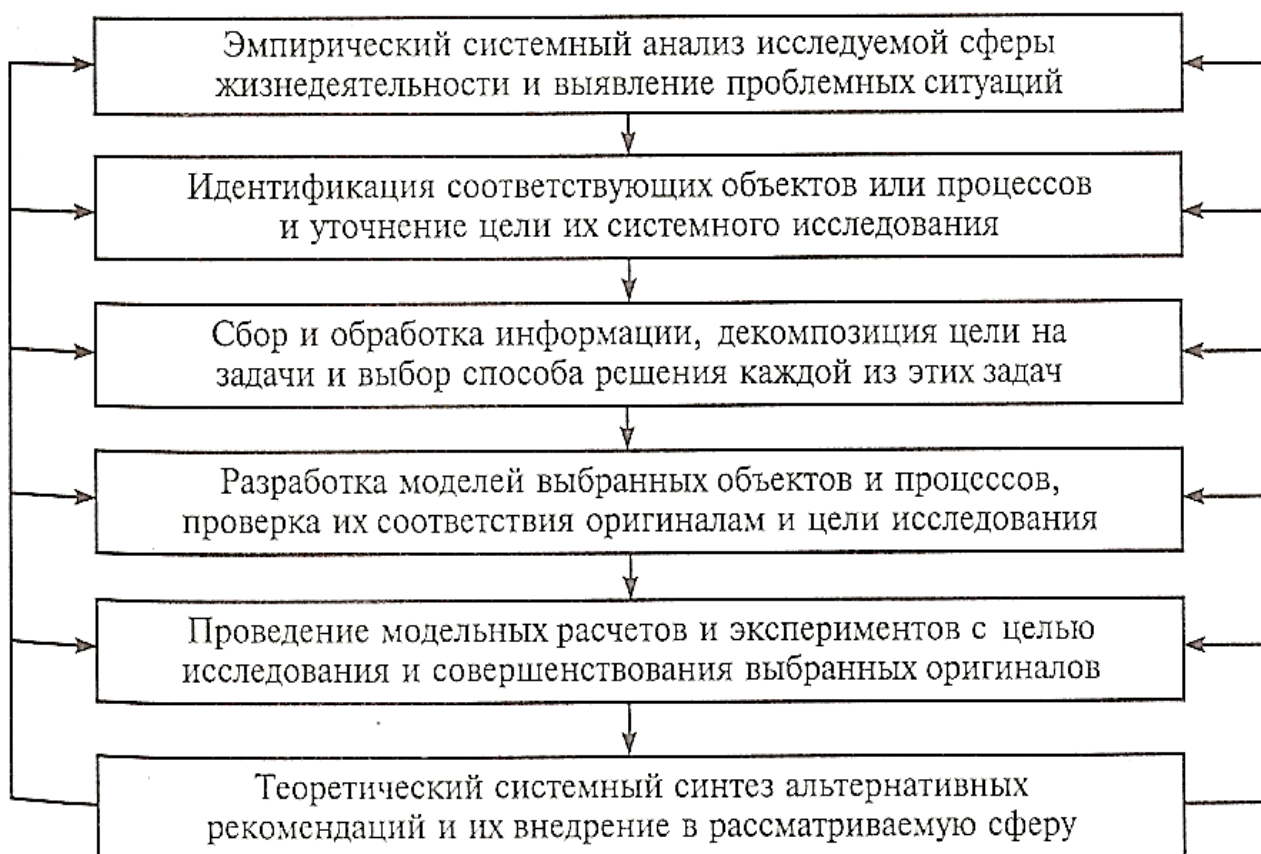


Рис. 1.3. Основные этапы системного анализа и системного синтеза

Обратим внимание на ряд дополнительных трудностей, сопутствующих системному анализу и системному синтезу процессов и явлений в таких сложных объектах, как рассматриваемые человеко-машинные системы, не говоря уже о техносфере в целом.

1. Во-первых, это большое число факторов, реально влияющих на человеко-машинную систему. С некоторым преувеличением можно утверждать, что на процесс ее функционирования влияет буквально все или

почти все. Действительно, ведь то, что влияет на человека, машину и окружающую их среду, влияет также и на совокупные свойства всей этой системы.

2. Во-вторых, это дефицит или низкое качество имеющейся ныне информации, что делает ее зачастую непригодной для моделирования. Указанные причины обусловлены дефицитом моделей, позволяющих сформулировать требования к составу и параметрам оперируемых ими исходных данных. Если же нет спроса, то нет и целенаправленной работы по накоплению подобной информации.

3. Наконец, это «букет» неопределенностей, затрудняющих моделирование и принятие решений, основанных на его результатах. Речь идет о таких видах неопределенности, как: а) объективная, связанная со случайностью процессов в рассматриваемых здесь сложных объектах; б) стратегическая, порожденная непредсказуемостью действий других подобных систем; в) гносеологическая, связанная с нечеткостью представления учитываемых факторов.

Однако перечисленные особенности выбранного здесь объекта, предмета и метода исследования не должны истолковываться как препятствие на пути к моделированию рассматриваемых процессов. Скорее, наоборот: осознание и своевременный учет подобной специфики сделают предложенные здесь модели и методы более корректными, а значит, и абсолютно необходимыми для всестороннего исследования и совершенствования исследуемых здесь сложных процессов в техносфере.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое система и из чего она состоит?
2. Существуют ли в природе системы как таковые?
3. Что называют структурой и морфологией системы?
4. Какие основные признаки используются для классификации систем?
5. Какие примеры закрытой и изолированной систем вы можете привести?
6. В чем состоят принципиальные отличия между сложными и простыми системами?
7. Какой (гомогенной или гетерогенной) системой является фабрика?
8. Почему система может находиться в сравнительно небольшом числе состояний?
9. Можно ли по внешнему виду судить о предназначении системы?
10. Почему люди объединяются в малые и большие группы?

11. Какое содержание имеет термин «эмерджентность»?
12. Какие выводы следует сделать из принципа, утверждающего то, что причиной большинства проблем является сама система?
13. В чем проявляется сущность «принципа несовместимости» для сложных и больших систем?
14. Как называется выбранный здесь метод системного исследования и совершенствования сложных объектов и процессов?
15. Какие связи существуют между системной инженерией, системным анализом и системным синтезом?
16. Как соотносятся между собой системный анализ и моделирование?
17. Какие существуют основные способы поиска оптимальных и рациональных решений, реализующих системный синтез?
18. Что представляет собой эвристика и каково ее место в системном синтезе?
19. В чем состоит отличие между эвристическими, дедуктивными и индуктивными решениями?
20. Что означает «гибкая системная методология», и какова ее связь с известной формулой познания и преобразования действительности?

ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ

Содержание данной главы связано с формулированием концепции объективно существующих опасностей и обоснованием на ее основе совокупности тех базовых категорий, методов и принципов, которые необходимы для системного анализа и синтеза техносферной безопасности. Уяснение данных положений необходимо также и для их последующего использования в качестве методологической основы моделирования рассматриваемых процессов.

2.1. Основные противоречия и проблемы современности

В соответствии с рекомендациями системного подхода к исследованию техносферы изложение методологических основ целесообразно начать с проблемно-ориентированного анализа современной ситуации в биосфере. Данная система является как бы ближним окружением техносферы, а имеющиеся в ней противоречия и проблемы оказывают самое существенное влияние на интересующие нас процессы. Вот почему без проведения такого анализа невозможно выявить соответствующие угрозы, а значит, и выработать адекватные им рекомендации.

Уникальность ситуации, сложившейся на рубеже тысячелетий, непосредственно обусловлена тем, что ее можно охарактеризовать эволюционным кризисом человечества как биологического вида. Даже факт появления *Homo sapiens*, способного погубить не только себя, но и остальную природу, расценивается некоторыми мыслителями, например Г. Кестлером, как «ошибка» самого процесса ее эволюции. Такой кризис проявился в виде целого «букета» крайне неблагоприятных тенденций и невиданных

прежде глобальных проблем, которые (с определенной условностью) могут быть разделены, например, на внешние и внутренние.

К внешнему уровню следует отнести загрязнение окружающей людей природной среды продуктами их жизнедеятельности (прежде всего химическими и радиоактивными веществами); разрастание озоновых дыр, подвергающих биосферу земли губительному воздействию коротковолновой части спектра солнечной радиации; усиление «парникового эффекта», вызванного изменением естественного состава атмосферы и приводящего к повышению температуры приземного воздуха.

К внутреннему уровню глобальных проблем можно отнести: демографическую; энергетическую и продовольственную катастрофы; неразрешимые противоречия между репродуктивными возможностями природы и человека; интересами нынешнего и будущих поколений людей; развитыми странами и остальным мировым сообществом.

Наиболее показателен в этом смысле разрыв между качеством жизни 20 % наиболее богатых жителей Земли и 20 % самых бедных. Это соотношение (по данным ООН) выросло с 30 : 1 в 1960 г., до 60 : 1 в 1990 г., а к концу прошлого века достигло уже значения 74 : 1.

Перечисленные выше глобальные тенденции, противоречия и проблемы, конечно же, могут быть подвергнуты дальнейшей детализации и конкретизации. Однако и только что приведенного материала вполне достаточно для того, чтобы говорить о надвигающейся на население планеты тотальной экологической катастрофе. Она может привести к гибели подавляющей части биоты Земли, включая всех людей. Под биотой в настоящее время принято понимать все живое нашей планеты, т. е. флору и фауну, размещенные в литосфере и гидросфере Земли, а все остальное называют «абиотой». Основными индикаторами такой катастрофы можно считать следующие предпосылки:

1) переход частично возобновляемых природных ресурсов (пресная вода, флора и фауна) в не возобновляемые и ослабление естественных биогеохимических круговоротов веществ;

2) катастрофическое состояние почвенного покрова нашей планеты и ее способности к пополнению запасов чистой воды;

3) истощение репродуктивного потенциала биоты, а также ее возможности по регулированию содержания кислорода в атмосфере и гидросфере Земли;

4) психоинформационный шок и технологическая готовность человечества к самоуничтожению накопленными запасами оружия и промышленными вредными веществами;

5) эндоэкологическое отравление межклеточной среды живых организмов и лавинообразная мутация их геномов.

Отмеченные тенденции и противоречия требуют не только обсуждения, но и принципиального подхода к постановке и решению соответствующих экобиосферных проблем. Такую ответственную позицию разделяют ныне многие отечественные и иностранные ученые. Одним из их представителей всегда был наш великий современник академик Н. Н. Моисеев, назвавший свою последнюю книгу «Быть или не быть ...человечеству».

Продemonстрируем обоснованность подобных тревог о приближающейся тотальной экологической катастрофе путем рассмотрения всего лишь двух конкретных ситуаций.

Первая ситуация касается упомянутой выше мутации геномов эукариот биоты вследствие эндоэкологического отравления их межклеточной жидкости. Его причина состоит в постепенном накоплении живыми организмами широко используемых сейчас вредных веществ – тяжелых металлов, радионуклидов и химических токсинов.

Наиболее катастрофичен так называемый критический порог отравления межклеточной среды, после преодоления, которого пойдет лавинно-необратимый процесс гибели всего живого. Он может начаться, скорее всего, уже в ближайшие десятилетия, и, по-видимому, проявится в виде массовых, неизлечимых заболеваний таких представителей морской фауны, как рыбы и моллюсков. На поверхности же Земли следствием подобного отравления станет еще больший рост дебильности, инвалидности и уродства, уже наблюдаемый в последнее время среди значительной части детей и животных.

Рассмотренная здесь проблема, конечно же, крайне актуальна для ряда регионов России, поскольку некоторые их территории уже давно отнесены к категории типа «зона экологического бедствия». Более подробные сведения о таких зонах и здоровье проживающего в них населения можно найти в ежегодных «Государственных докладах РФ» о состоянии здоровья населения, – состоянии окружающей природной среды и санитарно-эпидемиологической обстановке.

Вторая ситуация связана с основным противоречием современной эпохи – несоответствием между потребностями все растущего человечества и возможностями непрерывно скудеющей родной среды по их удовлетворению. Напомним, что его причина – нежелание одних государств, прежде всего стран Северной Америки и Западной Европы, сократить уровень потребления невозобновляемых и частично возобновляемых природ-

ных ресурсов, а других (страны Азии и Африки) – темпы прироста их населения.

Убедительным свидетельством обострения данного противоречия в период с 1950 по 2000 г. служат данные, касающиеся прироста таких показателей, как численность народонаселения планеты – 2,4 раза; валовой подушный глобальный продукт – 2,3 раза; объем добычи энергоресурсов: угля – 2 и нефти – 8 раз. Одновременно с этим резко увеличилась температура приземного воздуха (градусы Цельсия) и концентрация углекислого газа в атмосфере – на 5,5 и 16 % соответственно. А вот содержание азота, озона и кислорода в верхних слоях атмосферы за этот период снизилось на еще большую величину – 30...50 %.

Как показывают некоторые недавно опубликованные сведения, площадь пахотных земель, приходящихся на одного человека, уменьшилась за последние 50 лет в два раза и составляет ныне всего 0,12 га. Производство же зерна в этот период выросло всего лишь в 1,25 раза. При этом с 1980 г. зарегистрирован устойчивый спад орошаемых сельхозугодий планеты – по причине дефицита пресной воды, а с 1985 г. – и объема выращиваемых зернобобовых культур.

При такой тенденции в развитии землепользования, по мнению некоторых ученых, площадь сельхозугодий Земли может «обнулиться» уже к 2025 г. Для того же, чтобы обеспечить голодающую ныне часть населения планеты питанием, хотя бы на уровне физиологических норм, к 2025 г. надо удвоить объем сельхозпродукции, а к 2050 г. – утроить, что абсолютно не реально. Еще более наивно надеяться на выравнивание качества жизни народов: для подъема благосостояния 80 % бедных жителей планеты до уровня жизни 20 % богатых потребовался бы 20-кратный рост потребления ресурсов сегодня и 40-кратный – в 2030 г.

Заметим также, что положение с добычей морепродуктов в последние годы стало еще более удручающим.

Нетрудно догадаться, что одной из основных причин сложившейся ныне ситуации в биосфере стало губительное влияние на нее техносферы, в том числе непрерывно наблюдаемый там рост аварийности. Как свидетельствует статистика, только за последние 20 лет XX в. ее доля составила 56 %, а в одни лишь 80-е гг. – 33 % от наиболее крупных происшествий в промышленности и на транспорте. Самые известные из них произошли в Севезо (Италия), Фликсборо (Великобритания), Базеле (Швейцария), Хамме (ФРГ), Три-Майл Айленде (США), Бхопале (Индия) и Чернобыле (СССР).

Считается, что ущерб от аварийности и травматизма достигает 10...15 % от валового национального продукта промышленно развитых государств, а экологическое загрязнение окружающей 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 вследствие технологических причин приближается в России к 400 тыс., составляя одну треть от общей смертности трудоспособного населения, или 14 % от общей смертности населения страны.

Представляется уместным воскресить в памяти некоторые из последних и в то же время, пожалуй, самых крупных катастроф, связанных с низким уровнем безопасности техносферы. Прежде всего, это чернобыльская трагедия с немедленной гибелью десятков человек и сотнями тысяч впоследствии, с многомиллиардными экономическими издержками и практически непредсказуемыми генетическими и экологическими последствиями. Это катастрофа в Бхопале с практически мгновенной гибелью уже 3500 чел. и последующими заболеваниями нескольких сотен тысяч. Наконец, это череда транспортных катастроф, начиная от космического корабля многоразового использования «Челенджер», морских плав средств – паромов «Империял Энтэрпрайз» и «Эстония», пароходов «Александр Суворов», «Адмирал Нахимов», железнодорожных происшествий в Арзамасе, Бологое, Свердловске, Ярославле, под Уфой, и заканчивая многочисленными авиационными катастрофами.

Только что обозначенные биосферные и техносферные проблемы не только подтверждают наличие объективных противоречий, но и 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 людей стала так актуальна в последнее время. Ведь, казалось бы, есть полный набор объективно существующих факторов, исключаящих, например, появление несчастных случаев с людьми на производстве и вне его или заметно ослабляющих их тяжесть.

В самом деле, 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 ситуации. В этих условиях, казалось бы, не должно быть проблемы: руководствуйся инстинктами и рефлексамми, в том числе приобретенными; выполняй требования руководящих документов по безопасности; пользуйся средствами индивидуальной и групповой защиты.

Однако приведенные примеры и 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 происшествий с только лишь материальным ущербом, не желали случившегося в подавляющем большинстве случаев.

Так же трудно списать все и на Его Величество Случай. Причина, скорее всего, в конкретных для каждого случая обстоятельствах.

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 аварийности и травматизма может быть использован в последующем как эмпирическая основа для уточнения концепции объективно существующих опасностей, выбора объекта исследования и обоснования соответствующих им методов исследования и совершенствования безопасности.

2.2. Причины и факторы аварийности и травматизма

С развитием технологических процессов и производственного оборудования совершенствовались и способы предупреждения происшествий в техносфере. Сейчас, когда накоплены определенный опыт исследований и данные об имевших место происшествиях, уже можно подвести некоторые итоги и выявить причины, без устранения которых невозможно дальнейшее развитие системы обеспечения производственно-экологической безопасности. Необходимым условием успешного решения этой задачи является детальное изучение имеющихся статистических данных.

Наиболее объективными показателями, применяемыми в настоящее время для статистической оценки уровня безопасности конкретной отрасли 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 математического ожидания числа происшествий на достаточно представительной выборке рассматриваемых здесь технологических объектов – и величины среднего социально-экономического ущерба от их появления – X на конкретном интервале времени показана на рис. 2.1. «Сглаживание» статистической кривой изменения среднегодового количества происшествий, проведенное методом наименьших квадратов, позволило установить характер регрессионной зависимости, которая имеет следующий вид:

$$X_j = 1 + 4e^{-0,3j},$$

где $j = 0, 1, 2, \dots$ – время функционирования выбранных технологических объектов, в годах.

Как это подтверждается рис. 2.1, 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 X_j, 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 объектах.

Для выявления закономерностей во времени возникновения происшествий внутри календарного года данные об аварийности и травматизме на рассматриваемой выборке объектов представлены в виде потока событий-происшествий. Графически это изображено на рис. 2.2 путем наложения моментов времени их появления по конкретным месяцам каждого года рассматриваемого периода.



Рис. 2.1. Динамика аварийности и травматизма

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

В процессе анализа имеющихся статистических данных были выявлены также основные источники опасных и вредных производственных факторов. Изучение причин и обстоятельств рассматриваемых происшествий показало, что среди используемых в настоящее время видов энергии наибольшую опасность представляют энергия электрического тока, кинетическая энергия движущихся машин и механизмов, термомеханическая энергия твердых, жидких и газообразных веществ.

При отыскании закономерностей в условиях появления происшествий на исследуемых объектах изучено в общей сложности несколько сотен повторяющихся в той или иной мере обстоятельств, способствующих аварийности и травматизму при проведении технологических процессов. 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 происшествия.

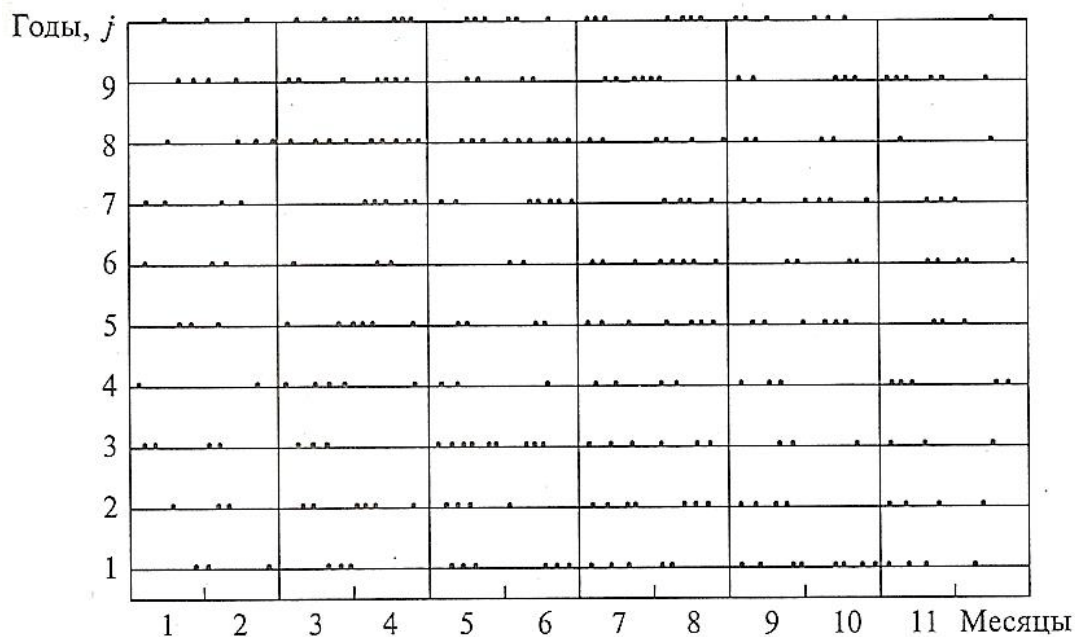


Рис. 2.2. Появления происшествий во времени

Наиболее типичной причинной цепью оказалась последовательность событий-предпосылок следующего вида: а) ошибка человека и/или отказ технологического оборудования и/или неблагоприятное для них внешнее воздействие; б) появление опасного фактора в неожиданном месте и/или не вовремя; в) неисправность либо отсутствие средств защиты и/или неточные действия персонала либо посторонних лиц в этой ситуации; г) воздействие опасных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудования, людей, окружающую их среду.

