

ГЛАВА 3

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ

3.1. 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. 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 (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*») Земли, включая всех людей. Основными индикаторами такой катастрофы можно считать следующие предпосылки:

1) переход частично возобновляемых природных ресурсов (пресная вода, флора и фауна) в - невозобновляемые 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».

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

Первая ситуация касается упомянутой выше мутации геномов эукариот* (Все высшие животные и растения, а также одноклеточные и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие, имеющие ядро и хромосому) 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 моллюски. 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 невозобляемых и частично возобновляемых природных 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 2 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 2015 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 память 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 плавсредств - паромов «Империал Энтерпрайз» и «Эстония», пароходов «Александр Суворов», «Адмирал Нахимов», железнодорожных происшествий в Арзамасе, Бологое, Свердловске, Ярославле, под Уфой и кончая 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, исключаяющих, например, появление несчастных случаев с людьми на производстве и вне него 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 рефлексами, 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.

3.2. 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. Продemonстрируем, 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. 3.1. «Сглаживание» статистической кривой изменения среднегодового количества происшествий, проведенное методом наименьших квадратов, позволило установить характер регрессионной зависимости, которая имеет следующий вид:

$$X_j = 1 + 4e^{-0.3j} \quad (3.1)$$

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

Как это подтверждается рис. 3.1, 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. 3.2 путем наложения моментов времени их появления по конкретным месяцам каждого года рассматриваемого периода.



Рис. 3.1. 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.

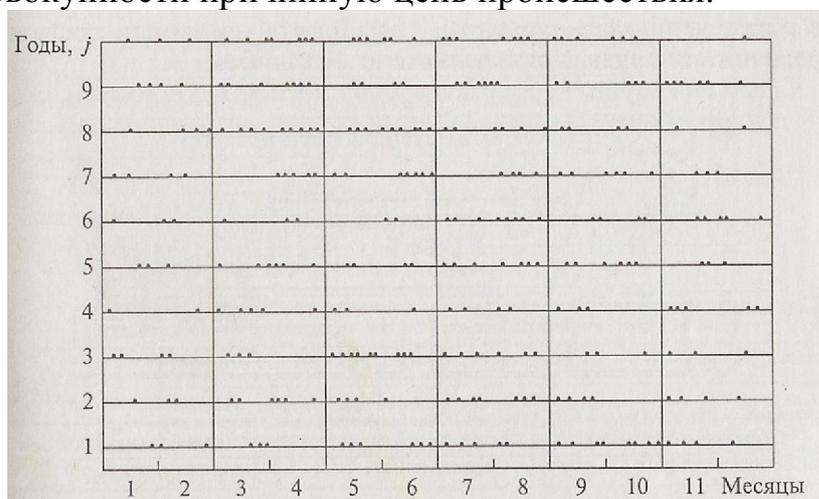


Рис. 3.2. Появлений происшествий во времени

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. 3.3.

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 показаны на рис. 3.4.

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.3.4), выделились слабые практические

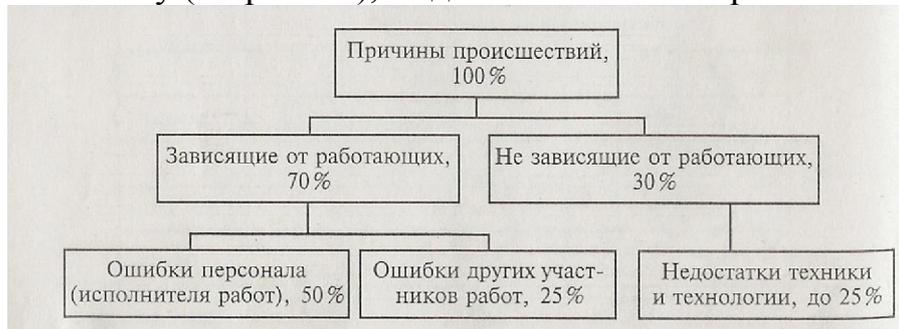


Рис. 3.3. Распределение исходных предпосылок к происшествиям

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 техносфере 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;

в) инициаторами причинных цепей происшествий в техносфере служат либо ошибки людей, обусловленные их недостаточной профессиональной подготовленностью к работам на технике, характеризующейся 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.

