

**Владимир Борисович Живетин**  
**Введение в теорию риска**  
**(динамических систем)**  
Серия «Риски и безопасность  
человеческой деятельности», книга 16

*Текст предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=8348869](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=8348869)*

*Введение в теорию риска (динамических систем): Изд-во Института проблем риска,  
Информационно-издательский центр «Бон Анца»; Москва; 2009  
ISBN 978-5-98664-052-5, 978-5-903140-63-3*

**Аннотация**

В работе рассматриваются основы структурно-функционального синтеза и анализа динамических систем, позволяющие сформулировать вводные положения теории риска, включая оценку опасных и безопасных состояний динамических систем.

В работе вводятся первичные и вторичные показатели риска как для классических информационно-энергетических систем, так и для суперклассических – интеллектуально-энергетических систем.

Первичные показатели риска характеризуются множеством безопасных состояний, рассчитанных согласно, например, теории устойчивости; вторичные показатели риска представляют собой вероятности выхода динамической системы в область критических состояний с учетом свойств систем контроля и управления.

Полученные результаты позволяют осуществить математическое моделирование прогнозирования и управления рисками различных динамических систем, включая интеллектуально-энергетические.

# Содержание

О серии «Риски и безопасность человеческой деятельности»	4
Введение	8
Глава I. Инамические системы. Основополагающие принципы	11
структур. Вероятности рисков и безопасности	
1.1. Риски и безопасность. Вводные понятия, определения	12
1.2. Основополагающие принципы структуры иерархической системы	16
1.2.1. Динамические системы бытия	16
1.2.2. О структурных принципах иерархии динамических систем	21
1.2.3. Иерархическая система бытия	23
1.2.4. Организованная материя	25
1.3. Топические и топологические пространства иерархических динамических систем. Введение	27
Эгоэнергетика как функциональная система	29
Энергетическо-информационное поле, контроль	32
Задачи системы контроля, прогнозирования и управления энергетическо-информационным полем эгосферы	33
О контроле и управлении эгоэнергетикой	35
1.4. Качественная модель рисков и безопасности динамических систем	38
1.4.1. Функциональные риски. Качественная модель	38
1.4.2. Риск управления. Факторы риска	40
Риски действия	43
1.4.3. Области состояний динамических систем	45
1.5. Вероятностные модели процессов, создаваемых динамической системой	50
1.6. Вероятностные показатели рисков и безопасности	55
1.6.1. Области допустимых состояний	55
1.6.2. Вероятностное пространство событий. Вводные замечания	59
1.6.3. Интегральные показатели вероятностей рисков и безопасности	63
Выводы	71
Глава II. Классические динамические системы. Опасные и безопасные состояния	73
2.1. Классификация динамических систем. Вводные понятия	74
Суперклассические динамические системы	76
Конец ознакомительного фрагмента.	77

# **В.Б. Живетин**

## **Введение в теорию риска (динамических систем)**

### **Том 16**

#### **О серии «Риски и безопасность человеческой деятельности»**

Исследования и анализ риска служат основой для принятия решений практически во всех сферах человеческой деятельности. В зарубежных развитых странах идет активный процесс организации научно-исследовательских институтов, факультетов в университетах, специализированных научных и учебных центров по анализу риска. Благодаря значительному прогрессу, достигнутому за последние десятилетия в области теории риска, это новое междисциплинарное научное направление практически выделилось в самостоятельную дисциплину. И это не дань моде, а естественный процесс, предопределенный современными условиями и тенденциями развития мирового сообщества.

Человечество прошло великий путь, достигло высоких результатов в своей деятельности и при этом пережило и продолжает переживать великое множество трагедий. Многие из них происходят из-за амбиций отдельных светских и религиозных деятелей и властителей и утопических теорий построения общества, начиная от первых цивилизаций, заканчивая эпохой Нового времени, когда на планете проявились мощные духовные утопии, обуславливая не менее мощные материальные потери. Сюда относятся как государственные системы, так и способы их обустройства, мораль и этика, знания, другие человеческие ценности, реализованные в процессе человеческой деятельности.

Противопоставляя друг другу религию, философию и науку, мы часто забываем их родство. Для того чтобы иметь полные знания, осмыслить проблему достоверности знаний, необходимо изучать их во взаимосвязи, взаимозависимости, когда ошибки одной подсистемы общей системы знаний преобразуются, видоизменяются другой. Уничтожение одной из подсистем создает условия для усиления ошибок другой. При этом возрастают потери не только отдельных подсистем, но и системы в целом.

Задача состоит в оценке имеющихся или вновь накопленных знаний, их достоверности, в разработке критериев, с помощью которых можно количественно оценить потери, сопутствующие применению полученных недостоверных знаний при создании материальной культуры. Ведущая роль при этом принадлежит духовной культуре, пониманию, осознанию себя.

В последнее время человек в научном познании, технике расширяет свои знания, а во внутреннем мире, духовной, моральной культуре – теряет, становится рабом своих неумных желаний и жадности. В жизни отдельной личности и человечества в целом роль различных ошибок возрастает, и возрастают потери от этих ошибок, следовательно, роль риска в человеческой деятельности становится существенной.

Основы деятельности человека формируются его интеллектуальной системой, а реализуются во внешней и во внутренней средах. Во внутренней среде деятельность направлена на совершенствование своей интеллектуальной системы; во внешней среде – на совершенствование социальной системы, где реализуются процессы его жизнедеятельности.