Диаграмма исходных предпосылок, служащих как бы инициаторами причинных цепей техногенного происшествия представлена на рис. 2.3.

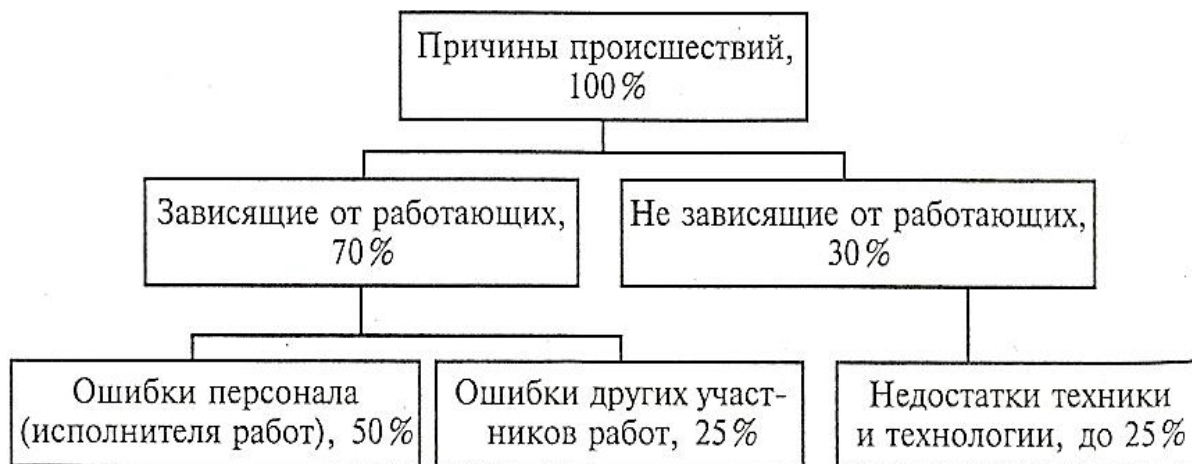


Рис. 2.3. Распределение исходных предпосылок к происшествиям

Более пристальное изучение обстоятельств исследуемых здесь техногенных происшествий с целью выявления их первопричин позволило установить дополнительные факторы и их отношение с основными компонентами системы «человек – машина – среда». Состав и распределение таких факторов представлены на рис. 2.4.

Как следует из данной диаграммы, дополнительными факторами аварийности и травматизма являются:

а) недостаточная надежность и эргономичность отдельных образцов технологического оборудования;

б) несовершенство отбора и профессиональной подготовки эксплуатирующего его персонала;

в) низкое качество технологии и организации выполнения работ, приводящие к необходимости пребывания людей в потенциально опасных зонах;

г) факторы, связанные с дискомфортом условий проведения работ. Большинство из этих факторов не всегда приводили к возникновению происшествий, но значительно усложняли условия выполнения работ за счет строгой регламентации технологии, необходимости соблюдения многочисленных мероприятий по обеспечению безопасности, способствуя тем самым росту напряженности труда и связанных с этим ошибок.

Среди факторов, непосредственно способствующих аварийности и травматизму (см. рис. 2.4), выделились слабые практические навыки персонала в не стандартных или сложных ситуациях, неумение правильно оценивать информацию о состоянии протекающих с его участием процессов, низкое качество конструкции рабочих мест, недостаточная в ряде случаев технологическая дисциплинированность непосредственно работающих на технике.

В целом же анализ статистических данных о происшествиях в техно-сфере выявил следующие закономерности, причины, факторы аварийности и травматизма:

а) аварийность и травматизм при массовом проведении технологических процессов можно (с приемлемым уровнем доверия) интерпретировать как потоки случайных событий, количество которых на ограниченных интервалах времени распределено по закону Пуассона, а время между появлением отдельных происшествий – по экспоненциальному закону;

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

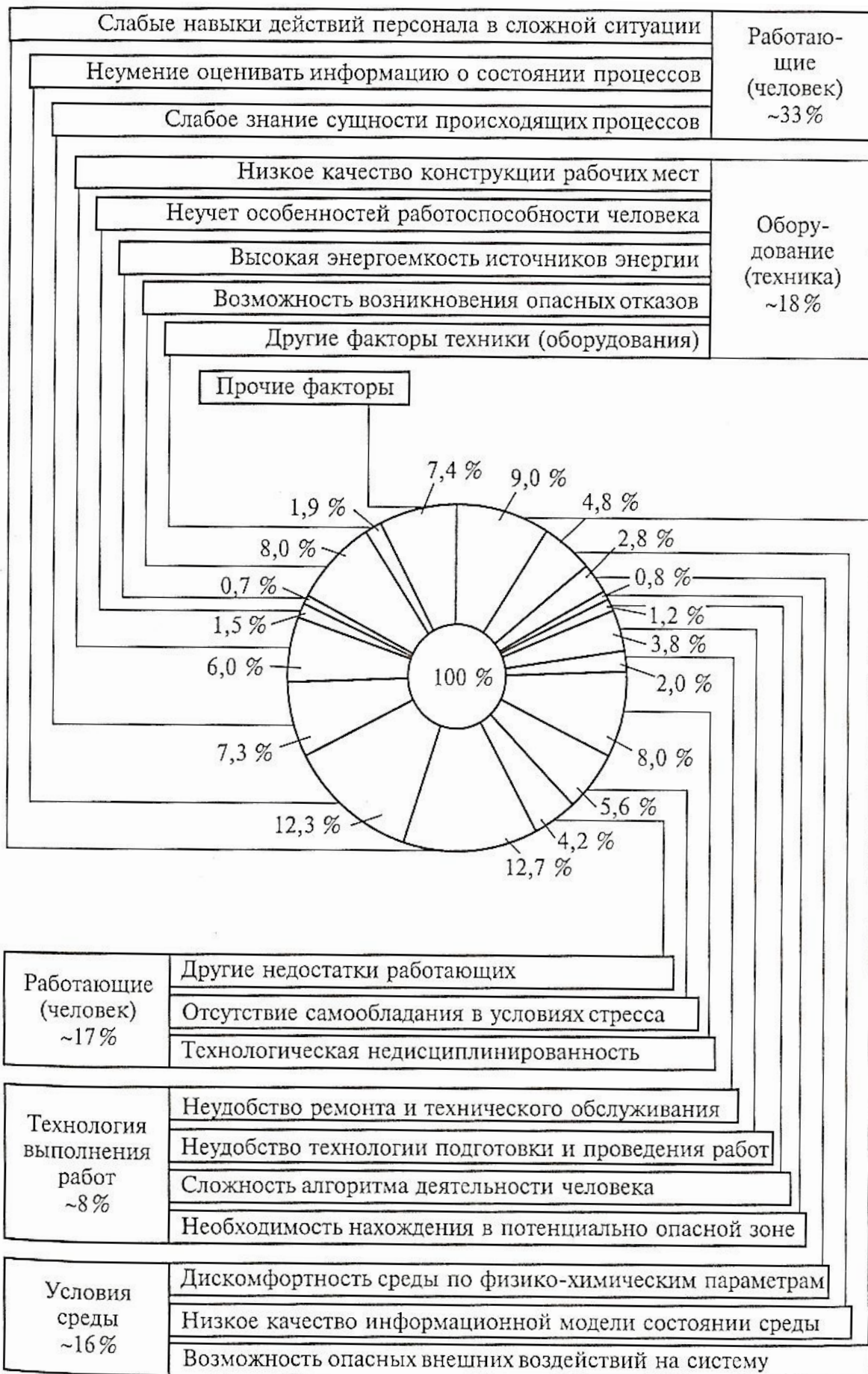


Рис. 2.4. Диаграмма факторов аварийности и травматизма

в) инициаторами причинных цепей происшествий в техносфере служат либо ошибки людей, обусловленные 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 полученные в процессе анализа имевшихся данных представления о закономерностях, условиях и причинах возникновения происшествий совпадают в основном с другими известными результатами [7–9] 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 сопротивления 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 катастроф последнего времени. Так, чернобыльская трагедия стала возможной вследствие наложения ряда причин: несанкционированных действий персонала, несовершенства принципиальной схемы и конструктивного исполнения АЭС, некачественной технологии испытаний турбогенератора. Катастрофа в Бхопале также случилась вследствие цепи предпосылок, состоящих из несанкционированных действий (подачи в реактор воды вместо газообразного реагента), вывода из строя (отключения) средств сигнализации о загрязнении воздуха рабочей зоны предприятия и неисправности (ремонта) устройств нейтрализации вредных выбросов.

Есть и другие примеры, подтверждающие только что сделанные выводы. Однако и уже выявленных закономерностей достаточно для того, чтобы сформулировать некоторые аргументированные представления о природе объективно существующих техносферных и биосферных опасностей.

2.3. Энергоэнтропийная концепция опасностей

Решение проблем производственно-экологической безопасности невозможно без принятия единой научно обоснованной методологии, созданной на объективных представлениях о природе, факторах и закономерностях аварийности и травматизма в техносфере. Такая методология должна обосновать выбор объекта, предмета и основных методов исследования и совершенствования безопасности производственных и технологических процессов. Более того, она может стать специфичным инструментарием познания и преобразования действительности в других сферах человеческой жизнедеятельности.

Считается также, что принимаемая методология должна 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 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 ранее в процессе знакомства с рассматриваемой проблемой. 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 противодействию им 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, т. к. связана с проведением технологических процессов, а последние – с энергопотреблением (выработкой, хранением, преобразованием тепловой, механической, электрической, химической и другой энергии).

2. Техногенная опасность проявляется в результате несанкционированного или неуправляемого выхода энергии, накопленной в технологическом оборудовании и вредных веществах, непосредственно в самих работающих, во внешней относительно их и техники среде.

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

4. Возникновение техногенных происшествий является следствием появления причинной цепи предпосылок, приводящих к потере управления технологическим процессом, несанкционированному высвобождению используемой при этом энергии (рассеиванию вредных веществ) и их разрушительному воздействию на людей, объекты производственного оборудования и природной среды.

5. Инициаторами и звеньями причинной цепи каждого такого происшествия являются ошибочные и несанкционированные действия работающих, неисправности и отказы технологического оборудования, а также неблагоприятное влияние на них внешних факторов.

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

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

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.

Сущность только что сформулированной концепции проиллюстрирована на рис. 2.5, а ее правомерность обусловлена, прежде всего, эмпирическим характером сделанных выше утверждений. Это объясняется тем, что опыт (корректная статистика) есть результат проявления объективно существующих факторов. Думается, что читателю уже знакомы достоверные факты, которые не противоречат изложенной здесь энергоэнтропийной концепции.



Рис. 2.5. Иллюстрация природы опасностей

Другим аргументом, подтверждающим справедливость только что сформулированной концепции, является ее непротиворечивость фундаментальным законам *энтропии*, в частности ее объективному стремлению к самопроизвольному росту в условиях техносферы. Согласно второму началу термодинамики, например, получение синтетических веществ и химически чистых элементов, выработка и аккумуляция энергии, очистка и обогащение природных материалов являются «противозаконными», т. к. влекут за собой снижение энтропии. Вот почему большое число технологических процессов, включая транспортировку материальных ресурсов, являются потенциально опасными, поскольку содержат в себе неестественные с точки зрения энтропии преобразования.

Учитывая необходимость в более тщательной проверке принятой здесь концепции, поясним последнюю особенность исследуемых процессов подробнее. Для этого напомним, что законы энтропии обычно играют как бы роль бухгалтера природы, следящего за балансом количества энергии (первый), и диспетчера, указывающего направление соответствующих преобразований (второй). Более того, они предписывают и конечный ре-

зультат 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 *эксэргии* – той свободной части энергии, которая способна к дальнейшим превращениям. В силу этого каждая предоставленная самой себе система неминуемо переходит в состояние с максимальной энтропией, характеризующееся отсутствием энергетических потенциалов – такое равновесное состояние, которое соответствует наибольшей степени дезорганизации.

Вот почему любые попытки вывести систему из таких 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: поиск внутренней структуры и организованности вещей, выяснение закономерностей появления и предупреждения событий, создание моделей объектов и процессов, конструирование новых образцов технологического оборудования. Рассматриваемая деятельность человека требует интеллектуальных усилий, вызванных необходимостью преодоления «стремления природы к сокрытию своих тайн», а поэтому сопровождается усталостью или перенапряжением анализаторов человека, возможностью ухудшения состояния его здоровья в результате профессиональных заболеваний.

С учетом сделанных замечаний энергоэнтропийная концепция может быть обобщена с целью описания не только техногенных происшествий, но и остальных неблагоприятных событий, происходящих в других средах обитания человека.

Для этого необходимо скорректировать сделанные выше утверждения на предмет замены энергии энтропией, а опасности – вредностью. Например:

- в первом утверждении необходимо слово «опасна» поменять на «вредна», а всю его оставшуюся часть, начиная со слова «энергопотребление» – на «понижение энтропии и получение различных видов информации»;

- во втором – сменить слово «опасность» на «вредность», а выражение «несанкционированного и неуправляемого выхода энергии...» на «постепенного расходования той части свободной энергии, которая накоплена в технологическом ...»;
- в третьем – перейти от всей фразы «несанкционированный или неуправляемый выход энергии» к фразе «несвоевременный рост энтропии организма человека и других биологических особей может сопровождаться увеличением их заболеваемости, повышенной смертностью и сокращением естественного разнообразия природы».

Если продолжить подобные дальнейшие обобщения, то можно формулировать более общую концепцию, касающуюся уже природы всех объективно существующих опасностей не только в техносфере, но и в повседневной жизнедеятельности человека.

Приведенные выше соображения подтверждают правомерность энергоэнтропийной концепции, раскрывающей природу объективно существующих опасностей и позволяющей дать их наиболее общую *классификацию*. Действительно, исходя из неадекватности потоков энергии, вещества и информации, все опасности можно делить на следующие три 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 умышленным сокрытием и/или искажением информации.

2.4. Основные понятия и определения

В соответствии с предложенной выше энергоэнтропийной концепцией представляется также возможным конкретизировать смысл тех базовых категорий и понятий, которые потребуются в последующем системном анализе и моделировании процессов 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 из-

менчивость, взаимосвязанность с другими понятиями, краткость и недопустимость тавтологии.

Вот почему логично утверждать, что *объектом* системного анализа синтеза и моделирования рассматриваемых процессов в техносфере должна быть система «человек – машина – среда», а *предметом* (основным содержанием соответствующей деятельности) объективные закономерности возникновения и предупреждения техногенных происшествий при ее функционировании.

Обоснованность выбора человеко-машинной системы в качестве объекта исследования аргументирована следующими доводами:

- а) она включает в себя и источник опасности (обычно машина), и потенциальную жертву (чаще всего – человек);
- б) ее функционирование есть эксплуатация людьми техники в определенной среде (безлюдные и не использующие технику процессы являются частным случаем);
- в) в этой системе содержатся носители всех типов предпосылок к техногенным происшествиям – ошибок человека, отказов техники и неблагоприятных воздействий на них со стороны окружающей среды.

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 этой среды и принятой технологии, 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 анализе и моделировании техносферных процессов, должна быть система «человек – машина – среда». Следует особо подчеркнуть, что именно система, представляющая совокупность взаимодействующих между собой 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 основополагающих принципов теории систем и системной динамики.

В самом общем виде *модель* такого объекта исследования представлена на рис. 2.6, который включает в себя технологическое оборудование (машину – М), эксплуатирующий ее персонал (человека – Ч), рабочую среду (среду – С), взаимодействующих между собой по заданной техноло-

гии и установленной организации работ (технология – Т). Кроме перечисленных основных компонентов системы, ее модель включает также связи между ними и окружающей систему средой. Эти связи изображены на рисунке в виде стрелок, а границы, отделяющие рассматриваемую человеко-машинную систему от внешней среды, очерчены пунктиром.

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 функционирования). Названные состояния и векторные характеристики определяются структурой системы, включающей вышеперечисленные элементы с их взаимосвязями, которые рассматриваются переменными во времени и в совокупности задают соответствующее факторное пространство.

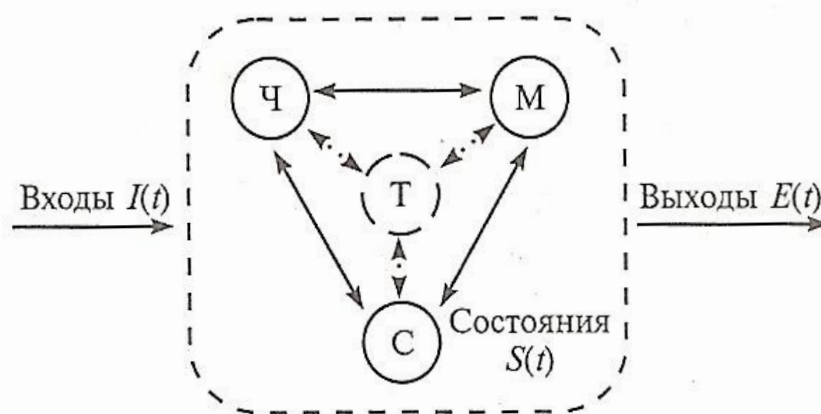


Рис. 2.6. Модель объекта исследования и совершенствования

Для уяснения сущности интересующих нас процессов в техносфере их удобно декомпозировать в виде последовательности соответствующих операций. При этом под такой *операцией* следует подразумевать выполнение однородных по предназначению действий, необходимых для получения определенного результата на конкретном этапе выполнения производственного или технологического процесса. Следовательно, осуществляемое по заданной технологии функционирование отдельно взятой человеко-машинной системы может рассматриваться как процесс выполнения конкретной операции.

Только что сделанная декомпозиция позволяет уточнить содержание основных компонентов выбранного здесь объекта системного анализа и моделирования. В качестве «человека» в последующем будет подразу-

меваться персонал непосредственно занятый выполнением работ, «машины» – технологическое оборудование, часто с предметами 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 безопасности.

Внешней (для конкретной человеко-машинной системы) средой является та среда, что непосредственно не входит в нее, но может влиять на процесс функционирования системы или изменяться под его воздействием. К внешней среде будем относить органы снабжения и управления, другие силы и средства, а также окружающие систему природные условия. Необходимость выделения из окружающей системы среды, так называемого ближнего и дальнего окружения (рабочей и внешней среды), обусловлена различной степенью их влияния на функционирование «человека» и «машины».

При обосновании основополагающих категорий рассматриваемой безопасности будем исходить из интерпретации опасности как возможности причинения ущерба человеко-машинной системе или внешней по отношению к ней среде. Учитывая, что понятие опасности является одним из фундаментальных и наиболее сложных, т. к. содержит в себе другие нечетко определенные термины, приведем рабочие определения этой категории и некоторых других, связанных с ней понятий:

- *опасность* техногенно-производственная – наблюдаемое в процессе функционирования человеко-машинных систем их свойство представлять реально предсказуемую возможность причинения ущерба;
- *риск* – мера опасности, характеризующая как возможность возникновения ущерба, так и его вероятные размеры;
- *ущерб* техногенный – мера или результат такого изменения состояния системы «человек – машина – среда», которая характеризуется утратой целостности или других свойств ее компонентов и внешней среды. Из-за появления техногенных происшествий либо вредного влияния неизбежных энергетических (тепло, шум ...) и материальных (сажа, шлаки ...) выбросов;
- *происшествие* – событие, состоящее в воздействии опасности на компоненты системы «человек – машина – среда» и повлекшее за собой какой-либо ущерб;

- *катастрофа* – происшествие с гибелью людей и иным крупным ущербом;
- *авария и несчастный случай* – происшествия соответственно с материальным ущербом и хотя бы временной утратой человеком трудоспособности.