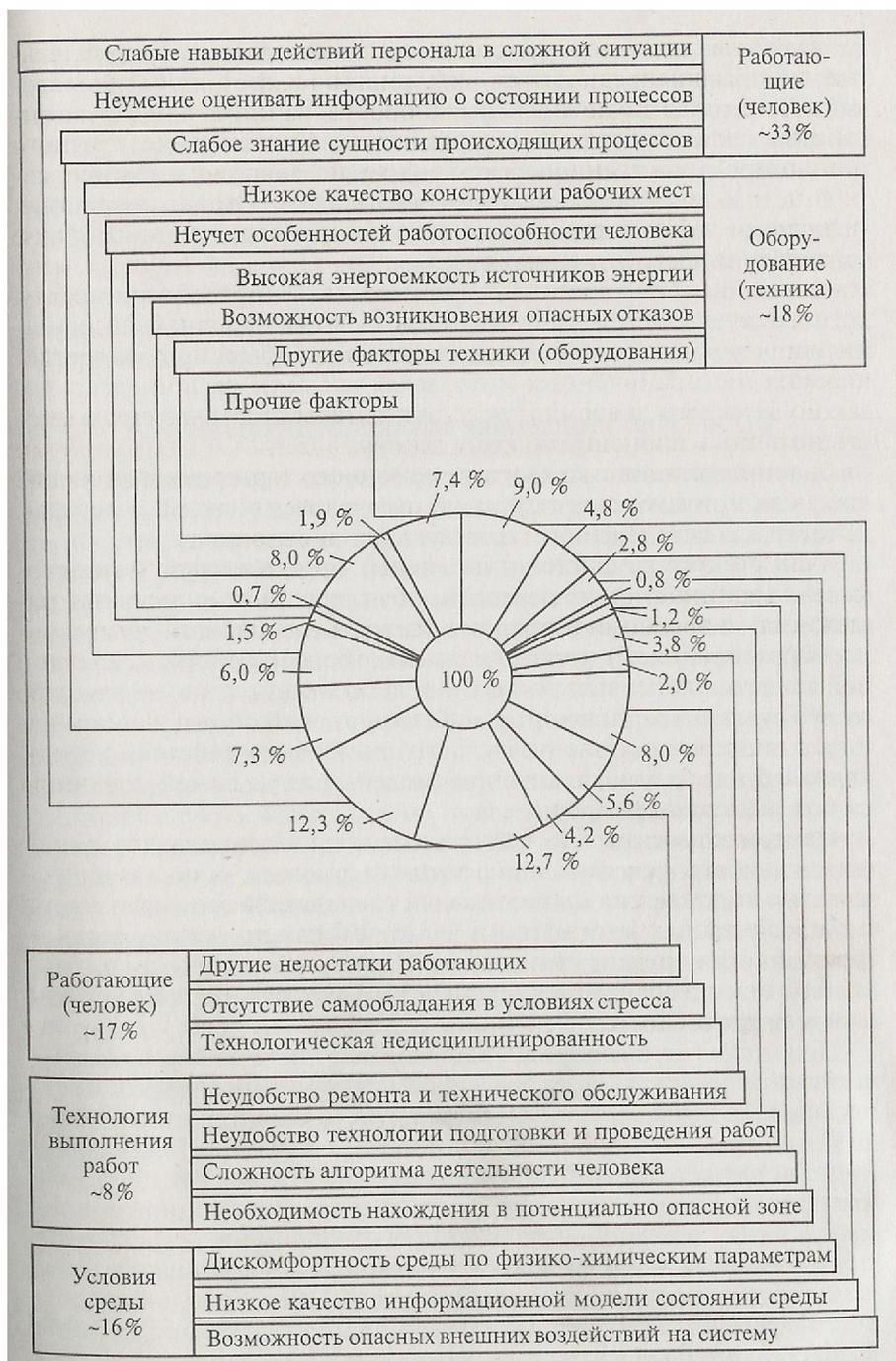


Рис. 3.4. Диаграмма факторов аварийности и травматизма

Следует отметить, что полученные в процессе анализа имевшихся данных представления о закономерностях, условиях и причинах возникновения происшествий совпадают в основном с другими известными результатами [1, 25, 29] 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 общепризнанна 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.