Наконец, с учетом всего приведенного выше, может быть сформулировано определение собственно безопасности, под которой в последующем будет подразумеваться свойство человеко-машинных систем сохранять при функционировании в заданных условиях такое состояние, при котором достаточно с высокой *вероятностью* исключаются происшествия, обусловленные воздействием техногенно-производственной опасности на незащищенные компоненты этих систем и внешней для них среды, а ущерб от неизбежных энергетических и вредных материальных выбросов не превышает *допустимого* уровня.

Попутно заметим, что состояние реальных систем и процессов определяется обычно совокупностью их свойств в конкретном проявлении на данный момент. Следовательно, и опасность, и безопасность могут также интерпретироваться как состояния соответствующих человеко-машинных систем (а иногда и отдельных компонентов), определяемые множеством их функциональных свойств и характером взаимосвязей между ними.

Сравнение содержания только что перечисленных категорий с ныне используемыми свидетельствует об их большей адекватности и конструктивности. Некоторые дополнительные понятия будут введены при обосновании состава и содержания методов, предлагаемых для системного анализа и моделирования исследуемых здесь процессов в техносфере, а также формулировании принципов предупреждения техногенных происшествий.

2.5. Общие принципы предупреждения происшествий

После уяснения основных понятий приступим к формулированию базовых принципов предупреждения происшествий в техносфере, т. е. тех стратегических положений, реализация которых позволила бы максимально ослабить ущерб, причиняемый техногенно-производственными опасностями. При решении этой задачи будем исходить из энергоэнтропийной концепции и других утверждений, касающихся объекта и предмета исследования.

Напомним, что, согласно принятой только что концепции, уместно увязывать природу техносферных опасностей со стремлением энергетических и других термодинамических потенциалов к выравниванию. В качестве же объекта и предмета системного анализа и моделирования процессов в техносфере будут рассматриваться соответственно человеко-машинные системы и объективные закономерности возникновения и предупреждения происшествий при их функционировании.

Следуя принятым соглашениям, можно утверждать, по меньшей мере, о таких двух *кардинальных* принципах обеспечения безопасности в техносфере: 1 – полный отказ или максимально возможное сокращение в ней энергоемких технологических процессов; 2 – исключение условий образования там происшествий. Очевидно, что первое условие является радикальным средством, поскольку вообще приводит к устранению потенциальной возможности какого-либо ущерба, исключая техногенно-производственные опасности или минимизируя их уровень. Соблюдение же второго принципа оставляет такие опасности, но не позволяет им реализоваться в разного рода происшествиях.

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

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

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

Правомерность же последних трех задач или подпринципов обеспечения безопасности в техносфере логично вытекает из принятой выше

концепции. Более того, в ней указаны и способы их реализации. Для этого необходимо обеспечить соответственно:

- а) профессиональную пригодность и технологическую дисциплинированность работающих;
- б) высокую надежность и эргономичность используемого ими технологического оборудования;
- в) комфортные для людей и безвредные для техники условия рабочей среды. При одновременном соблюдении данных трех условий может быть исключено появление предпосылок к происшествиям, вызванных несовершенством всех компонентов рассматриваемой человеко-машинной системы.

Учитывая практическую невозможность или экономическую нецелесообразность полного соблюдения сформулированных ранее трех условий – исключения всех ошибок, отказов и нерасчетных внешних воздействий, необходимо руководствоваться еще одним (четвертым) под принципом:

г) исключение возможности образования из этих отдельных предпосылок причинной цепи техногенного происшествия. Для этого необходимо воздействовать на технологию (центральный компонент модели объекта исследования на рис. 2.6), т. е. устанавливать такой порядок подготовки и проведения работ, при котором учитывалась бы реальная возможность появления отдельных предпосылок, и предусматривались меры по их своевременной локализации.

И все же нельзя считать достаточными только что сформулированные принципы и подпринципы, так как они практически не реализуемы, а потому и не обеспечивают требуемой безопасности. Вот почему необходим еще один, завершающий, принцип: 3 – подготовка к неизбежным происшествиям с целью снижения ущерба от них. Выполнение условий «3» и «Г» также может достигаться воздействием на технологию, путем своевременного и качественного контроля персонала и оборудования, а также заблаговременной подготовкой к оказанию помощи пострадавшим и ведению различных аварийно-спасательных работ.

На этом, пожалуй, можно и ограничиться в изложении наиболее общих принципов предупреждения техногенных происшествий и обеспечения, за счет этого – безопасности в техносфере. Не трудно видеть, что все семь сформулированных здесь руководящих положений (3 принципа и 4 подпринципа) логично вытекают из принятой здесь концепции и сформулированных на ее основе рассуждений. Конечно же, могут быть определены и дополнительные условия, необходимые для обеспечения

производственно-экологической безопасности и извлекаемые из других исходных предпосылок.

Однако и приведенных здесь принципов достаточно не только для предупреждения аварийности и травматизма в техносфере, но и снижения тяжести от них. В совокупности они указывают реальные способы обеспечения безопасности и оставляют мало места для Его Величества Случая. Более того, руководство этими принципами позволит в дальнейшей практической работе «увидеть лес за отдельными деревьями» и сделать правильные акценты при выработке конкретных мероприятий по предупреждению техногенных происшествий. Но об этом ниже, после того как обоснуем состав методов системного исследования и совершенствования интересующих нас процессов в техносфере.

2.6. Методы исследования и совершенствования безопасности в техносфере

При обосновании методов будем исходить из того, что деятельность человека в техносфере обычно направлена на ее познание и преобразование, осуществляемые 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 иметь последовательность эмпирических и теоретических этапов. Цель эмпирического этапа может состоять в выявлении закономерностей, а теоретического в формулировании на их основе способов совершенствования исследуемых здесь человеко-машинных систем.

Выбор и обоснование состава основных научных методов также должны осуществляться с учетом специфики выбранного объекта и потребностей практики. Необходимость в таких методах особенно обозначилась в последнее время в связи с созданием новых образцов техники, технологии и материалов, значительным ростом энерговооруженности производства и транспорта, а также из-за недостаточности имеющихся статистических данных по аварийности и травматизму, невозможности их экспериментального изучения.

Специфичность же рассматриваемого здесь объекта и предмета определяется также объективной сложностью системы «человек – машина – среда», обусловленной наличием в ее составе нескольких, самих по себе сложных и взаимосвязанных компонентов, Целенаправленностью или стохастичностью поведения отдельных из них. Последняя особенность

связана с тем, что такие компоненты, как человек и машина, могут вести себя самым неожиданным образом вследствие случайных воздействий внешней среды, чрезвычайной нестабильности собственных параметров. Неопределенность усугубляется и тем, что выходные характеристики одних компонентов данной системы являются для других входными воздействиями.

Проиллюстрируем влияние внешних и внутренних факторов, определяющих качество функционирования человеко-машинной системы, на примере информационной насыщенности и эмоциональной напряженности этого процесса, а также отношения к нему персонала. Оказывается, что высокая информационная насыщенность труда человека-оператора снижает вероятность своевременного обнаружения им возможных отклонений параметров. Незначительная же эмоциональная напряженность более благотворно влияет на трудовую деятельность персонала в сравнении с полным отсутствием таковой или постоянным его пребыванием в стрессовых состояниях.

Более того, повышение мотивации и добросовестное отношение к работе способствуют росту безошибочности людей, однако излишняя ответственность и добросовестность приводят их к ненормальной возбужденности и возможным срывам. Приобретение 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 процессов в техносфере, а также необходимость использования современных методов ее исследования и совершенствования.

Поэтому можно утверждать, что основным специальным научным методом исследования безопасности процессов в техносфере может служить системная инженерия. В своей основе данный метод является наилучшим способом реализации на практике таких требований диалектического материализма, как объективность, всесторонность и конкретность рассмотрения явлений и объектов, учет их развития и взаимосвязи с другими объектами явлениями. Не случайно, системную инженерию часто называют «прикладная диалектика».

Как уже отмечалось выше (разд. 1.3), системная инженерия является составной частью общей теории систем и базируется на принципах не только системного анализа и системного синтеза, но также кибернетики и синергетики. В соответствии с рекомендациями системной инженерии основными этапами исследования являются эмпирический системный анализ, проблемно-ориентированное описание объекта и цели исследова-

ния, теоретический системный анализ и синтез. Сама же данная процедура должна иметь итеративный характер, основанный на так называемой гибкой системной методологии.

Обоснование и выбор основного специального научного метода совершенствования безопасности процессов в техносфере будем делать с учетом природы и длительности жизненного цикла соответствующих человеко-машинных систем, а также количества факторов реально определяющих качество их функционирования. Исходя из большой продолжительности создания и эксплуатации современных производственных объектов, исчисляемой десятками лет, и огромного многообразия факторов, влияющих на протекающие там процессы, можно утверждать, что главным методом обеспечения и совершенствования безопасности техносферы должно быть программно-целевое планирование и управление соответствующим процессом.

Необходимость и возможность применения данного метода для совершенствования безопасности техносферных процессов может быть подтверждена с помощью рассмотренных выше представлений о природе аварийности и травматизма. Основной особенностью возникновения техногенных происшествий в человеко-машинных системах, как это было ранее показано, является многообразие и случайный характер отдельных предпосылок, что не означает, однако, их неуловимости и неподвластности людям. Следовательно, для своевременного выявления и устранения их негативной части требуется планомерная и целенаправленная работа, т. е. необходимо управление соответствующими процессами.

При уточнении содержания понятия «управление» нужно исходить из данной выше интерпретации процессов в техносфере как функционирования человеко-машинных систем. Безопасность и другие свойства таких систем, как известно, обеспечиваются свойствами отдельных компонентов, что требует большого числа мероприятий по обеспечению их взаимной совместимости, реализуемых на всех этапах жизненного цикла рассматриваемых систем.

Следовательно, под *управлением* процессом обеспечения безопасности в техносфере будет подразумеваться совокупность взаимосвязанных мероприятий, осуществляемых в целях установления, обеспечения, контроля и поддержания требуемого уровня качества и безопасности функционирования соответствующих человеко-машинных систем. Это означает, что такие мероприятия должны проводиться при создании и эксплуатации технологического оборудования, отборе и подготовке эксплуати-

рующего его персонала, обеспечении и поддержании подходящей для них рабочей среды.

Эффективное управление безопасностью техносферы требует также точного формулирования цели, определения способов и условий ее достижения, оценки необходимых для этого ресурсов. Использование при этом количественных показателей способствует конкретизации задач обеспечивающей системы, повышает достоверность оценки безопасности и сокращает расход соответствующих ресурсов. В целом же программно-целевое планирование и управление обеспечением безопасности техносферных процессов потребует на практике разработки соответствующих целевых программ и создания системы оперативного управления их выполнения.

Таким образом, методологической основой системного исследования и совершенствования безопасности интересующих нас процессов в техносфере является совокупность всеобщего, общенаучных и специальных научных методов анализа и синтеза сложных систем. Указанные методы закладывают базу для формирования инструментария соответствующих учебных дисциплин, а также успешного решения на их основе проблем аварийности и травматизма в техносфере. Конкретные же подходы к использованию предложенных здесь методов исследования и совершенствования безопасности техносферы будут рассмотрены ниже, после уточнения структуры, целей и задач соответствующей системы, а также обоснования состава ее количественных показателей и критериев.

2.7. Цель и основные задачи системы обеспечения безопасности в техносфере

Раскрытие сущности проблемы аварийности и травматизма, а также обоснование методологических основ обеспечения безопасности в техносфере подвели нас к необходимости более полного определения контуров соответствующей системы. Поэтому основное внимание двух завершающих параграфов данной главы будет уделено системе, предназначенной для снижения вредных последствий техногенно-производственных опасностей. Определение содержания такой системы проведем с учетом опыта исследования и совершенствования других сложных систем и требований нормативных документов.

До того как приступить к решению поставленной задачи, напомним, что выделение и описание признаков конкретной системы, уточнение ее структуры и цели легче всего проводить на основе требований высшей по иерархии системы и после вычленения ее из этой надсистемы. В отсутствие таких исходных положений выход может быть найден с помощью некоторых системообразующих принципов, связанных с общепринятыми, более общими представлениями. Логично предположить, что подобные представления должны основываться на положительном опыте, в том числе и на принятой, на его основе, энергоэнтропийной концепции объективно существующих опасностей, а также соответствующих ей категориях и методах обеспечения безопасности.

Для определения структуры системы обеспечения безопасности техносферы и отделения ее от остальных подсистем поддержания жизнедеятельности человека необходимо исходить из признания существующих там опасностей как объективной реальности. Отсюда видно, что предупреждение или сокращение связанного с ними ущерба свидетельствует о необходимости выделения соответствующих ресурсов и принятия комплекса специальных мер, дополняющих естественные защитные свойства и механизмы человека и биосферы в целом. Следовательно, одной из главных составных частей системы обеспечения безопасности в техносфере должны быть специально предусмотренные ресурсы, т. е. силы и средства, необходимые для парирования опасностей.

Другим соображением, используемым для уточнения состава и цели рассматриваемой системы, служит то обстоятельство, что помимо потребности в ресурсах, реализация требований по обеспечению безопасности еще не всегда повышает производительность труда и, как иногда кажется, его экономичность, в этих условиях возникает необходимость в установлении предпочтений. Здравый смысл подсказывает, что приоритет должен быть отдан эффективности производственной деятельности человека как необходимого условия его существования, а обеспечение требуемой безопасности ее осуществления следует рассматривать как вынужденную меру.

Можно выделить и ряд других положений, определяющих содержание и особенности предлагаемой здесь системы обеспечения безопасности. В частности, таких, как необходимость включения в ее состав регулирующих нормативных актов, обеспечивающих компромиссное сосуществование противоречивых факторов, и предположение о принципиальной нереализуемости требования к обеспечению абсолютной безопасности техносферы. Из последнего вытекает потребность в обосновании приемлемых показателей ее уровня и принятии дополнительных ограничивающих условий.

С учетом изложенного выше условимся в последующем понимать под *системой обеспечения безопасности* в техносфере совокупность взаимосвязанных нормативных актов, организационно технических мероприятий и соответствующих им (актам и мероприятиям) сил и средств, предназначенную для предупреждения и/или снижения тех вредных побочных последствий существования техносферы, которые обусловлены реально существующими там техногенно-производственными опасностями.

Как следует из данного определения, структура системы обеспечения безопасности должна включать в себя, по меньшей мере, следующие три основные составные части:

- а) нормативные акты (руководящие документы), задающие требования безопасности;
- б) организационно-технические и иные мероприятия, выполняемые на различных этапах подготовки и проведения технологических процессов;
- в) силы и средства, необходимые для осуществления этих мероприятий и выполнения других требований безопасности.

Более подробное раскрытие содержания данных составных частей рассматриваемой системы будет проводиться ниже по мере надобности.

При уточнении цели системы обеспечения безопасности в техносфере уместно руководствоваться сформулированными выше принципами и исходить не только из объективно действующих там факторов, но и реальных практических возможностей человека. Прежде всего, не следует интерпретировать «безопасность» в общепринятом смысле, предполагающем отсутствие опасностей, т. е. невозможность причинения какого-либо ущерба. Очевидно, что принятие в качестве цели данной системы этого реально недостижимого условия нельзя считать приемлемым.

В качестве основной или стратегической *цели* рассматриваемой здесь системы целесообразно принять либо а) минимизацию (максимально возможное сокращение) ущерба от аварийности и травматизма в техносфере, либо б) удержание величины такого ущерба в заданных пределах. Обратим внимание на три наиболее существенных момента в каждой из только что предложенных формулировок цели:

- 1) предполагается не абсолютный, а относительный уровень безопасности, учтенный в сделанном ранее ее определении вероятностью происшествий и приемлемым ущербом от перманентных выбросов энергии или вредного вещества;
- 2) цель системы обеспечения безопасности здесь рассматривается не как главная задача, а как подчиненная обеспечению жизнедеятель-

ности людей, т. е. безопасность техносферы – не самоцель, а средство их выживания;

- 3) наконец, обе формулировки цели являются как бы условными, поскольку учитывают необходимость соблюдения технологии процессов и ограниченность ресурсов на обеспечение безопасности их проведения.

Логично предположить, что главные направления на пути достижения любой из двух предложенных целей системы обеспечения безопасности в техносфере определяются предупреждением там техногенных происшествий, а также принятием мер по уменьшению возможного от них ущерба людским, материальным и природными ресурсами. Из этого утверждения вытекают такие главные *задачи* рассматриваемой системы:

- а) предупреждение гибели и других несчастных случаев с работающими в техносфере;
- б) исключение аварии, приводящих к выводу из строя технологического оборудования и другому материальному ущербу;
- в) недопущение случаев уничтожения биоты и загрязнения окружающей природной среды вредными веществами;
- г) заблаговременное принятие мер по подготовке к ведению возможных аварийно-спасательных работ;
- д) эффективное использование сил и средств, выделенных для предупреждения и ликвидации последствий техногенных происшествий.

Заметим, что относительная значимость перечисленных задач может изменяться в зависимости от специфики конкретных отраслей промышленности или транспорта, а также от этапов жизненного цикла используемого там производственного и технологического оборудования. Однако их решение в совокупности с такими специфическими задачами, как априорная оценка опасности новых технологий, а при необходимости и отказ от них, позволит приблизиться к достижению цели рассмотренной здесь системы.

2.8. Показатели качества системы обеспечения безопасности в техносфере

В соответствии с рекомендациями системной инженерии второй (после определения системы) задачей совершенствования безопасности должен быть выбор показателей результативности ее функционирования. Не-

обходимость в этом вызвана также отсутствием сейчас общепринятых показателей. Естественно, что последнее обстоятельство не способствует росту эффективности управления процессом обеспечения безопасности в техносфере за счет более точного определения действительного состояния дел в работе по предупреждению техногенных происшествий и более рационального расходования необходимых ресурсов.

Естественно, что приоритет должен быть отдан количественным, а не качественным показателям системы обеспечения безопасности, поскольку эффективное управление предполагает точное определение цели и количественное измерение траектории движения к ней в пространстве возможных состояний. Кроме того, по сравнению с количественными показателями качественные обладают большей степенью неопределенности и поэтому требуют значительных коэффициентов «запаса прочности». Обоснование же состава количественных показателей целесообразно начать уточнения требований к ним.

Для определения требований к разрабатываемым показателям напомним, что одной из основных задач системы обеспечения безопасности является исключение аварийности и травматизма, снижающих рентабельность производственных процессов в техносфере. Следовательно, о степени достижения данной цели в первую очередь необходимо судить по тому, насколько уровень безопасности сказывается на результативности таких процессов. Отсюда вытекает первое требование: выбранные показатели должны быть связаны с показателями эффективности и экономичности перечисленных процессов.

Второе требование к разрабатываемым показателям обусловлено задачами, решаемыми соответствующей системой и состоящими главным образом в обеспечении безопасности проведения конкретных технологических процессов. Такие процессы рассматриваются здесь как функционирование системы «человек – машина – среда», безопасность которой достигается требуемым качеством и взаимной совместимостью ее компонентов. Исходя из этого, можно утверждать, что выбираемые показатели безопасности функционирования системы должны базироваться на параметрах, характеризующих качество соответствующих человеко-машинных систем и интенсивность использования их отдельных компонентов.

Другие требования к разрабатываемым показателям могут определяться целями исследования и совершенствования системы обеспечения безопасности, заключающимися в системном анализе и моделировании техносферных процессов и выработке рекомендаций по повышению их эффективности. Поэтому показатели качества рассматриваемой системы

должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к критериям оценки ее эффективности, а также использоваться в задачах стратегического планирования и оперативного управления в роли критериев оптимизации и ограничений. Следовательно, данные показатели должны быть наглядными, универсальными и чувствительными к изменению своих параметров.

Анализ известных показателей безопасности и результативности функционирования сложных систем показал, что наиболее полно предъявленным требованиям удовлетворяют вероятностно-возможностные показатели. Действительно, данная группа показателей – интегральная характеристика качества тех систем, явления и процессы в которых имеют стохастический характер, широко используется при оценке их надежности, эффективности. Так, вероятность возникновения происшествий при выполнении конкретных работ, ожидаемый от них средний ущерб и предполагаемые средние затраты на обеспечение безопасности могут наглядно указывать не только на возможность появления таких событий, но и на связанные с ними издержки.

Другое достоинство предлагаемых показателей качества рассматриваемой здесь системы обусловлено наличием хорошо разработанного математического аппарата случайных процессов и бурным развитием соответствующего инструментария нечетких множеств. Это обстоятельство позволит прогнозировать вероятностно-возможностные показатели человеко-машинных систем и их отдельных компонентов с помощью соответствующих методов теории надежности, теории эрготехнических систем [10] и теории возможностей [11].

В результате же аналитического и имитационного моделирования или использования других методов исследования процессов в этих системах могут быть рассчитаны как показатели безошибочности и своевременности действий персонала по выполнению конкретных обязанностей или безотказности используемого им технологического оборудования, так и определяемые ими характеристики безопасности. Наконец, вероятностно-возможностные показатели системы обеспечения безопасности могут быть легко сопряжены с количественными характеристиками экономичности производственных процессов, а также проконтролированы достаточно объективными методами при профотборе и подготовке персонала, создании и эксплуатации производственного и технологического оборудования.

С учетом приведенных соображений базовым показателем системы обеспечения безопасности может быть вероятность $P_{\delta}(\tau)$ проведения конкретного техносферного процесса без происшествий в течение некоторого времени и в условиях, установленных нормативно-технической докумен-

тацией. Физический смысл этого показателя – объективная мера невозможности появления происшествий при таких обстоятельствах.

Другими показателями безопасности и результативности функционирования соответствующей системы могут быть такие, как:

$Q(\tau) = 1 - P_{\delta}(\tau)$ – вероятность возникновения хотя бы одного (любого) происшествия (аварии, несчастного случая, катастрофы) за это же время проведения;

$M_{\tau}[Z]$ – математическое ожидание (ожидаемые средние задержки) времени прекращения технологического процесса вследствие возможных в этих условиях происшествий;

$M_{\tau}[U]$ – математическое ожидание величины социально-экономического ущерба от возможных в нем происшествий в течение заданного времени;

$M_{\tau}[S]$ – математическое ожидание величины экономических расходов (ожидаемые средние затраты) на обеспечение безопасности выполнения конкретного процесса в течение установленного времени;

Совместно с только что перечисленными основными показателями качества системы обеспечения безопасности могут использоваться и другие, более частные количественные показатели. В качестве таких дополнительных показателей следует применять «наработку» на происшествие, оцениваемую математическим ожиданием времени до его возникновения, и интенсивность их появления. Эти, а также другие интегральные и частные показатели будут использоваться в дальнейшем по мере необходимости.

Анализ выбранных выше основных показателей подтверждает возможность количественной оценки безопасности объектов техносферы и результативности системы ее обеспечения. Это обосновывается тем, что вероятность $P_{\delta}(\tau)$ и задержки $M_{\tau}[Z]$ могут быть учтены при оценивании эффективности проведения производственных и технологических процессов, направленных, например, на снабжение электроэнергией или сырьем, решение транспортных проблем. Такой учет может достигаться включением вероятности $P_{\delta}(\tau)$ в формулу для определения коэффициента оперативной готовности соответствующих объектов, а математического ожидания $M_{\tau}[Z]$ – для коэффициента их технического использования.

Показатель тяжести последствий возможных происшествий $M_{\tau}[U]$ рассчитывается известными методами теории вероятностей и уже широко используется в исследованиях безопасности. Он также должен учитываться при калькуляции издержек, связанных с проведением отдельных техносферных процессов. Все перечисленные выше показатели следует рассматривать как компоненты вектора $E(t)$, представленного на рис. 2.6

в виде выходной характеристики выбранного здесь объекта исследования и совершенствования.

Учитывая массовый характер выполнения однотипных производственных и технологических процессов, а также достаточно развитую систему информации об аварийности и травматизме, использование выбранных показателей в качестве критериев оценки эффективности системы обеспечения безопасности не вызывает принципиальных трудностей. Для этого достаточно регистрировать а) интенсивность и длительность проводимых на объектах работ, б) экономические расходы и трудозатраты на обеспечение безопасности, в) количество и тяжесть имевших место происшествий, да проводить расчеты по статистическому оцениванию выбранных нами показателей.

Неизмеримо большую сложность представляет априорная оценка предложенных показателей безопасности и результативности системы ее обеспечения. Дело в том, что предварительное оценивание подобных количественных показателей возможно лишь на основе моделей, связывающих выбранные показатели рассматриваемой и любой другой человеко-машинной системы с показателями качества и взаимной совместимости ее компонентов. Наиболее перспективные из таких моделей будут подробно исследованы во второй и третьей частях данного пособия.

В завершение данной главы отметим, что сущность изложенных методологических основ обеспечения безопасности в техносфере, базирующихся на объективных противоречиях, причинах и факторах техногенных происшествий, включает в себя следующее:

- а) энергоэнтропийную концепцию и вытекающую из нее наиболее общую классификацию объективно существующих опасностей;
- б) объект, предмет, основные понятия и принципы системного анализа и моделирования опасных процессов в техносфере;
- в) основные специальные научные методы системного исследования и системного совершенствования рассматриваемых техносферных процессов;
- г) структуру, цель и основные задачи системы обеспечения безопасности в техносфере, базовые показатели и критерии оценки ее эффективности хотелось бы подчеркнуть не только значимость и универсальность всех изложенных выше основополагающих принципов системного анализа, системного синтеза и моделирования рассматриваемых здесь процессов, но и их подготовительный характер.

Это означает, что мы находимся всего лишь в преддверии увлекательного мира соответствующих моделей и методов, плодотворность использования которых иллюстрируется в дальнейшем на конкретных примерах.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем состоит основное противоречие современности?
2. Какие вы знаете глобальные экологические проблемы и соответствующие индикаторы?
3. В чем состоит сущность проблемы аварийности и травматизма в техносфере?
4. Что представляет собой причинная цепь техногенного происшествия?
5. На какие типы следует делить все предпосылки к таким происшествиям?
6. Что представляет собой энергоэнтропийная концепция опасностей?
7. Какие доводы можно привести в пользу правомерности данной концепции?
8. Какое содержание вы вкладываете в термин «нежелательный выброс энергии»?
9. Какую (в контексте предыдущего вопроса) энергию следует считать опасной в словосочетании «энергия, накопленная телом человека»): – кинетическую, потенциальную, тепловую и почему?
10. Какие наиболее общие классы объективно существующих опасностей вам известны?
11. Что является объектом и предметом системного анализа и моделирования опасных процессов в техносфере?
12. Что подразумевается под определением используемой здесь категории «безопасность».
13. Что такое «риск» и в каких единицах он может измеряться?
14. Какой из известных вам принципов обеспечения безопасности является самым радикальным?
15. Какие вы знаете принципы, руководствуясь которыми можно избежать техногенных происшествий?
16. Что является основными методами исследования и совершенствования безопасности техносферы?
17. Какие этапы и задачи можно выделить в программно-целевом планировании и управлении процессом обеспечения безопасности?
18. Что такое «система обеспечения безопасности» и что в нее входит?
19. В чем состоят цель и главные задачи данной системы?
20. Какие существуют основные требования к показателям безопасности и качества соответствующей системы?

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

3.1. Анализ понятия «рабочее место» как основы для оценки условий труда

Существующие методы анализа безопасности на производстве требуют более точного определения термина «рабочее место». Недостаточно четкое определение термина «рабочее место» может являться причиной недостаточной точности оценки условий труда, что, в свою очередь, косвенно повлияет на проявления производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Для определенности рассмотрим рабочее место промышленного рабочего.

В большом количестве работ по научной организации труда (НОТ) отсутствует четко сформулированное определение рабочего места, поскольку оно считалось интуитивно ясным как место, где выполняется работа. Приведем часто встречающееся определение: рабочее место – означает все места, где трудящимся необходимо находиться или куда им необходимо следовать в связи с их работой, и которые прямо или косвенно находятся под контролем предпринимателя (Конвенция 155 Международной организации труда) [12]. Аналогичные определения рабочего места до сих пор встречаются в других действующих отраслевых нормативных актах [13, 14]. С развитием научного анализа организации труда и производства все чаще возникали разногласия и дискуссии между различными специалистами, что по мере расширения работ по организации производства способствовало развитию терминологии. С течением времени все большее количество лиц, занимающихся управлением производством, приходило к выводу о необходимости более четкого определения терминов в области организации производства.

В материалах Комитета стандартизации работ секции управления производством американского общества инженеров-механиков дано следующее определение термина «рабочее место»: «Часть производственного участка, где рабочий выполняет заданную ему работу, включая пространство, необходимое для размещения оборудования и оснастки (верстака, станка, всех стеллажей, контейнеров, транспортирующих устройств и т. д.) и материалов» [17].

С развитием НОТ в СССР в 60-х г. произошло определенное развитие терминологии в области организации труда. В одном из первых учебников по НОТ дается следующее определение: «Рабочее место – это зона трудовых действий рабочего или группы рабочих (бригады), оснащенная и оборудованная всем необходимым для выполнения производственного задания. На рабочем месте, помимо самого рабочего, располагаются необходимые предметы и орудия труда, с помощью которых выполняются те или иные элементы производственного процесса, а также необходимые средства оснащения рабочего места (производственная мебель, транспортные средства и т. д.) [16].

Очевидно, что в последнем определении под термином «рабочее место» имеется в виду некое пространство, «зона». Учитывая, что рабочее место является элементарной частью производственного подразделения, то можно рабочее место охарактеризовать как элементарное производственное пространство, в котором что-то размещено.

О дальнейшем развитии терминологии можно судить по следующему определению: «Рабочее место – зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу или операцию» [17]. Аналогичное определение использовалось в нескольких отраслевых нормативных актах по аттестации рабочих мест по условиям труда [18]. В данном определении раздельно используются два термина «работа» и «операция», которые должны быть определены в стандартах. Однако общеизвестно, что работы без операций не бывает.

Рабочее место оснащается, кроме технических средств, организационной оснасткой, технической документацией, смазочными веществами, электроэнергией и т. п. – средствами труда, а также средствами защиты человека от опасных и вредных производственных факторов. К средствам труда относятся: технологическое оборудование и оснастка, инструмент режущий и мерительный, оргоснастка и пр., системы связи и коммуникаций (стало быть, объектами, средством труда становятся и информационные системы, сам процесс передачи информации, хотя во многом мы

здесь уже и не сталкиваемся с материальными, в непосредственном смысле слова, элементами) [19]. С помощью средств труда человек воздействует на предмет труда с целью создания потребительной стоимости.

В дальнейшем определение рабочего места становится более развернутым и звучит следующим образом: рабочее место, часть пространства, приспособленная для выполнения работником (группой работников) своего производственного задания; первичное звено предприятия. Рабочее место включает: основное и вспомогательное производственное оборудование (станки, механизмы, агрегаты, средства, обеспечивающие безопасность труда, защитные устройства, улучшающие санитарно-гигиенические условия работы, энергетические установки, коммуникации); технологическую и организационную оснастку (установочные и иные приспособления, инструмент, контрольно-измерительные приборы, столы, верстаки, инструментальные тумбочки, стеллажи, шкафы, стулья, кресла) [25].

Различают рабочие места рабочих (основных, вспомогательных, обслуживающих), специалистов и административно-управленческого персонала. Организация рабочих мест тесно связана с организацией труда и производства на предприятии. Совершенствование рабочих мест преследует цель создания такой материальной обстановки труда, которая обеспечивает повышение его производительности, способствует сохранению здоровья и развитию личности работника. При организации рабочих мест учитываются антропометрические данные, выводы научной организации труда, рекомендации физиологии, психологии и гигиены, требования эргономики, инженерной психологии [20].

После выхода в свет ГОСТ 19605 – 74, в котором дается следующее определения рабочего места «Зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу или операцию», большинство исследователей, занимающихся вопросами НОТ, придерживаются определения, близкого к стандартной формулировке рабочего места. Например, Н. А. Кольцов дает следующее определение: «Рабочее место – часть производственной площади с расположенным на ней техническим, вспомогательным, подъемно-транспортным оборудованием и устройствами, оснасткой и различным инвентарем, необходимым исполнителю для выполнения производственного задания. Сам процесс труда протекает на ограниченном участке производственной площади в рабочей зоне» [21].

Можно отметить, что автор данного определения говорит о площади занимаемой рабочим местом, хотя все упомянутые виды оборудования

и пр. имеют объем. С другой стороны, слово «необходимые» означает, что к рабочему месту относятся лишь те средства, которые необходимы для выполнения данного производственного задания. Но производственные задания могут меняться, значит, и рабочее место тоже может меняться. Видимо, можно говорить о том, что пространство, занимаемое рабочим местом, может меняться во времени, и, следовательно, рабочее место необходимо рассматривать во времени.

Кроме того, в определении рабочего места отсутствует предмет труда (сырье, полуфабрикат и др.). Но производственное задание невозможно выполнить без предмета труда. Следовательно, необходимо упомянуть в определении предмет труда. Более того, в определении рабочего места как части производственной площади отсутствует самая важная и активная действующая сила – субъект труда, который поставлен вне рабочего места. В довершение ко всему отметим, что средства защиты субъекта труда – человека – от опасных и вредных производственных факторов также не учитываются, хотя существует большое количество нормативных актов, в которых нормируются вопросы, связанные с безопасностью человека на рабочем месте.

Наиболее развитое определение рабочего места следующее [17]: рабочее место – это элементарная часть производственного пространства, в которой размещенные средства труда, предметы труда и субъект (субъекты) труда взаимосвязаны для осуществления единичных процессов труда, в соответствии с целевой функцией получения продукта труда.

Таким образом, рабочее место – это открытая система, которая обменивается с окружающей средой материей и информацией.

Определим термин «рабочего место», используя подход на основе теории систем.

Так как на рабочем месте находится оборудование, то можно сказать, что там же находится система «человек – машина» (далее – СЧМ), которая создается для производства определенного продукта из сырья. Под машиной часто понимают всякое техническое устройство, с помощью которого осуществляется любая работа [22]. Таким образом, машиной можно считать специальную одежду, обувь и другие средства защиты. Однако, если рассматривать информационную модель СЧМ, то можно сказать, что функции, аналогичные функциям машины, выполняют и устройства для обработки информации, например, компьютеры. Необходимо отметить, что инструментами для обработки информации в этом случае служат различные компьютерные программы. Необходимо отметить, что

существуют и программы для обработки информации, которые можно использовать и без компьютеров, например, психологические тесты и пр.

С другой стороны, можно представить себе и модель системы «психика человека – биологическое тело». В этом случае можно говорить, что в процессе подготовки и выполнения человеком какой либо работы – его психика создает определенную программу действий (информационную машину) для тела. При достаточном частом повторении этой работы тело человека начинает действовать подобно механизму, машине. «Машиноподобность» движений людей особенно очевидна при работе на конвейере, когда работник вынужден подчиняться ритму машины и должен делать одну или несколько операций за установленный машиной промежуток времени.

Таким образом, под термином «машина» понимается всякая программа, метод, формула для обработки информации, или техническое устройство, прием, навык и пр. для выполнения любой работы с материальными объектами. Можно сказать, что без «машины» никакую работу не выполнить.

Схему типичной системы «человек – машина – окружающая среда» (далее – СЧМОС), которую образуют рабочий и обслуживаемая им машина, станок и пр., а также окружающая их среда можно представить следующим образом (рис. 3.1).

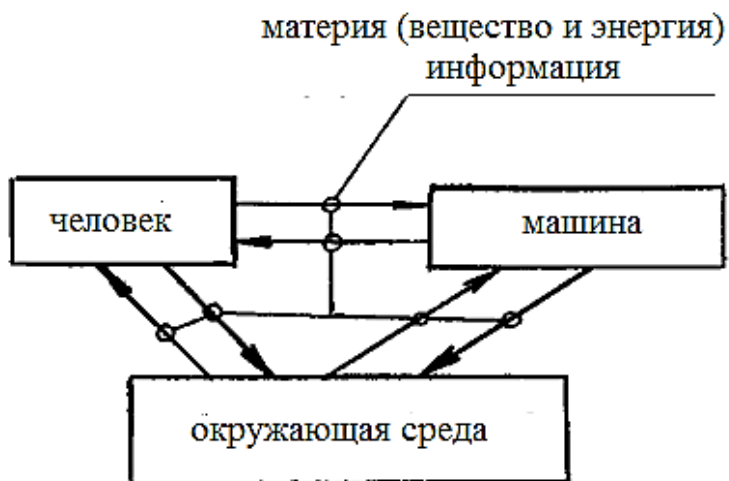


Рис. 3.1. Схема системы «человек – машина – окружающая среда»

Человек обменивается с машиной и окружающей средой материей (веществом, энергией) и информацией. В свою очередь, машина также обменивается с человеком и окружающей средой материей (веществом, энергией) и информацией.

С точки зрения анализа безопасности человека на производстве, существенно определить состав материального и информационного обмена между элементами системы «человек – машина – окружающая среда».

Необходимо отметить, что информацию об окружающей среде человек получает при помощи своих анализаторов, которые иногда называют чувствующими приборами. Обычно выделяют следующие основные анализаторы: зрительный, слуховой, кожный (тактильный, температурный, вибрационный, болевой), кинестетический, обоняние, вкус, вестибулярный аппарат.

Для контроля и управления процессом достижения цели деятельности человек в СЧМОС может получать необходимую информацию из следующих источников: от машины или из окружающей среды. Информация от машины обычно является основной для достижения поставленной цели. Однако в отдельных случаях, когда работать привычным образом невозможно, без информации из внешней среды не обойтись.

Определив границы СЧМ, можно определить площадь и объем, занимаемый СЧМ, что очень важно при организации производства.

Следует подчеркнуть, что провести границу между окружающей средой и системой «человек – машина», бывает непросто. Например, при ткачестве машина – ткацкий станок – непрерывно перемещает часть окружающей среды – основные и уточные нити, которые внутри ткацкого станка, переплетаясь между собой, превращаются в ткань и далее удаляются со станка. При этом можно отметить, что нити во время обработки являются как бы частью, элементом машины. Таким образом, некоторая часть сырья и готовой продукции являются составными элементами системы «человек – машина». Электрическая энергия из внешней среды используется в СЧМ для производства работы.

СЧМ включает в себя все необходимые для производства работы человеком и машиной объекты: сырье, станки, механизмы, агрегаты, средства, обеспечивающие безопасность труда, защитные устройства, улучшающие санитарно-гигиенические условия работы, коммуникации; технологическую и организационную оснастку, инструмент, контрольно-измерительные приборы, столы, верстаки, инструментальные тумбочки, стеллажи, шкафы, стулья и пр. То есть, находясь на рабочем месте, человек для достижения поставленной цели взаимодействует с несколькими машинами, которые можно объединить в одну сложную машину и обозначить одним словом «машина». Необходимо отметить, что используя системный подход при изучении безопасности рабочих мест можно получить новые результаты в различных отраслях промышленности [47, 48].

При определении размеров СЧМ необходимо учитывать, кроме указанных выше объектов, и характеристики, и особенности деятельности человека. Для достижения поставленной цели СЧМ – производства определенной продукции, человек должен совершать определенные действия и перемещения. Таким образом, для определения размеров СЧМ необходимо учитывать антропометрические размеры человека [23].

Система «человек – машина» это открытая система, которая обменивается с окружающей средой материей и информацией.

Таким образом, можно сказать, что термин «рабочее место» является синонимом термина «место размещения системы человек – машина», а размеры рабочего места совпадают с размерами системы «человек – машина».

3.2. Определение расположения рабочей зоны с учетом требований безопасности

Вопросы безопасности труда часто являются определяющими при конструировании новой техники, в том числе для текстильной промышленности. Безопасность является «по образному выражению английского ученого Б. Шеккела, вопросом жизни и смерти: если человек изготавливал плохое орудие и не мог достаточно эффективно его применять, то на свете очень скоро становилось одним конструктором меньше» [24].

Термин «рабочая зона» часто встречается в нормативной литературе по промышленной безопасности и охране труда. Однако толкования данного термина существенно различаются. Встречаются две основные трактовки: первая: рабочая зона – часть рабочего места, совпадающая с местом, на котором находится работающий; вторая: рабочая зона может и не находиться на рабочем месте, где находится работник. К нормативным документам, в которых представлена первая трактовка, можно отнести ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», в котором дано следующее определение: «Рабочая зона – это пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих». Из данного определения следует, что рабочая зона является частью рабочего места, которое там же определяется как «место постоянного или временного пребывания работающих, в процессе трудовой деятельности» [25].