3.3. 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, так как 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 травмированием 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. 3.5, 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 энергоэнтروпийной концепции.

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», так как влекут за собой снижение энтропии. Вот почему большое число технологических процессов, включая транспортировку материальных ресурсов, являются потенциально опасными, поскольку содержат в себе не естественные 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 результат таких преобразований в закрытых системах: для вещества - это пыль, для информации - шум и для энергии - тепло.



Рис. 3.5. Иллюстрация природы опасностей

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.

3.4. 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 изменчивость, 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 частный случай); в) в этой системе содержатся носители всех типов предпосылок к техногенным происшествиям - ошибок человека, отказов техники и не благоприятных воздействий на них со стороны окружающей среды.

Действительно, знакомства 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. 3.6, который включает в себя технологическое оборудование (машину - М), эксплуатирующий ее персонал (человека - Ч), рабочую среду (среду - С), взаимодействующих между собой по заданной технологии и установленной организации работ (технологии - 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.

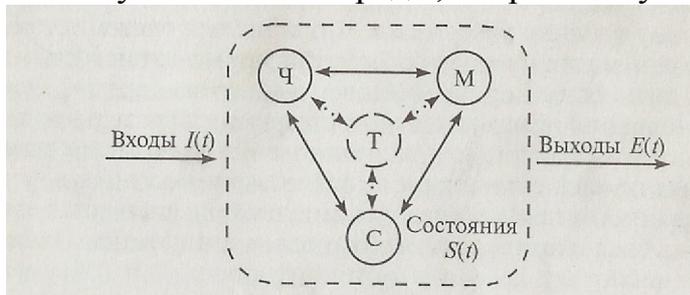


Рис. 3.6. Модель объекта исследования и совершенствования

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.

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 назначению действий, необходимых для получения определенного результата на конкретном этапе выполнения

производственного или технологического процесса. Следовательно, осуществляемое на 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 подразумеваться персонала 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 все та, 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 систему 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, так как содержит в себе другие нечетко определенные термины, приведем рабочие определения этой категории и некоторые 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», которое 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 сделано и определение собственно безопасности* (Заметим, что в английском языке имеются синонимы данного термина: *safety* - интерпретируемый как свойство источника опасности не причинять ущерба, и *security* - характеризующийся как такое состояние потенциальной жертвы, при котором ей ничто не угрожает.), 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.

3.5. 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 и 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. 3.6), 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: З - подготовка к неизбежным происшествиям с целью снижения ущерба от них. Выполнение условий «З» 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 сделанных на ее основе рассуждений. Конечно же, могут быть сформулированы 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 последующей 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.

3.6. 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 так же 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 не стабильности 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, поэтому системную инженерию часто называют «прикладная диалектика».

Как уже отмечалось выше (см. 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 исследования, 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 не подвластности 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 интерпретацией 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 Должно проводиться при создании и эксплуатации технологического оборудования, отборе и подготовке эксплуатирующего 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 выполнением.

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.

3.7. 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 концепцией 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 жизнедеятельности 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 ресурсам. 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.

3.8. 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. Необходимость 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 требуют поэтому 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 [15] и теории возможностей [16].

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 - возможность 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 1 : и в условиях, установленных нормативно-технической документацией. 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;

$M_\tau [Y]$ - 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 $M_t [У]$ 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. 3.6 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 рассматриваемой работы.

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) энергоэнтروпийную 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

1. В чем состоит основное противоречие современности?
2. Перечислите 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. Приведите доводы 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. Дайте определение используемой здесь категории «безопасность».
13. Что такое «риск» и какими единицами он может измеряться?
14. Какой из известных вам принципов обеспечения безопасности является самым радикальным?
15. Перечислите 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. Сформулируйте основные требования к показателям безопасности и качества соответствующей системы.
21. Перечислите известные вам количественные показатели безопасности.