Данное определение не учитывает всего разнообразия рабочих мест, встречающихся в промышленности, в том числе в текстильной отрасли. Например, при управлении авто- и электрокарами, которые используются в текстильной промышленности, рабочим местом водителя является кабина транспортного средства [26], высота которой может быть существенно меньше вышеупомянутых 2 м. Следовательно, размеры рабочей зоны, являющейся частью рабочего места, зависят от конкретных условий работы и технического оснащения.

Определение рабочей зоны часто дают с точки зрения эргономики: «Рабочая зона – участок рабочего места, ограниченный углами обзора, амплитудой движений человека и выбором им (группой людей) позы в процессе работы. Различают рабочую зону оптимальной, лёгкой и предельной досягаемости. Правильное определение рабочей зоны – важное требование рациональной организации рабочего места. Наиболее ответственные и часто используемые приборы, индикаторы располагают, как правило, в оптимальной зоне видимости, а органы управления, инструменты, детали – в зонах оптимальной и лёгкой досягаемости» [27]. Необходимо подчеркнуть, что рабочая зона в данных нормативных документах трактуется только как пространство, в котором находятся места постоянного или непостоянного (временного) труда людей.

Можно отметить, что в *определении первой группы* рабочую зону человека часто определяют по аналогии с рабочей зоной простой машины, которая представляется как «пространство, в котором осуществляется перемещение машины и ее рабочего органа в процессе работы» [28]. Данные формулировки не учитывают, что существует много рабочих мест, у которых, собственно, процесс труда происходит в зоне, недоступной оператору, например, рабочее место оператора чесальной машины для хлопка и пр. При этом рабочий, основываясь на визуальной информации, показаниях приборов, иной информации, управляет процессом труда. Следовательно, рабочая зона, в которой происходит процесс труда, не всегда совпадает с местом пребывания работника.

В определении второй группы, рабочая зона не обязательно совпадает с рабочим местом, например, встречаются следующие определения: «Рабочее место – часть производственной площади с расположенным на ней техническим, вспомогательным, подъемно-транспортным оборудованием и устройствами, оснасткой и различным инвентарем, необходимым исполнителю для выполнения производственного задания. Сам процесс труда протекает на ограниченном участке производственной площади в рабочей зоне» [21].

Целью системы «человек – транспортное средство» является перемещение груза в пространстве. Для достижения поставленной цели водитель взаимодействует с транспортным средством, окружающим пространством. Известно, что при движении транспорта в дневное время на горизонтальном участке дороги водитель видит предметы на расстоянии около 1 км [26]. Ночью, при освещении, крупные предметы различимы на расстоянии 100...130 м, значительно меньшем, чем то, которое требуется для безопасного движения. Отметим, что только в последние годы стали говорить о том, что вождение автомобиля в темное время суток вредно для зрения. Следовательно, для эффективной и безопасной работы необходимо, чтобы водитель получал информацию о состоянии дороги минимум на 100 м впереди транспортного средства. Очевидно, что процесс труда водителя заключается не только в оперативных воздействиях на органы управления внутри кабины – первой рабочей зоне, но и в наблюдении дороги и различении предметов впереди транспортного средства – второй рабочей зоне. Следовательно, наличие оборудования в рабочей зоне обязательно. Для более определенной дефиниции термина «рабочая зона» рассмотрим его применительно к рабочему месту водителя транспортного средства. Известно определение термина «рабочее место» – наименьшая целостная единица производства, жизнедеятельности, в котором присутствуют предмет, средство и субъект труда (деятельности) [21]. То, на что направлена человеческая деятельность, является предметом труда [28]. В случае рабочего места водителя транспортного средства деятельность направлена на перемещение в пространстве. Соответственно, предметом труда является пространство. При этом пространство трактуется как форма существования материи, проявляющаяся в виде пространственных характеристик взаимного расположения тел, их координат, расстояний между ними, углами направлений и т. п. [29].

Отметим существование двух принципиально отличающихся рабочих зон, которые можно условно назвать: первого рода – рабочая зона человека, который производит работу руками или другими частями тела, и информация воспринимается органами чувств человека; второго рода – рабочая зона системы «человек – машина», в которой работа производится рабочими органами машины и информация из которой воспринимается датчиками машины и далее передается на средства отображения информации. Встречаются рабочие места, у которых рабочие зоны носят промежуточный характер между рабочей зоной первого и второго рода. Человек получает информацию из рабочей зоны, как от органов чувств, так и от датчиков. Например, термист на своем рабочем месте может получать ин-

формацию о происходящем в печи, как от показывающих приборов – термометров, так и непосредственно заглянув в печь. Схема взаимодействия в системе «человек – машина» и возникновения рабочих зон первого и второго рода представлена на рис. 3.2.

Выше было сказано, что термин «рабочее место» является синонимом термина «место размещения системы «человек – машина», а размеры рабочего места совпадают с размерами системы «человек – машина» [29]. Возможно определение необходимых и достаточных условий существования рабочего места. Необходимым условием существования рабочего места, ради выполнения которого оно и создается, является достижение поставленной цели (производства определенной продукции, выполнения операции и т. п.).

Достаточными условиями является безопасность человека в процессе труда и надежность машины в СЧМ. Под надежностью машины понимается свойство сохранять работоспособность и эксплуатационные показатели в течение требуемого времени.

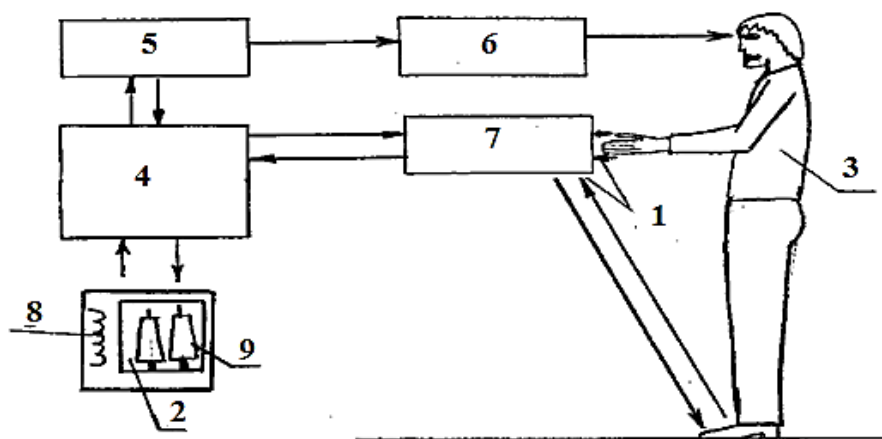


Рис. 3.2. Схема взаимодействия в системе «человек – машина»

- 1 – рабочая зона первого рода; 2 – рабочая зона второго рода;
 3 – человек; 4 – машина; 5 – датчики; 6 – средства отображения информации;
 7 – органы управления; 8 – рабочие органы; 9 – предмет труда

Отметим, что рабочая зона первого рода обычно включается в состав рабочего места, а рабочая зона второго рода иногда исключается. Можно заметить, что наличие рабочих зон первого или второго рода относится к необходимым условиям существования рабочего места. Рабочие зоны являются потенциальными источниками опасных и вредных производственных факторов, и поэтому их нельзя исключать из состава рабочего места.

Общее во многих определениях рабочей зоны – недооценка информационного характера взаимодействия человека с предметом труда. Часто встречаются рабочие места, у которых место нахождения человека и рабочая зона, в которой и происходит процесс преобразования сырья в изделие, разделены, и рабочая зона второго рода находится далеко от человека (см. рис. 3.2), т. е. взаимодействие рабочей зоны с оператором только информационное. Например, такие рабочие места встречаются при дистанционном управлении процессами у крупногабаритных строительных машин, таких как экскаваторы, у операторов прокатных станков, рабочее место авиадиспетчера и др. Обычно в таких случаях операторы имеют изолированную кабину, в которой предположительно создаются условия труда, соответствующие нормативным. Часто на таких рабочих местах работник имеет только визуальную связь с рабочей зоной второго рода или работает по приборам, т. е. связь осуществляется посредством датчиков и средств отображения информации. Содержание информации из рабочей зоны второго рода может оказывать определяющее воздействие на условия труда, например, изменяя его напряженность и другие параметры [30]. С другой стороны, информация из рабочей зоны второго рода может передаваться на зрительный анализатор без посредства датчиков и средств визуализации, то в данной рабочей зоне возникает необходимость повышения требований к освещению. Если информация из рабочей зоны второго рода передается человеку посредством датчиков и средств визуализации, то предъявляются требования к датчикам и средствам визуализации, которые должны представлять человеку необходимую и достаточную информацию. Кроме того, форма и параметры представляемой человеку информации должны учитывать его индивидуальные особенности, например, его умственные способности [31].

Ранее отмечалось, что встречаются рабочие места, в которых рабочую зону второго рода не включают в состав рабочего места, например, рабочим местом водителя полагают только кабину транспортного средства [26]. Данный факт может привести к эксплуатации данного рабочего места в условиях, когда не выполняются достаточные условия существования рабочего места (требования безопасности человека) и, соответственно, к повышенному риску: гибели, травмированию или возникновению профессионального заболевания.

Следовательно, рабочая зона второго рода – часть рабочего места, которая может находиться на значительном расстоянии от места расположения человека. Часто разрыв в пространстве, между местом расположения человека и рабочей зоной второго рода, производится с целью упро-

щения защиты человека от вредных и опасных факторов, возникающих при работе машины, так называемая «защита расстоянием». Нередко разрыв возникает по техническим причинам, например, при больших размерах рабочих органов или при невозможности приблизиться на необходимое расстояние.

Рабочая зона – часть рабочего места, в которой происходит процесс труда, управление процессом труда, и которая является источником информации для управления процессом труда.

Рабочая зона первого рода – часть рабочего места, в которой работа и управление процессом труда производится руками или другими частями тела человека. Информацию для управления процессом из рабочей зоны человек получает посредством органов чувств.

Рабочая зона второго рода – часть рабочего места, в которой работа производится рабочими органами машины. Информацию для управления процессом из рабочей зоны человек получает визуально, посредством датчиков и средств отображения информации.

3.3. Системный анализ модели «человек – машина – окружающая среда»

Окружающая среда – это то, что окружает систему «человек – машина», в основном – это другие машины, люди, системы, живые и неживые объекты и прочее. Системный подход требует создания модели системы «человек – машина – окружающая среда» (далее – СЧМС).

При анализе взаимодействия в СЧМС используют различные модели объектов или систем. Однако при определении структуры обобщенной модели технической системы часто не принимается во внимание и не выделяется в качестве ее составляющей такой компонент, как «человек», т. е. анализ ее функционирования ограничивается показателями, связанными с параметрами «машина» [32–34 и др.]. Между тем, взаимодействуя с техническим объектом, человек становится составляющей технической системы, причем осуществляет такую важнейшую функцию, как управление данной технической системой. Говоря о человеке в качестве компонента технической системы «человек – машина», имеют в виду некую абстракцию: реальный, живой человек здесь выступает в особой роли – он рассматривается в отвлечении от его индивидуальных особенностей, склонностей, черт, т. е. отвлеченно, учитываются только те параметры,

которые являются значимыми для выполнения определенной функции, его деятельность подчиняется цели СЧМ, диктуемой вторым элементом системы – техническим объектом («человек – прядильная машина»: цель – создание пряжи; «человек – ткацкий станок»: цель – создание ткани и т.п.). Например, прядильщица, во время работы, выполняя производственные функции – управление и обслуживание прядильной машиной, может рассматриваться как составляющая СЧМ в ее конкретной реализации «человек – прядильная машина»; однако, имея в виду время перерыва, говорить о СЧМ некорректно. Для более четкого представления модели СЧМ рассмотрим особенности ее взаимодействия с окружающей средой.

Поскольку для функционирования технической системы СЧМ важны не все параметры или характеристики объектов, с которыми она взаимодействует, а только релевантные, с точки зрения выполнения ее цели, то она взаимодействует, собственно, с информацией об объекте, с неким образом, созданным на основе данных об объективных параметрах объекта, т. е. информационной моделью. Например, для ткачихи, работающей на станке, не важна проблема правильности речи мастера, однако ее интересует качество ткани и производительность на ее станке, поскольку это имеет непосредственное отношение к ее деятельности. Модели взаимодействующих друг с другом и окружающей средой объектов, вместе с описанием прямых и обратных связей, представленные на рис. 3.3, образуют некий заместитель реальности – систему.

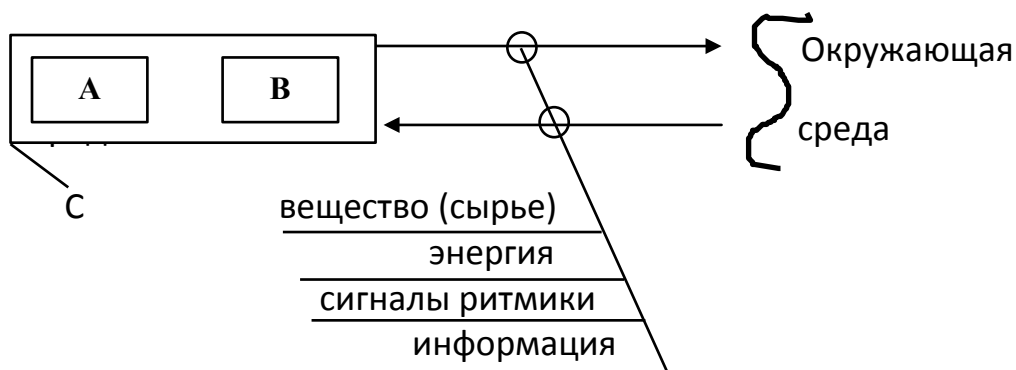


Рис. 3.3. Схема взаимодействия системы «человек – машина» с окружающей средой:

А – человек; В – машина; С – система «человек – машина»

При этом взаимосогласованность внутреннего устройства СЧМ и окружающей среды является основным системостабилизирующим фактором и означает, что данная система включена как часть в состав более общей системы. Так, человек, работающий на ткацком станке, обычно входит в надсистему под названием «ткацкий цех» и т. п.

Необходимо в целях исследования обратить внимание на различные аспекты существования СЧМ, связанные, с одной стороны, с оперированием ею как абстрактной сущностью (моделью, инвариантом), а с другой стороны, с представленностью ее в конкретном виде (материальной реализации, варианте). В различных исследованиях выявлено, что взаимодействие материальных объектов с окружающим миром происходит на основе вещества, энергии, информации и сигналов ритмики [35–37 и др.]. Рассматривая же человека как составляющую СЧМ, можно говорить не только о воздействующих на него материальных объектах, но и об информации, т. е., например, об информации о веществе, энергии, сигналах ритмики и др. (отметим, что существенные элементы окружающей среды – это сырье, энергия, воздух и т. п.). Таким образом, составляющая Человек берет на себя роль, аналогичную информационному устройству. Необходимо отметить, что в этом случае механизмы и устройства ткацкого или иного станка (составляющая Машина) также рассматриваются по аналогии с работой устройств, перерабатывающих информацию (процессорами), воспринимающими информационный сигнал и выдающими определенную реакцию на него.

Для фиксации процесса обмена информацией между СЧМ и средой используется понятие информационного потока (далее – ИП), обозначающего взаимодействие материальных объектов (вещественные и энергетические потоки соответствующих аспектов).

ИП, поступающий на СЧМ как следствие контакта со средой (команды, приказы, сообщения, результаты наблюдений, и т. п.), будем называть воздействием. ИП, являющийся ответом технической системы на воздействие (исполнение команд и приказов, реакции на наблюдаемое или ощущаемое воздействие и т. п.), будем называть реакцией.

Для того, чтобы СЧМ могла воспринимать воздействие, и, в соответствии с присущими ей параметрами, вырабатывать реакцию, в такой структуре должно быть два блока: блок принятия решения и блок исполнения (рис. 3.4).

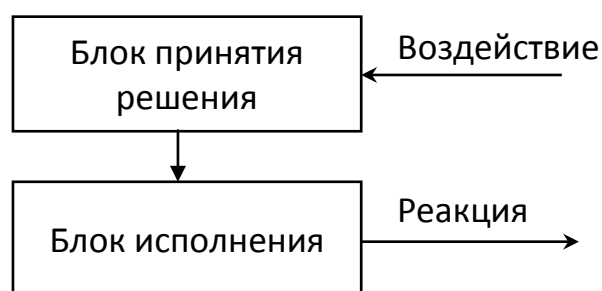


Рис. 3.4. Структура модели СЧМ

Подобная модель, однако, является упрощенной и не позволяет предсказывать функционирование системы при незапрограммированных (нештатных) воздействиях и, следовательно, имеет ограниченную ценность.

3.4. Анализ безопасности в системе «человек – машина – среда»

Существующие методы анализа безопасности человека на производстве часто игнорируют особенности взаимодействия человека с машиной и окружающей средой, что может являться причиной недостаточной точности оценки условий труда.

При анализе безопасности в СЧМС важным является значение, вкладываемое в определение термина «машина».

Под «машиной» обычно понимают всякое техническое устройство, с помощью которого осуществляется любая работа. Таким образом, машиной можно также считать специальную одежду, специальную обувь и другие средства защиты человека от вредных и опасных воздействий окружающей среды и машины.

С другой стороны, в естественной природной среде можно встретить объекты (камни, части ветвей деревьев и др.), которые можно использовать без дополнительной обработки для выполнения некоторых функций, например, копания грунта и пр. Такие объекты называют естественными орудиями. Отметим, что многие животные (и не только животные) могут использовать и используют в своей деятельности естественные орудия.

Кроме того, можно представить себе устройство, в котором часть функций выполняется людьми, а часть – механизмами. Например, велорикша с пассажиром. В данной СЧМ цель задает пассажир, а функцию источника энергии выполняет человек, нажимающий на педали. Возможны и такие СЧМ, которые состоят только из людей. Однако, если рассматривать информационную модель СЧМ, то можно отметить, что функции, аналогичные функциям машины, выполняют и устройства для обработки информации, например, компьютеры. Необходимо отметить, что инструментами для обработки информации в этом случае служат различные компьютерные программы. Следовательно, можно определять тип информационного метаболизма (далее – ТИМ) системы «человек – компьютерная программа». Необходимо отметить, что существуют и программы для

обработки информации, которые можно использовать и без компьютеров, например, психологические тесты. Естественно, можно определить и ТИМ системы «человек – психологический тест».

Более того, можно представить себе и модель системы «психика человека – биологическое тело – окружающая среда». По словам Карла-Густава Юнга «Психика находится в теле человека, как всадник на лошади». В этом случае можно говорить, что в процессе подготовки и выполнения человеком какой-либо работы его психика создает определенную программу действий для тела. При достаточном повторении этой работы тело человека начинает действовать подобно механизму, машине. Из вышесказанного вытекает, что машины бывают материальные и информационные. При использовании обобщенных моделей СЧМС материальные и информационные машины изображаются одинаковыми блоками, но принципиальная разница этих машин, естественно, учитывается.

Очевидно, что основная цель СЧМ всегда выполняется и соответствует основному результату. На основе информационных моделей разработана классификация рабочих мест по основному результату деятельности (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация рабочих мест и видов деятельности по основному результату функционирования

Основной результат функционирования	Краткий перечень рабочих мест, видов деятельности
Захват пространства, F	Водители транспортных средств (воздушных, наземных, водных и пр.), горнодобывающих машин и комплексов и др. Работники сбытовых сетей. Сетевой маркетинг.
Комфорт, S	Инженер по охране труда, дизайнер и др.
Свойства, I	Материаловеды и пр.
Прогноз, анализ событий, T	Прогнозисты и аналитики событий и пр.
Технология, P	Технологи, технологические рабочие и пр.
Структура, L,	Конструкторы, проектировщики и пр.
Энергия, E	Энергетик, кочегар и пр.
Энергетические соотношения, R	Регулировщики на электростанциях, электрических сетях и пр.

3.5. Классификация вредных и опасных факторов, действующих на человека по аспектам информационного потока

Известна классификация вредных и опасных производственных факторов, действующих на человека, на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические [30].

Физические опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы, разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенная или пониженная ионизация воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая и отраженная блесккость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола); невесомость.

Необходимо отметить, что когда ограничивают какой-либо производственный физический фактор с одной стороны, например, «повышенный уровень шума», это означает, что с нижней стороны этот фактор не оценен или недостаточно изучен. Так, полное отсутствие шума от работающего оборудования на рабочем месте может ввести рабочего в заблуж-

ждение, что оборудование не работает, и это может привести к травме от работающего оборудования. Следовательно, какой-то минимальный уровень шума оборудование при функционировании обычно должно создавать, информируя человека о работе своих механизмов.

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

- по характеру воздействия на организм человека на: токсические; раздражающие; сенсibiliзирующие; канцерогенные; мутагенные; влияющие на репродуктивную функцию;
- по пути проникания в организм человека через: органы дыхания; желудочно-кишечный тракт; кожные покровы и слизистые оболочки.

Биологические опасные и вредные производственные факторы включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие: а) физические перегрузки; б) нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на: статические; динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на: умственное перенапряжение; перенапряжение анализаторов; монотонность труда; эмоциональные перегрузки [30].

Данная классификация не отличается достаточной определенностью, так как в этом же документе [30] отмечено: «Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам».

Ранее было показано, что термин «рабочее место» соответствует термину «место, занимаемое системой «человек – машина». Следовательно, рабочее место можно охарактеризовать сущностными аспектами пространства (F), вещества (P), поля (E) и времени (I), п. 3.4, табл. 3.1. Например, сущностные аспекты пространства характеризуют свойства объема и площади рабочего места, силовые аспекты взаимодействия человека и т. д. Под сущностными параметрами вещества на рабочем месте имеются в виду различные встречающиеся объекты: инструменты, станки, сырье и другие предметы. К сущностным параметрам поля на рабочем месте относятся различные виды энергии: световая, акустическая, тепловая, электрическая, электромагнитная и др. К сущностным аспектам времени на рабочем месте относятся возможности и свойства объектов: можно ли

данным инструментом обработать данную деталь, достаточна ли мощность нагревателя в печи для нагрева детали до заданной температуры и др. [32, 38]. Кроме того, рабочее место можно охарактеризовать отношенческими аспектами пространства, вещества, поля и времени. Например, к отношенческим параметрам пространства относятся параметры пространства, занимаемого рабочим местом: микроклимат, чистота воздушной среды и т. д. К отношенческим параметрам вещества можно отнести структуру рабочего места и т. п. К отношенческим параметрам поля можно отнести соотношения энергетических воздействий с предельно допустимыми уровнями, такие как повышенный уровень ионизирующих излучений, повышенный уровень электромагнитных излучений и т. п.; к отношенческим параметрам времени можно отнести ритмичность поступления деталей на рабочее место, ритмичность подачи необходимых материалов и т. п. [32, 38].

Очевидно, что все опасные и вредные факторы можно разделить на две большие группы:

1. Факторы, носящие вещественный характер;
2. Факторы, носящие информационный характер.

Кроме того, опасные и вредные факторы можно разделить по происхождению – связанные с техникой и связанные с человеком.

Представляет интерес классифицировать вредные и опасные факторы по аспектам информационного потока (табл. 3.2).

Отметим, что информацию об окружающей среде человек получает при помощи своих анализаторов, которые иногда называют чувствующими приборами. Обычно выделяют следующие основные анализаторы: зрительный, слуховой, кожный (тактильный, температурный, вибрационный, болевой), кинестетический, обоняние, вкус, вестибулярный аппарат.

Для контроля и управления процессом достижения цели деятельности человек в СЧМ может получать необходимую информацию из следующих источников: от машины или из окружающей среды. Информация от машины обычно является основной для достижения поставленной цели. Однако в отдельных случаях, когда работать привычным образом невозможно, без информации из внешней среды не обойтись. При этом доля, вид и содержание информации может существенно различаться. Например, в авиации существует способ вождения самолета по приборам. При этом практически вся информация, необходимая для деятельности пилота, поступает от анализаторов (датчиков) самолета. С другой стороны, при езде на велосипеде у человека могут быть задействованы все его анализаторы.

Таблица 3.2

**Классификация вредных и опасных факторов,
действующих на человека по аспектам информационного потока**

Наименование аспекта ИП и его обозначение	Краткий перечень опасных и вредных факторов
F, Пространство, сущностный	Пространство. Перемещение. Силовые взаимодействия. Ограничение. Защита. Транспортирование. Давление. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; невесомость
S, Пространство, отношенческий	Соотношения свойств пространства. Удобство. Совершенство формы. Комфорт. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенная или пониженная ионизация воздуха; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая и отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности
I, Время, сущностный	Возможности (способности, свойства) объекта, раскрываемые во времени
T, Время, отношенческий	Соотношение временных отрезков, возможностей. Точность достижения цели во времени. Событие. Ритмичность. Частота. Резонанс. Прогноз. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
P, Вещество, сущностный	Способность объекта использоваться для получения полезного эффекта. Производительность. Надежность. Работа. Умственное перенапряжение; перенапряжение анализаторов; Монотонность труда. Тяжесть и напряженность труда

Наименование аспекта ИП и его обозначение	Краткий перечень опасных и вредных факторов
L, Вещество, отношенческий	Соотношение объектов. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола)
E, Поле, сущностный	Наличие на рабочем месте источников энергии
R, Поле, отношенческий	Энергетические соотношения. Повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; эмоциональные перегрузки, нервно-психические перегрузки

Для анализа условий работы человека необходимо знать способ использования его анализаторов для выполнения производственных функций СЧМ. Состав основных связей в системе «человек – машина – окружающая среда» представлен на табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Анализ взаимодействия элементов
в системе «человек – машина – окружающая среда»**

Элемент системы	Человек	Машина	Окружающая среда
Человек		Человек осуществляет на машину управляющие и иные воздействия по каналам прямых связей, за счет своего опорно-двигательного аппарата, возможно управление голосом и др.	Человек осуществляет воздействие на окружающую среду по каналам прямых связей в следующих видах: выделяет тепло, влагу, продукты жизнедеятельности, создает шум, дает сигналы о подаче сырья, энергии, приемке продукции, и пр.

Элемент системы	Человек	Машина	Окружающая среда
Машина	Машина воздействует на человека по каналам обратных связей, в виде зрительной информации, звуковой и др., что заставляет человека выполнять в определенной последовательности определенные рабочие приемы и пр. Кроме того, машина является источником опасных и вредных производственных факторов		Машина осуществляет воздействие на окружающую среду по каналам прямых связей в следующих видах: излучает энергию в виде тепла, звука, выдает продукцию, отходы производства в виде пыли, паров, вредных газов и пр.
Окружающая среда	Окружающая среда оказывает воздействие на человека по каналам обратных связей в виде зрительной, звуковой информации и др. Кроме того, окружающая среда иногда является источником опасных и вредных факторов	Окружающая среда оказывает воздействие на машину по каналам обратных связей в виде выделение энергии, вещества. Например, окружающая среда является источником сырья, энергии, оказывает тепловое, коррозионное воздействие (химическая энергия), эрозионное и пр.	

3.6. Границы и размеры системы «человек–машина»

Определив границы СЧМ, можно определить площадь и объем, занимаемый СЧМ, что очень важно при организации производства.

Необходимо отметить, что провести границу между окружающей средой и машиной бывает очень трудно. Например, при ткачестве система «Машина» – ткацкий станок непрерывно перемещает часть окружающей среды – основные и уточные нити, которые внутри ткацкого станка, переплетаясь между собой, превращаются в ткань и далее удаляются со станка. При этом можно отметить, что нити во время обработки является как бы частью, элементом машины. Таким образом, некоторая часть сырья и готовой продукции являются составными элементами системы «человек – машина».

При рассмотрении границ СЧМ в машиностроительном мелкосерийном или индивидуальном производстве можно отметить, что границы СЧМ в пространстве могут перемещаться, в зависимости от размеров детали и количества деталей в партии. Таким образом, размеры и площадь СЧМ зависят от вида организации производства.

При определении размеров СЧМ необходимо учитывать и характеристики, и особенности деятельности человека. Для достижения поставленной цели СЧМ – производства определенной продукции – человек должен совершать определенные действия и перемещения. Таким образом, для определения размеров СЧМ необходимо учитывать антропометрические размеры человека и траекторию его движения.

Таким образом, можно отметить, что границы СЧМ не являются постоянными (детерминированными) и могут перемещаться при изменении организации и технологии производства, зависят от параметров окружающей среды, национальных особенностей и пр.

Учитывая недетерминированный характер границ СЧМ, необходимо устанавливать некоторый запас при определении границы, учитывающий возможные изменения.

Можно отметить, что границы рабочего места обычно выбираются исходя из поставленной цели. Если целью является безопасность человека на его рабочем месте, то границы рабочего места определяются местом размещения объектов или процессов, учитываемых при анализе безопасности.

На основе системного анализа безопасности на рабочих местах и информационного метода определена - адекватность понятий: рабочее место и пространство, занимаемое системой человек-машина. Кроме того, показано существование рабочих зон нескольких типов.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие определения термина «рабочее место» Вы знаете?
2. Какие определения характеризуют понятие «средства труда».
3. Что включает в себя «рабочее место»?
4. Какие Вы знаете разновидности рабочих мест?
5. Что учитывается при организации рабочих мест?
6. Что входит в состав рабочего места с точки зрения теории систем?
7. Нарисуйте схему системы «человек – машина – окружающая среда».
8. Чем Человек обменивается с машиной и окружающей средой?
9. Какие Вы знаете анализаторы человека?
10. Какие параметры человека учитываются при определении рабочего места?
11. Какие Вы знаете определения термина «рабочая зона»?
12. Какие Вы знаете группы определений термина «рабочая зона»?
13. Какие Вы знаете определения термина «рабочая зона» первого и второго рода?
14. Нарисуйте схему взаимодействия в системе «человек – машина».
15. Назовите свойства системы «человек – машина».
16. Нарисуйте схему взаимодействия системы «человек – машина» с окружающей средой.
17. Что используется для фиксации процесса обмена информацией между СЧМ и средой?
18. Дайте определение термина «машина»
19. Что такое классификация рабочих мест и видов деятельности СЧМС по основному результату функционирования?
20. Что такое классификация вредных и опасных факторов по аспектам информационного потока?
21. Как определяется граница рабочего места?

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЕ ЧМС НА БЕЗОПАСНОСТЬ

Человек в системе ЧМС (см. рис 3.1 и 3.2) занимает особое положение, так как является наиболее сложным элементом системы. Анализ влияния человека на безопасность в системе ЧМС представляет особый интерес. Для анализа влияния человека на безопасность использовались методы инженерной психологии [39–46].

Базовые понятия

Психология труда – область психологической науки, изучающая психологические аспекты трудовой деятельности людей.

Психология безопасного труда – область психологии труда, изучающая психологические причины опасных действий работников, вследствие которых в процессе труда происходят несчастные случаи, инциденты, аварии и другие опасные события; пути использования психологии для повышения уровня безопасности работников.

Объектом исследования психологии безопасного труда являются различные виды предметной деятельности человека, связанные с опасностью. Предметом исследования в данной области являются свойства личности и психические состояния человека, отражающиеся на безопасности его трудовой деятельности.

Индивидуальная подверженность несчастным случаям – склонность к поведению, которое характеризуется повышенным риском, импульсивностью, неспособностью к адекватной оценке опасности для себя и окружающих.

Защищенность от несчастных случаев – способность человека не создавать для себя и других опасные ситуации, а в случае их возникновения (по его вине или независимо от него) успешно им противодействовать.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов.

Опасная ситуация – состояние рабочего места (объекта, технологического процесса), при котором создалась высокая вероятность возникновения несчастного случая (инцидента, аварии).

Человеческий фактор – ключевой фактор безопасного труда

Основным общепризнанным методом создания безопасных условий труда уже многие годы является использование технических средств безопасности. При этом решаются две основные задачи:

- а) создание машин, инструментов, технологий, при использовании которых опасность возникновения несчастного случая снижается до минимума;
- б) создание специальных средств защиты, охраняющих человека от опасности в процессе труда.

Однако по данным статистики, по крайней мере, в двух из трех несчастных случаях главным виновником является не техника, не технологический процесс, а сам работающий человек, который, по тем или иным причинам, не соблюдал правила безопасности, нарушал нормальное течение трудового процесса, не использовал предусмотренные средства защиты и т. п.

Самое общее рассмотрение закономерностей технологического прогресса позволяет заметить, что обстоятельства, способствующие возникновению несчастных случаев и аварий, возникают по вполне объективным причинам (рис. 4.1).

Первая причина. С развитием орудий труда расширился диапазон воздействия человека на окружающий его мир, как по разнообразию, так и по интенсивности. Достижения науки позволяют при разработке техники делать ее менее опасной, создавать соответствующие средства защиты от опасности, выбирать способы действия с учетом опасности и т. д. Однако, несмотря на эти предупреждающие меры, с развитием техники опасность растет быстрее, чем противодействие ей.

Вторая причина, делающая условия труда и жизни человека более жесткими и опасными, это рост цены ошибки. Теперь люди чаще гибнут от тока высокого напряжения, калечатся при использовании все более мощных грузоподъемных и транспортных средств, падают с высоты многоэтажных домов, – и падают не на землю, а на асфальт, бетон.

Третья причина – привыкание человека к опасности. Используя блага, даваемые техникой, и привыкая к ним, человек зачастую забывает, что техника обычно является еще и источником высокой опасности, а интенсивное использование ее повышает возможность реализации этой опасности. Постоянное взаимодействие с опасным оборудованием и неосведомленность о массовости несчастных случаев ведут к тому, что человек перестает бояться того, что на самом деле является очень опасным. Постепенно происходит адаптация не только к опасности, но и привычка к нарушениям правил.

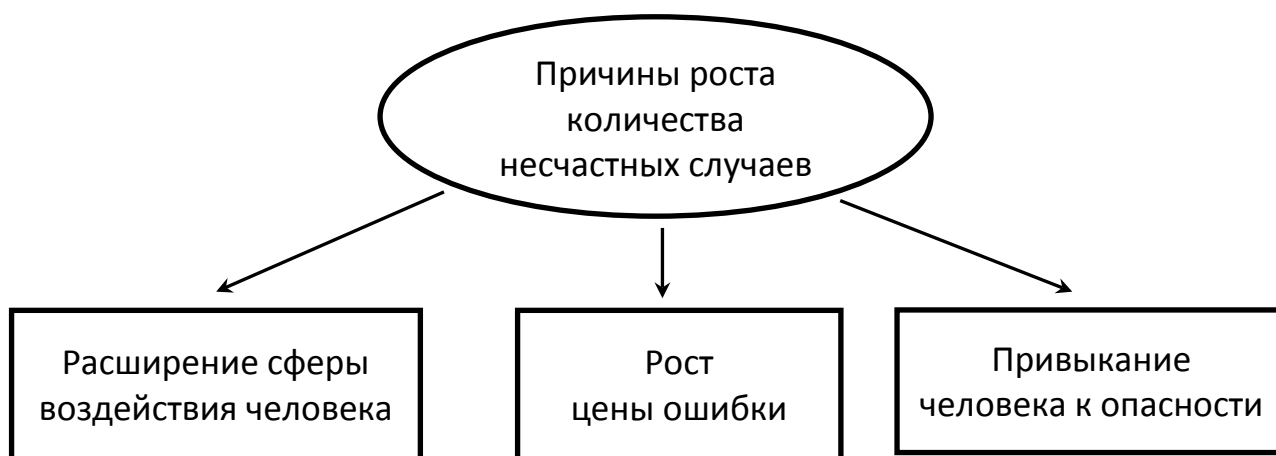


Рис. 4.1. Причины роста количества несчастных случаев

Помимо общих причин, обнаруживается много разнообразных, чисто индивидуальных факторов, главным образом психологического порядка, способствующих преднамеренным нарушениям правил безопасности труда и росту числа несчастных случаев (показная смелость, недисциплинированность, склонность к риску и многие другие).

В чем состоят причины неправильных, ошибочных действий человека? Причины многообразны. Это могут быть чисто субъективные факторы: отсутствие у человека необходимых для данной работы качеств психологического или физиологического порядка, недостаток знаний или опыта, нарушение физического или эмоционального состояния и пр. Внутренние факторы могут порождаться и внешними обстоятельствами. Например, внешние физические воздействия, начиная с тех, которые вытекают из условий труда, и вплоть до космических явлений (магнитных бурь, фаз Луны и т. д.), могут сказываться на внутреннем состоянии человека и быть первопричиной несчастных случаев. На несчастные случаи влияют и многие социальные факторы, такие как психологический климат в коллективе, принятая система стимулирования труда, условия жизни.

Психологические аспекты трудовой деятельности

Деятельность – это вид активности человека, направленный на познание и преобразование окружающего мира, включая самого себя и условия своего существования. Различают четыре вида деятельности:

- 1) общение;
- 2) игра;
- 3) учение;
- 4) труд.

Труд – это деятельность человека по созданию материальных или духовных ценностей, или оказанию услуг, удовлетворяющих потребности общества или отдельных людей.

Труд (трудовая деятельность) человека характеризуется целью, предметом, содержанием, средствами труда, условиями труда.

Цель трудовой деятельности – ее продукт. Предмет труда – материальные или интеллектуальные предметы или отношения, с которыми связана данная деятельность. Рассмотрим общие черты трудового процесса рабочего, занятого, например, на промышленном предприятии.

Труд такого работника характеризуется условиями и содержанием, которые принято называть производственными факторами. При этом под термином «производственные факторы» понимается весь комплекс производственных условий: здания, технологические процессы, оборудование, коммуникации, рабочие места, микроклимат и другие объекты производственной среды.

Применительно к конкретному работнику, выполняющему конкретную работу, решающим производственным фактором является его рабочее место. Рабочее место, в широком понимании этого термина, собственно и диктует требования к работнику. Именно на рабочем месте работник осуществляет трудовые функции и подвергается воздействию всей совокупности производственных факторов. Но, кроме того, рабочее место как физическое пространство, в котором находится и выполняет трудовые функции работник, формирует комплекс специфических производственных факторов, влияющих на его психику, самочувствие, здоровье и работоспособность в целом. Имеются в виду пространственные размеры рабочего места, микроклимат, освещенность, эргономические параметры оборудования, организация и кооперация труда, содержание рабочих операций, темп работы и другие.

Производственные факторы влияют не только на психику работника. Многие из них представляют реальную или потенциальную угрозу для жизни. Реально опасные факторы, по крайней мере, ограждены, обозначены, наблюдаемы. Намного сложнее оценить скрытые потенциальные опас-

ности как, например, наличие метана в атмосфере на рабочем месте горнорабочего или электрического потенциала на корпусе двигателя. Поэтому для обеспечения безопасности трудовой деятельности работник должен в процессе исполнения трудовых функций непрерывно или периодически отражать в своем сознании определенную часть производственных факторов, оценивать их опасность и адекватно реагировать (действовать).

Любой трудовой процесс можно рассматривать как цепь психомоторных актов (операций). Большинство операций содержит три фазы (рис. 4.2).

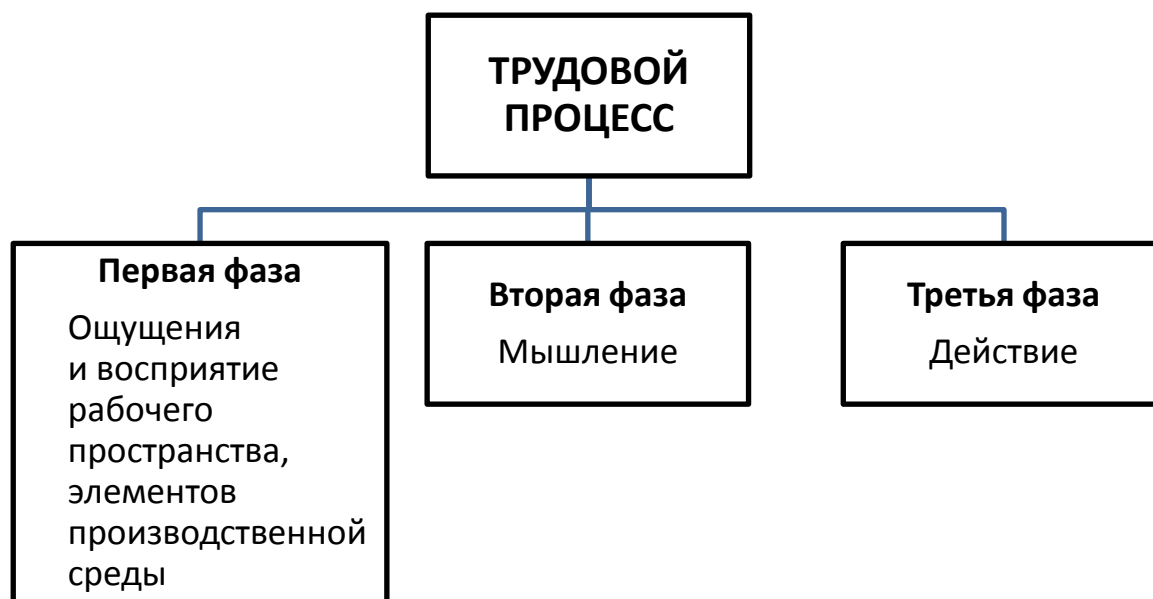


Рис. 4.2. Фазы операций трудового процесса

Первая фаза. Ощущения и восприятие рабочего пространства, элементов производственной среды, в том числе предмета и орудий труда. Иначе говоря, прежде чем начать что-то делать, необходимо осмотреться. Ощущения – психофизиологический процесс приема сигналов (внешних и внутренних раздражителей) через органы чувств. Восприятие – психический процесс анализа и синтеза ощущений, в результате которого наступает целостное отражение в мозге предметов и явлений, действующих в данный момент на органы чувств человека.

Вторая фаза. Мышление – психический процесс осмысливания воспринятого, постижение его сущности, связей и отношений. В ходе мышления образы, созданные в мозге как результат восприятия, анализируются, оцениваются по ряду критериев, после чего принимается (или не принимается) соответствующее оценке решение.

В ходе принятия решения делается выбор (поиск) приемлемого (на взгляд работника) варианта действий. Но не только: вырабатывается мо-

дель (проект), каким образом, в какой последовательности будет реализовано это действие, каков должен быть его результат.

Таким образом, мышление – это непрерывная переработка и синтез поступающей извне информации и информации, хранящейся в оперативной и долговременной памяти человека, в целях принятия решения о необходимых действиях.

Третья фаза. Действие может выражаться в форме физического воздействия на орудия труда, рычаги управления и другие предметы труда. Эти воздействия характеризуются величиной усилия, скоростью, точностью, координацией, темпом. В то же время, действие может быть в форме перемещения работника в пространстве рабочего места, в речевой форме, в форме жестов.

В практической деятельности рассмотренные три фазы при многих операциях протекают слитно, как непрерывный сенсомоторный акт. Такова, в общих чертах, структура трудовой деятельности, протекающей на рабочем месте при нормальном течении производственного процесса.

Современное промышленное производство, энергетика, транспорт, строительство и ряд других сфер человеческой деятельности содержат в себе высокую потенциальную опасность для человека, общества, окружающей среды. В силу многообразных причин (организационных, технических и/или личностных) нормальный рабочий процесс может быть нарушен нештатным событием – опасной ситуацией, которая, по определению, создает повышенную угрозу для работника; опасная ситуация может перейти в инцидент, аварию, несчастный случай.

В подобных ситуациях работник, кроме профессиональных знаний, навыков, способностей к оперативному мышлению и др. (необходимых при нормальном течении рабочего процесса), должен владеть специальными знаниями и навыками действий применительно к данной опасной ситуации, не впадать в панику, проявлять волю и т.д.

К сказанному следует добавить, что определенную часть рабочего времени работник находится вне рабочего места: передвигается по территории предприятия, административному, бытовому комбинату, посещает столовую, медпункт. Несоблюдение установленных требований безопасности работником (или другими лицами) также может создавать угрозу его жизни или здоровья.

Таким образом, труд, трудовая деятельность человека – это непрерывная цепь целенаправленных сенсорных, умственных и моторных действий. Естественно, что цель, нужный результат труда, безопасность будут достигнуты, если в цепи не произойдет разрывов, сбоев, отклонений.

Опасные действия работников в процессе труда

В реальных производственных условиях, где участвует человек, обеспечить идеальное протекание трудовой деятельности пока не удастся. В силу уже обозначенных и более детально рассмотренных ниже причин, человек допускает неправильные (неточные, ошибочные, несвоевременные) действия, пропуск необходимых действий, опрометчивые поступки и т. д. Часть из них не оказывает заметного влияния на показатели труда, другая часть сказывается на качестве продукции; третья – создает опасную ситуацию, от которой до несчастного случая или аварии один шаг. Эту часть неправильных действий будем называть «опасные действия».

Анализ материалов расследования несчастных случаев и аварий позволяет выделить и сгруппировать по фазам психомоторных актов характерные опасные действия работников.

Причины опасных действий

Любое опасное действие, как показали исследования, может быть следствием одной или группы причин. Например, неправильная оценка состояния обслуживаемой установки может быть результатом недостатка профессиональных знаний или болезненного состояния работника, или отсутствия нужного времени для этой операции, или просто игнорирования работником требований о проверке состояния установки. Обобщение материалов расследований производственных несчастных случаев и аварий позволяет все многообразие непосредственных причин опасных действий свести к четырем группам (классам) причин (рис. 4.3):

- А. Не умеет – это означает, что работник не владеет необходимыми для данной работы знаниями; не овладел соответствующими навыками, методами, приемами, способами.
- Б. Не хочет, т. е. работник умеет качественно и безопасно выполнять данную работу (операцию), однако у него нет желания соблюдать требования безопасности, иначе говоря, нет мотивации, не развита психологическая установка на соблюдение этих требований.
- В. Не может – это означает, что работник находится в таком физическом или психологическом состоянии, что, несмотря на умение, несмотря на желание, допускает опасное действие.
- Г. Не обеспечен. Работник не исполняет предписанное действие из-за необеспечения его необходимыми условиями – инструментами, материалами, приборами, информацией и т. д.

Первые три группы причин (А, Б, В) обусловлены индивидуальными и личностными особенностями (качествами) работника. В целом, эти причины именуется человеческим фактором.



Рис. 4.3. Основные классы причин несчастных случаев по вине работника

Четвертая группа непосредственных причин является внешним по отношению к работнику фактором, иначе говоря, – это производственная среда, в которой протекает деятельность работника.

Все четыре выделенные группы непосредственных причин опасных действий, в свою очередь, следствие причин более высокого уровня, который следует отнести к сфере организации и управления производством. Обычно эти причины определяют как организационные.

4.1. Психологические методы обеспечения безопасности

Первоначально рассмотрим, что понимать под термином «безопасный труд». Не является ли это понятие синонимом понятия «безопасные условия труда»? В главе 4 приведено определение: «Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов исключено, либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов». Как видно, это определение не исключает наличия на рабочем месте потенциально опасных факторов и не содержит каких-либо требований к работнику.

Достаточно ли подобных условий, чтобы предупредить несчастный случай (аварию)? Очевидно, что нет.

Во-первых, как отмечено, в силу ряда причин, сам работник может совершить опасное действие, в результате которого последует несчастный случай или авария.

Во-вторых, потенциальная опасность производства при определенных условиях может перейти в реальную, при которой создается опасная ситуация или аварийная обстановка, требующая от работника адекватных действий, поведения.

Наконец, возможны ситуации, когда тяжелые последствия наступают не из-за воздействия опасного фактора, не из-за опрометчивого поведения работника, а в связи с его состоянием. Представим, что на идеальном (по критерию безопасности) рабочем месте у работника из-за сильных переживаний (которые имели место до начала рабочего дня) произошел сердечный приступ, он потерял сознание, упал и получил черепно-мозговую травму.

Таким образом, следует признать, что безопасные условия труда являются необходимыми, но недостаточными для безопасного труда. Много зависит от работника: от его квалификации, поведения, физического и психического состояния.

Основываясь на приведенных выше суждениях, дадим определение понятию «безопасный труд».

Безопасный труд – это деятельность, при которой обеспечиваются безопасные условия труда; работник целесообразно и безопасно действует как при выполнении рабочих операций, так и при возникновении опасных ситуаций; физическое и психическое состояние работника соответствует норме.

Выше рассмотрены четыре группы причин опасных действий работников:

- 1) не умеет;
- 2) не хочет;
- 3) не может;
- 4) не обеспечен.

Очевидно, что для обеспечения безопасного труда эти причины должны быть устранены.

4.2. Профессиональный отбор

Для производств и видов деятельности с высокой потенциальной опасностью аварий с тяжелыми последствиями ключевым условием обеспечения безопасности является надежность персонала. Профессиональный отбор – одно из направлений решения этой задачи.

Поэтому, наряду с внедрением в производство технических устройств, препятствующих ошибочным действиям работников (всевозможные блокировки, предупредительная окраска, опережающая сигнализация и т. д.), стали проводиться исследования и разработка методов профессионального отбора кандидатов по наиболее сложным и опасным профессиям и рабочим местам, в первую очередь, в тех отраслях промышленности и транспорта, где человеческий фактор в обеспечении безопасности является решающим.

Профессиональный отбор содержит следующие понятия

ПРОФЕССИЯ – сфера трудовой деятельности, характеризующаяся определенным предметом труда, содержанием и условиями труда.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР – научно обоснованный выбор работников из группы претендентов для найма на работу (или направления на обучение) по определенной профессии, специальности или должности.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРИГОДНОСТЬ – соответствие работника по своим профессиональным знаниям, умениям, опыту, социальным, психофизиологическим и другим личностным и индивидуальным качествам требованиям конкретной профессии (специальности, должности).

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА – психофизиологические, социально-психологические и другие качества, а также знания, умения и навыки, необходимые работнику для безопасного и производительного выполнения работ (операций, функций), по профессии (должности).

МЕТОДИКИ определения профессиональных качеств – научно обоснованные способы и средства выявления и оценки профессиональных качеств.

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ профессионального качества – показатель, которым измеряется (оценивается) или сравнивается соответствующее качество.

Профессионально важные качества работника

Известно более 400 терминов, характеризующих человека как индивида, как личность. На основании проведенных профессиографических исследований условий, содержания и опасностей труда на предприятиях промышленности, транспорта и строительства для оценки профпригодности работников выделены профессионально важные качества, подразделяемые на 3 группы (табл. 4.1):

- а) профессиональные знания и умения.
- б) социально-психологические качества.
- в) физиологические и психофизиологические качества.

Таблица 4.1

Перечень профессионально важных качеств и «антикачеств» работников

№ п/п	Качества	«Антикачества»
А. Профессиональные знания и умения		
1	Знания, умения и навыки безопасного выполнения рабочих операций	Недостаточные профессиональные знания, не владение специальными методами, приемами, навыками
2	Знания и умения действовать в опасных ситуациях	Невладение специальными знаниями и навыками действий в опасных ситуациях, растренированность
3	Способность к обучению, самообучению	Неспособность к обучению, самообучению
Б. Социально-психологические		
4	Добросовестность, Ответственность	Недобросовестность, безответственность
5	Воздержанность от алкоголя, наркотиков	Склонность к алкоголю, наркотикам
6	Готовность помочь, готовность к сотрудничеству	Индивидуализм
7	Дисциплинированность	Недисциплинированность
8	Целеустремленность, настойчивость	Пассивность, недостаточная сила воли
9	Осторожность, предусмотрительность	Склонность к риску, импульсивность, беспечность
10	Самостоятельность	Конформизм
11	Решительность, смелость	Неуверенность, растерянность, трусость
12	Наблюдательность	Неосмотрительность
13	Аккуратность	Неаккуратность, неряшливость
14	Коммуникабельность	Замкнутость
15	Дружелюбие	Агрессивность
16	Способность к адаптации	Неспособность к адаптации, привыкание к опасности
В. Физиологические, психофизиологические		
17	Работоспособность, выносливость	Физическая слабость, низкая выносливость
18	Скорость психомоторных реакций	Замедленность психомоторных реакций
19	Острота зрения	Близорукость (и другие отклонения)
20	Глазомер	Неразвитый глазомер
21	Цветовосприятие	Дальтоник
22	Острота слуха	Тугоухость

Окончание табл. 4.1

№ п/п	Качества	«Антикачества»
23	Дифференциация звука	Неспособность к дифференциации звука
24	Эмоциональная устойчивость	Эмоциональная неустойчивость, чрезмерная тревожность
25	Устойчивость внимания	Рассеянность
26	Распределение внимания	Неспособность к распределению внимания
27	Кратковременная память	Недостаточная кратковременная память
28	Оперативная память	Слабая оперативная память
29	Долговременная память	Слабая долговременная память
30	Оперативное мышление	Неспособность к оперативному мышлению
31	Логическое мышление	Неспособность к логическому мышлению

Испытания и оценка профессионально важных качеств

При профессиональном отборе используются следующие методы испытаний и оценки выраженности профессиональных качеств:

- а) экзамен – для определения и оценки уровня профессиональных знаний, умений и навыков;
- б) экспертные оценки – для оценки социально-психологических и эмоционально-волевых качеств;
- в) психофизиологические диагностики и тестирование – для испытаний и оценки физиологических и психофизиологических качеств.

Категория А – обязательно необходимые качества.

Категория В – ограниченно необходимые.

В зависимости от профессии, то или иное качество может относиться или к категории А, или к категории В.

В свою очередь, степень значимости качеств категории В зависит от профессии.

Интегральная оценка степени профессиональной пригодности работника для работы по данной профессии по результатам тестовых испытаний определяется на основе двух критериев:

4.3. Формирование безопасного поведения в процессе трудовой деятельности

Если для оценки квалификации работника и его состояния имеются четкие показатели, то по каким критериям можно оценить (с позиций безопасности) поведение работника?

Практика показывает, что поведение (действия) работника можно характеризовать как безопасное, если он:

- 1) работу (задания, операции) выполняет согласно технологическому регламенту с соблюдением требований безопасности;
- 2) при опасных ситуациях (несчастном случае, инциденте, аварии и др.) действует уверенно, в установленном порядке;
- 3) как на рабочем месте, так и вне его соблюдает трудовую дисциплину, правила внутреннего трудового распорядка.

Основой поведения человека является мотивация

Мотивация – система факторов, которая включает: потребности, цели, намерения, ценности, установки, отношение (к себе и окружающим), интересы и другие.

Мотивация обуславливает направленность и активность поведения человека в целом. Однако конкретный поступок, конкретное действие происходит под влиянием феномена, который называют мотивом.

Мотив – это то, что в данный момент, при данных условиях, при данном физическом и психическом состоянии человека побуждает его к данному действию (опасному или соответствующему норме). Мотив, образно выражаясь, – «детонатор» действия. Мотив может сформироваться в результате осознанного решения, когда взвешиваются все «за» и «против». Однако он может возникнуть «вдруг» – спонтанно, неосознанно. И тогда говорят об импульсивном, необдуманном поведении. Мотив также можно представить как образовавшуюся в мозге модель цели действия и способа его выполнения.

Мотивация – не раз и навсегда сформировавшееся качество человека. Мотивация постоянно обновляется и изменяется в процессе обучения, воспитания и самовоспитания, накопления жизненного опыта. Соответственно изменяются и мотивы конкретных действий, поступков. Важную роль в формировании мотивации играют потребности и психологические установки.

Потребность – состояние, при котором человек ощущает нужду в чем-то или в ком-то. Согласно концепции известного психолога А. Маслоу, у человека пять групп потребностей:

- 1) физиологические;
- 2) безопасности;
- 3) принадлежности (стремление принадлежать к определенной социальной группе);
- 4) признания (стремление к достижению мастерства, компетентности, потребность в престиже и высоком социальном статусе);
- 5) самореализации (познавательные и эстетические).

При этом считается, что каждая из потребностей (начиная со второй группы) формируется по мере удовлетворения предыдущей.

Психологические установки – это готовность, предрасположенность к определенным действиям.

В трудовой деятельности у работника может преобладать одна из следующих установок:

- установка выгоды – приоритетным для работника является вознаграждение за труд (заработать как можно больше);
- установка на безопасность. Работник уверен, что сохранение своей жизни и здоровья превыше всего; что для этого необходимо выполнять требования безопасности, избегать опасных ситуаций, быть предельно бдительным и т. д.;
- установка на экономию сил, удобство: работник выбирает более легкий способ выполнения задания, избегает тяжелых работ, не напрягается;
- установка на получение удовлетворения от процесса труда, от его результата – это, так называемые, трудоголики;
- установка действовать так, как это принято в данной группе, коллективе («не высовываться»).

В реальности названные установки могут присутствовать у работника в любом сочетании, и при определенных обстоятельствах конфликтовать между собою, порождая сомнения, неуверенность, напряженность.

Наиболее драматичен конфликт между установками на выгоду и на безопасность, что характерно при сдельной оплате труда.

Создание психологического настроения на безопасность

Важным компонентом мотивации является психологическая установка (настрой) на выполнение требований безопасности. То есть безопасная деятельность работника является следствием правильного отноше-

ния к требованиям охраны труда, его настроя на работу без несчастных случаев. Следовательно, чтобы добиться благоприятного отношения работника к требованиям безопасности, такое отношение необходимо создать, прежде всего, у его руководителя, и оно должно «захватить» работника. Работник будет верить в возможность безопасного труда только в той мере, в какой будет верить в это его непосредственный и вышестоящий руководитель. Поэтому все звенья управления производством должны постоянно проявлять «видимый» и «слышимый» работниками интерес к обеспечению безопасных условий их труда. Причем рабочие должны постоянно это ощущать на себе. Как правило, руководители недооценивают роль того фактора, на который они могут широко воздействовать (создание хорошего психологического климата), и переоценивают значение фактора, где их возможности ограничены (увеличение заработка).

Политика создания условий для безопасного труда должна быть направлена на коллективный поиск членами производства на всех его ступенях путей предупреждения несчастных случаев. Каждый на своем месте обязан искать пути решения этой проблемы и вносить предложения в данном направлении, причем такие предложения следует всемерно поощрять. Любой несчастный случай, независимо от степени его тяжести, должен привлекать к себе внимание руководителей всех уровней. Все это способствует тому, что на производстве создается общественное мнение: здесь каждый несет ответственность за безопасность. Только в таком случае у рабочего появится уверенность в том, что вокруг него все в порядке, появится настрой на безопасную работу.

Воспитание безопасного поведения

Воспитание безопасного поведения можно определить как направленное воздействие на психику работника с целью развить у него качества, способствующие его безопасной работе.

Безопасному поведению противостоит небезопасное (рисковое) поведение. В промышленной безопасности термин «риск» означает меру опасности – вероятность опасного события и тяжесть его последствий. Под риском в трудовой деятельности человека понимается действие (поведение), которое может привести (а может и не привести) к опасности для человека, совершающего подобное действие, или для других людей. Заведомо нельзя утверждать, какой будет исход. Множество условий и обстоятельств влияют на финал рискованного поведения. Пример – переход через проезжую часть улицы на красный свет.

Рисковое поведение может быть самоцелью – продемонстрировать свою храбрость получить острые ощущения. Однако в большинстве производственных случаев такое поведение имеет цель сэкономить время или силы, дать больше продукции и, следовательно, больше заработать.

Предрасположенность к риску – одно из многих врожденных психологических качеств человека. Однако по мере становления личности это качество непрерывно изменяется как по силе, так и частоте проявления.

Рисковое поведение в трудовой деятельности, если никто и ничто ему не противодействует, может закрепиться, стать дурной привычкой. Однако при жестком противодействии со стороны коллег по труду, руководителей можно добиться сведения его проявления к разумному пределу.

Антипод рискованного поведения – чрезмерная осторожность или трусость, которую также нельзя оценивать как положительное профессиональное качество. Разумная осторожность – вот то, что необходимо каждому работнику, впрочем, и любому человеку, который дорожит своей жизнью.

Несколько слов о понятии «оправданный риск», широко используемом в финансовой, коммерческой и других видах деятельности. Риск в этих сферах деятельности связан с необходимостью принимать ответственные решения в условиях неопределенности, отсутствия точной информации. При этом, как правило, всесторонне просчитываются возможные исходы. Оправданный риск применительно к трудовой деятельности может иметь место только в экстремальных ситуациях. Например, при аварии в шахте горноспасатели идут в аварийную зону, чтобы спасти людей, подвергаясь при этом высокому риску для своей жизни.

Для воспитания безопасного поведения используют два метода воздействия:

- одноканальные коммуникации, когда существует канал воздействия, но отсутствует канал обратной связи для контроля восприятия этого воздействия;
- двухканальная коммуникация, при которой в процессе воздействия имеется возможность контролировать его восприятие.

Средствами одноканального воздействия являются печатные издания (инструкции, наставления, правила и т. д.), плакаты по безопасности, стенные газеты, доклады, телевидение, кино. Двухканальное воздействие реализуется методом бесед, коллективного обсуждения с рабочими несчастных случаев, путей использования средств защиты. Каждый из названных методов должен избираться применительно к конкретной решаемой задаче, но значительно более эффективными являются средства двухканальной коммуникации.

Важным аспектом воспитательной работы по охране труда является подготовка квалифицированных специалистов в этой области и наделение их соответствующими полномочиями, способствующими повышению авторитета службы охраны труда.

Предупреждение об опасных ситуациях – рассматривается как один из действенных методов психологического настроя на безопасное поведение. Каждый несчастный случай, независимо от его происхождения, всегда в какой-то мере поучителен как для пострадавшего, так и для окружающих. Все обстоятельства, характерные для ситуации, в которой возник несчастный случай (на каком рабочем месте, при выполнении какого действия, при каких условиях, в какой день недели, в котором часу и т. п.), связываются с несчастным случаем и на будущее становятся настораживающими, т. е. значащими для индивида. И уже одно это, как было неоднократно показано, способствует избеганию опасностей при встрече с подобными ситуациями или их элементами. Причем, знание опасности вызывает не только сознательное противодействие ей, но порождает и неосознанные процессы саморегуляции, способствующие противостоянию организма вредным или нежелательным воздействиям на него. Поэтому так важно заблаговременно предупреждать рабочих об опасных ситуациях, которые могут возникать на отдельных этапах их труда, подробно информировать о нарушениях требований безопасности, допущенных отдельными работниками, о происшедших несчастных случаях, инцидентах и авариях.

На основе анализов статистического материала представляется возможным выделить не только ситуации, в которых чаще всего возникают несчастные случаи, но и отдельные внешние условия, которые им сопутствуют. Таким образом, для рабочих разных профессий, для различных рабочих мест можно указать конкретные данные: при каких действиях, операциях, в какие дни месяца, недели, в каком часу работы и т.п. наиболее вероятны ошибки, ведущие к несчастным случаям. Эта информация в виде плакатов-предупреждений может вывешиваться как средство, направленное на снижение травматизма.

Относительно новый метод предупреждения опасных ситуаций получил название «актуализации предпосылок». Этот метод нацелен на выявление обстоятельств, которые привели к возникновению опасных ситуаций, не завершившихся несчастными случаями, и основан на следующих соображениях. Обстоятельства зафиксированных несчастных случаев обычно разносторонне изучаются, анализируются и по ним делаются соответствующие выводы. Те же опасные ситуации, которые по тем или

иным причинам не привели к несчастным случаям (а их, как правило, гораздо больше, чем несчастных случаев), обычно остаются неизученными. Такие ситуации называют предпосылками к несчастным случаям. Подобные опасные ситуации следует специально восстанавливать в памяти людей, у которых были подобные предпосылки, эти ситуации, анализировать их, обобщать и принимать по ним меры.

Главной задачей этого метода является изучение возможностей возникновения опасных ситуаций до того, как появится несчастный случай и связанный с ним материальный ущерб. Необходимо обратить внимание на трудности восстановления реальных условий несчастного случая, поскольку пострадавшие обычно не любят вспоминать о происшествии – люди охотнее говорят о ситуациях, где им удалось избежать несчастного случая, т. е. о предпосылках к нему. Однако существует целый ряд причин, по которым они не всегда охотно рассказывают и о предпосылках к несчастным случаям. Среди таких причин выделяют следующие:

- незнание рабочим, как руководство или товарищи будут реагировать на его сообщение;
- опасение потерять доброе имя и повредить себе по службе;
- желание показать себя с лучшей стороны и пр.

Предупреждение об опасных точках производства – можно рассматривать одновременно как метод углубления профессиональных знаний и как метод настроя на безопасный труд.

Работников следует предупреждать не только об опасных ситуациях, которые могут возникнуть у них в процессе труда, но и указывать конкретные места – опасные точки, при соприкосновении с которыми наиболее возможно возникновение таких ситуаций. Указанные точки становятся опасными по многим причинам. Точка может стать опасной потому, что при взаимодействии с ней у рабочего часто возникают сложные задачи, где весьма возможны ошибочные решения. Точка становится опасной и потому, например, что особенности технологии в данном месте плохо согласованы с психофизиологическими возможностями человека и провоцируют его на ошибки. Рабочий может взаимодействовать с данной точкой в состоянии усталости, что также делает ее опасной. Возможно, что в данной точке часто возникают отказы техники, причиняющие повреждения рабочему. Следовательно, опасные точки могут возникать в связи с самыми разнообразными причинами, действие которых, в конце концов, сводится к тому, что в данном месте несчастные случаи появляются значительно чаще, чем в других местах.

Основанием для выделения опасных точек обычно служит статистика несчастных случаев и материалы их анализа. Статистика позволяет установить точки, при взаимодействии с которыми несчастные случаи возникают особенно часто, а данные анализа показывают характер опасности (механической, электрической и т. п.).

Появление участков внедрения новой техники или новой технологии должно во всех случаях являться объектом особого внимания службы безопасности на предприятии. Здесь может выясниться непригодность или неполная пригодность ранее действовавших правил, могут выявиться новые производственные опасности, которые раньше нельзя было предвидеть. Повышенное внимание руководства к таким опасным из-за своей новизны участкам не останется незамеченным рабочими и тоже будет содействовать лучшему их настрою на безопасную работу.

Формирование эмоциональной устойчивости работника в опасных ситуациях

Практика показывает, а специальными исследованиями подтверждено, что при опасных ситуациях люди действуют по-разному. Незначительная часть (12...15 %) испытывает прилив сил, умственной энергии, принимает быстрые и точные решения, действует смело и целенаправленно. Часть людей (15...20 %) в целом сохраняют способность правильно мыслить и действовать, хотя испытывают напряженность, беспокойство. Однако, основная масса людей (до 65 %) при возникновении серьезной опасности теряет способность к целесообразным действиям. Некоторые из них впадают в состояние аффекта: действуют импульсивно, беспорядочно, иногда агрессивно.

Другие – под действием страха вместо того, чтобы попытаться предотвратить развитие опасной ситуации, отказываются от каких-либо действий, пытаются покинуть опасное место. При этом они не представляют, как и куда нужно уходить, чтобы спастись.

Наконец, среди рассматриваемой группы всегда находятся люди, которые вообще не в состоянии что-либо делать: страх сковывает их мысли и движения, они впадают в ступор, или как принято говорить «отключаются».

Люди, которые составляют первую из выделенных групп, – обладают высокой эмоциональной устойчивостью.

Под эмоциональной устойчивостью следует понимать свойство личности, характеризующееся таким взаимодействием эмоциональных, волевых, интеллектуальных и мотивационных компонентов психической дея-

тельности человека, которое обеспечивает успешное поведение (действия) в сложной или опасной обстановке.

Уровень эмоциональной устойчивости зависит от многих факторов как биологической, так и социальной сущности человека. Эмоциональная устойчивость определяется, с одной стороны, особенностями нервной системы индивидуума и уровнем

физического состояния организма, а с другой, – особенностями сознания личности, ее интеллектом, мотивационно-волевой сферой и сферой высших чувств.

Что же выводит человека из равновесия? Кроме угрозы для своей жизни и здоровья или близких ему людей психологи называют десятки факторов, отрицательно влияющих на психику человека. Применительно к трудовой деятельности – это, прежде всего, ненормальные условия труда (чрезмерный шум, вибрация, загазованность и другие); конфликты в отношениях с руководителями и товарищами по труду; нехватка времени; угроза потерять заработок из-за простоя и т. д.

Специфическая реакция человека на названные и им подобные раздражители именуется стрессом. Установлено, что стресс – сложное психофизиологическое явление. Под действием раздражающего фактора (стрессора) в первоначальный момент происходит мобилизация организма на преодоление раздражителя. Но при сильном стрессоре и продолжительном его действии у большей части людей, как выше отмечено, наступает сбой в психике.

Однако не все так безнадежно. Исследованиями и практикой подготовки наиболее ответственных профессий (летчиков, подводников, космонавтов) установлено, что путем специального обучения, целенаправленными тренировками можно повысить эмоциональную устойчивость человека.

При этом главную роль в сохранении эмоционального равновесия играют волевые качества, проявляющиеся в умении заставить себя самоприказом сознательно управлять и адекватно регулировать свои действия.

На конкретном предприятии для формирования у работников эмоциональной устойчивости в опасных ситуациях должны проводиться мероприятия, учитывающие степень опасности производства, виды возможных аварий, квалификацию персонала.

Стимулирование безопасного поведения

Психологический настрой на безопасное поведение фактически является одним из путей усиления мотивации к безопасному труду. Другим

путем, ведущим к той же цели, является стимулирование безопасного поведения.

Для воспитания безопасного поведения в процессе труда обычно используется как положительное стимулирование – поощрения за безопасную работу, так и отрицательное – наказания за нарушение требований безопасности.

Система стимулирования безопасного труда должна содержать как моральные, так и материальные элементы. Моральные стимулы – это когда пунктуальное выполнение требований безопасности специально оценивается, ставится в пример другим, социально поощряется. Материальные стимулы для усиления мотива безопасности должны быть такими, чтобы безопасный труд материально стал более выгодным. Выбор вида вознаграждения за труд (повременной или сдельной оплаты) обычно не связывают с вопросами безопасности, тогда как связь здесь оказывается весьма существенной. Сдельную оплату недопустимо применять на работах с повышенной опасностью, поскольку здесь повышение производительности труда может идти в ущерб безопасному поведению. Сдельную оплату следует применять только при условии, когда имеются обоснованные нормы труда, существует надежный контроль не только за количеством и качеством труда, но и за соблюдением требований безопасности.

При преднамеренном (осознанном) нарушении требований безопасности угроза наказания и само наказание может явиться эффективным способом психологического воздействия на работника. Поэтому очень важно, чтобы каждый работник четко представлял, за что он несет ответственность и какое наказание (дисциплинарное, административное, уголовное, материальное) может последовать за допущенные им нарушения.

В то же время, по разным причинам – из-за неустойчивых навыков или их разрушения, неудовлетворительных условий труда, болезненного состояния и ряда других причин – возможны произвольные ошибочные действия, нарушения тех или иных требований безопасности. Если за такие нарушения последует наказание, то это может привести к нежелательным последствиям, поскольку наказание является сильным эмоциогенным фактором.

Намного целесообразнее и эффективнее использовать положительное стимулирование. Применение поощрений за безопасную работу, как свидетельствует международный опыт, является действенным средством повышения безопасности труда. Поощрения не только усиливают мотивацию к точному выполнению правил и безопасному поведению, но и спо-

способствуют закреплению хороших результатов труда, отбору и фиксации в психике лучших и наиболее безопасных приемов работы.

Отмечая значение положительного стимулирования, подчеркнем, что поощрения должны осуществляться сразу же после достижения успеха, и чем длительнее оказываются задержки, тем ниже эффект от такой стимуляции.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое психология труда?
2. Что такое психология безопасного труда?
3. Что такое объект исследования психологии безопасного труда?
4. Что такое индивидуальная подверженность несчастным случаям?
5. Что такое защищенность от несчастных случаев?
6. Что такое безопасные условия труда?
7. Что такое опасная ситуация?
8. Что такое деятельность?
9. Что такое труд?
10. Что такое цель трудовой деятельности?
11. Что такое предмет труда?
12. Что такое мышление?
13. Что такое действие?
14. Что такое безопасные условия труда?
15. Какие вы знаете фазы трудовых операций?
16. Какие вы знаете причины несчастных случаев?
17. Какие вы знаете причины опасных действий?
18. Что такое безопасный труд?
19. Что такое профессия?
20. Что такое профессиональный отбор?
21. Что такое профессиональная пригодность?
22. Что такое профессиональные качества?
23. Что такое методика определения профессиональных качеств?
24. Что такое критерий оценки профессионального качества?
25. Какие вы знаете группы профессионально важных качеств?
26. Какие профессионально важные качества и «антикачества» работников Вы знаете?
27. Что такое мотивация?
28. Какое поведение работника можно характеризовать как безопасное?

29. Что такое мотив?
30. Что такое потребность?
31. Какие Вы знаете группы потребностей?
32. Что такое психологические установки?
33. Какие Вы знаете установки?
34. Что такое рискованное поведение?
35. Что такое оправданный риск?
36. Какие Вы знаете предпосылки несчастного случая?
37. Почему рабочие редко рассказывают о предпосылках несчастного случая?
38. Как можно стимулировать безопасное поведение?

Список литературы

1. Белов П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учебн. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Г. Белов. – М. : Академия, 2003. – 512 с.
2. Белов П. Г. Методологические аспекты национальной безопасности России / П. Г. Белов. – М. : Безопасность, 2001. – 300 с.
3. Белов П. Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности / П. Г. Белов. – М. : Безопасность, 1996. – 432 с.
4. Введение в математическое моделирование / под ред. П. В. Трусова. – М. : Интернет инжиниринг, 2000. – 336 с.
5. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска : пер. с англ. – М. : Машиностроение, 1984. – 528 с.
6. Гайкович А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем / А. И. Гайкович. – СПб. : Моринтех, 2001. – 320 с.
7. Аварии и катастрофы: предупреждение и ликвидация последствий / В. А. Котляревский [и др.]. – М. : Ассоциация строительных вузов, 1995. – 320 с.
8. Предупреждение крупных аварий. Практическое руководство: вклад МБТ в Международную программу по безопасности в химической промышленности, разработанную при участии ЮНЕП, МБТ и ВОЗ : пер. с англ. / Моск. Науч.-исслед. ин-т охраны труда, Международное бюро. Женева.; ред. Э. В. Петросянц. – М. : МП «Рарог». 1992. – 256 с.
9. Сафонов В. С. Теория и практика оценки риска в газовой промышленности / В. С. Сафонов, Г. Э. Одишария, А. А. Швыряев. – М. : ВНИИГаз; МГУ им. М. В. Ломоносова, 1996. – 204 с.
10. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинский – Л. : Наука, 1982. – 270 с.
11. Дюбуа Д. Теория возможностей / Д. Дюбуа, А. Прад. Приложения к представлению знаний в информатике: пер.с франц. – М. : Радио и связь, 1990. – 288 с.
12. Методика аттестации рабочих мест предприятий железнодорожного транспорта на травмобезопасность: утв. Начальником Управления заработной платы и охраны труда С. М. Даниловым 17 июня 1999 года № ЦЗТ-34-99 [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <http://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).

13. РД 31.81.14–98. Инструкция о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда в судоходных компаниях, на судах и береговых объектах морского транспорта [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <http://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
14. Рекомендации оценки качества работ по аттестации рабочих мест по условиям труда на предприятиях железнодорожного транспорта: утв. начальником Управления охраны труда МПС России А. Мезенцевым 25 марта 2002 года № ЦБТ-10 [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
15. Пер Ю. Экономическая метрология. Ч. 2. Процесс труда – социальная молекула / Ю. Пер. – М. : ВЦУЖ, 1999. – 138 с.
16. Дубровский Ю. Н. Научная организация труда / Ю. Н. Дубровский, М. А. Мельнов, Б. В. Цетлин. – М. : Экономика, 1974. – 174 с.
17. ГОСТ 19605–74. Организация труда. Основные понятия. Термины и определения. [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
18. ПЗ4-00-007–86. Положение об аттестации, рационализации, учете и планировании рабочих мест в энергетике [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
19. Акулов В. Б. Экономическая теория : учеб. пособие / В. Б. Акулов. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2001. – 180 с.
20. Основы научной организации труда : учебник / Ю. Н. Дубровский, М. А. Мельнов, Б. В. Цетлин. – М., 1971. – 448 с.
21. Кольцов Н. А. Научная организация труда / Н. А. Кольцов. – М. : Высшая школа, 1983. – 152 с.
22. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев [и др.]. – 4-е изд., перераб. – М. : Высшая школа, 2007. – 335 с.
23. ГОСТ Р ЕН 614-1–2003. Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Ч. 1. Термины, определения и общие принципы [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
24. Рунге В. Ф. Эргономика в дизайне среды / В. Ф. Рунге, Ю. П. Манусевич. – М., 2005. – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).

25. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
26. Буралев Ю. В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте /Ю. В. Буралев. – М. : АКАДЕМІА, 2004. – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
27. ГОСТ 12.3.033–84. Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
28. Словарь по естественным наукам [Электронный ресурс] // Глоссарий.ru. – Режим доступа : www.glossary.ru (дата обращения 25.11.2017).
29. Определение размеров рабочего места / Г. К. Букалов, В. Г. Никитин, Д. А. Хмелев, Ю. П. Винс // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2007. – № 15. – С. 88–91.
30. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
31. ГОСТ Р ЕН 614-1–2003. Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Ч. 1. Термины, определения и общие принципы [Электронный ресурс] // СПС «Кодекс». – Режим доступа : <https://www.google.ru/search> (дата обращения: 25.11.2017).
32. Букалов Г. К. Основы поиска новых методов повышения износостойкости рабочих органов текстильных машин : монография / Г. К. Букалов, Р. В. Корабельников. – Кострома, 2001. – 126 с.
33. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
34. Чус А. В. Основы технического творчества / А. В. Чус, В. Н. Данченко. – Киев ; Донецк : Вища школа, 1983. – 183 с.
35. Ермак В. Д. Структура и функционирование психики человека с системной точки зрения /В. Д. Ермак // Соционика, ментология и психология личности. – Киев : МИС. – 1966. – № 3. – С. 72–79.
36. Дружинин В. В. Системотехника / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М. : Радио и связь, 1985. – 200 с.
37. Ермак В. Д. Взаимодействие психики человека с окружающим миром / В. Д. Ермак // Соционика, ментология и психология личности. – Киев : МИС. – 1997. – № 5. – С. 22–32.

38. Ермак В. Д. Как понимать людей. Соционика – новый метод познания человека / В. Д. Ермак. – М. : Астрель, Профиздат, 2005. – 478 с.
39. Дубровина О. И. Психология труда, инженерная психология и эргономика : учеб. пособие / О. И. Дубровина. – Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2015. – 224 с.
40. Девисилов В. А. Охрана труда : учебник / В. А. Девисилов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ: И-М, 2013. – 448 с.
41. Головин С. Ю. Словарь практического психолога / С. Ю. Головин. – Минск : Харвест, 1998. – 301 с.
42. Золотарева Н. Ю. Охрана труда. Организация и управление : учеб. пособие / Н. Ю. Золотарева, К. Р. Малаян, О. Н. Русак. – СПб. : Профессия, 2002. – 240 с.
43. Файнбург Г. З. Охрана труда : учеб. пособие для специалистов и руководителей служб охраны труда организаций / Г. З. Файнбург, А. Д. Овсянкин, В. И. Потемкин ; под ред. проф. Г. З. Файнбурга. – Изд. 8-е, испр. и доп. – Владивосток, 2007. – 449 с.
44. Психология безопасности : учеб. пособие / А. И. Донцов, Ю. П. Зинченко, О. Ю. Зотова, Е. Б. Перелыгина. – М. : Юрайт, 2015. – 276 с.
45. Основы психологии безопасности : учеб. метод. пособие / сост. Д. Р. Мерзлякова. – Ижевск : Изд-во Удмурт. ун-та, 2012. – 83 с.
46. Челноков А. А. Охрана труда : учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап. – Минск : Выш. шк., 2010. – 671 с.
47. Классификация деталей, контактирующих с текстильными стропами, входящими в состав СИЗ при работе на высоте / Г. К. Букалов, П. Н. Рудовский, Е. В. Кривошеина, А. А. Горюнов // Механизация строительства. – 2017. – № 2. – С. 50–54.
48. Кривошеина Е. В. Анализ безопасности человека и надежности ювелирного изделия в системе «человек – ювелирное изделие – машина – среда» / Е. В. Кривошеина, Г. К. Букалов, С. И. Галанин // Технологии и качество. – 2017. – № 1. – С. 47–50.

Учебное издание

ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Составители:

Б у к а л о в Григорий Константинович
К р и в о ш е и н а Елена Владимировна

Учебное пособие

Подписано в печать 06.02.2018. Формат бумаги 60×84 1/16.
Печать трафаретная. Печ. л. 7,25. Заказ 28. Тираж 50.

Издательско-полиграфический отдел КГУ

156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17.
Т. 49-80-84 E-mail: rio@kstu.edu.ru