Интеллектуальная система человека как источник планомерного формирования умственных действий и их микроструктурного анализа в процессе познавательной и исполнительской деятельности включает деятельностное опосредствование межличностных отношений.

Человеческой деятельности свойственна развитая форма предметности, проявляющаяся в социальной обусловленности деятельности человека, ее связи со значениями, фиксированными в закрепленных в орудиях и схемах действиях, понятиях языка, социальных ролях, ценностях, социальных нормах. Субъективность деятельности обусловлена прошлым опытом психического образа, потребностями, установками, эмоциями, целями, мотивами, определяющими направленность и избирательность деятельности.

Три уровня синтеза и анализа деятельности человека:

- генетический;
- структурно-функциональный;
- динамический.

Деятельность, с учетом сказанного, представляет собой динамическую систему, которая находится в постоянном изменении и обусловлена: активностью, обеспечивающей саморазвитие деятельности и возникновение ее новых форм; установкой, обуславливающей устойчивый характер целенаправленной деятельности в постоянно изменяющихся условиях среды.

Указанным свойствам человеческой деятельности как динамической системы посвящены работы:

- физиологии активности (Н.А. Бернштейн);
- функциональных систем (П.К. Анохин);
- системной организации высших корковых функций (А.Р. Лурия).

Возможны следующие варианты реализации деятельности в своих крайностях:

– деятельность по реализации, привнесенной извне программы (приказа), которую в Древней Греции называли «*poiētis*»;

– деятельность субъекта, выступающего одновременно и субъектом целеполагания, и субъектом реализации данной цели (целедостижения, целереализации), которая в Греции называлась «*chretis*», а ее творческая разновидность – «*praxis*».

В современной философии деятельность разделяется по предметному критерию:

- 1) материальная деятельность, которая реализуется в процессе взаимодействия человека и природы в контексте производства;
- 2) социальная деятельность, реализующаяся в процессе влияния человека на социальные процессы и организацию общественной жизни;
- 3) духовная деятельность, реализуемая интеллектуальной системой человека при создании системы знаний для реализации процессов жизнедеятельности.

В современной социальной среде актуальна проблема синтеза структур, обусловленная объективными и субъективными аспектами социальной жизни, формируемой на макро- и микроуровнях во взаимодействии структуры и деятельности. Во всех случаях ученые стремились к решению проблемы структурно-функционального синтеза систем, реализованных в процессе человеческой деятельности. В качестве таких систем выступают: общество, социальная, эгосферная системы и т. д.

В монографии создаются структурно-функциональные основы моделирования человеческой деятельности в различных сферах жизнедеятельности. Это позволяет разделить исследование проблемы рисков и безопасности человеческой деятельности как динамической системы по сферам жизнедеятельности, взаимосвязанным на структурно-функциональной основе, включающей структурно-функциональный синтез и анализ.

В многотомной монографии представлены разработанные автором теоретические основы анализа, прогнозирования и управления рисками и безопасностью человеческой деятельности на уровне математического моделирования в следующих областях на уровне систем.

**Эгосферные системы** (четыре тома):

1. Человеческие риски.
2. Эгосферные риски.
3. Риски интеллектуальной деятельности.
4. Эгодагностические риски.

**Социальные системы** (пять томов):

1. Социосферные риски.
2. Ноосферные риски систем власти.
3. Теосферные риски религиозных систем.
4. Биосферные риски.
5. Риски цивилизаций.

**Экономические системы** (пять томов):

1. Экономические риски и безопасность.
2. Введение в анализ риска.
3. Управление рисками рыночных систем.
4. Управление рисками банковских систем.
5. Управление рисками коммерческих банков.

**Технико-экономические системы** (пять томов):

1. Технические риски.
2. Риски и безопасность авиационных систем. Системный контроль безопасности авиации страны.
3. Риски и безопасность авиационных систем. Методы и средства обеспечения безопасности полета (основы анализа).
4. Риски и безопасность авиационных систем. Аэромеханический контроль критических состояний самолета и вертолета (основы анализа).
5. Риски и безопасность авиационных систем. Аэромеханический контроль критических состояний лопасти вертолета (основы анализа).

**Системы научных знаний** (три тома):

1. Научные риски.
2. Введение в теорию риска и безопасности.
3. Математические знания: системы, структуры, риски.

**Этико-правовые риски** (четыре тома):

1. Этико-правовые риски демократий.
2. Этико-правовые риски человеческой деятельности.
3. Этико-правовые риски россиян.
4. Управление этико-правовыми рисками.

Представленную монографию следует рассматривать как нуждающуюся в дальнейшем осмыслении и углублении. Особая роль, по мнению автора, принадлежит духовной сфере, духовным рискам, управление которыми возможно путем единения духовного, которое позволяет реализовать устойчивое развитие ноосферы человечества.

Сегодня мы можем констатировать, что создано новое научное направление: «Системная рискология», изложенная в 21 томе монографий, включающая:

- системную математику;
- системную экономику;
- системную медицину;

– системную авиацию.

Методом структурно-функционального синтеза доказано существование единой универсальной структуры систем, в том числе созданных в процессе человеческой деятельности. Это позволяет создать единый метод анализа риска и безопасности динамических систем как информационно-энергетических, так и интеллектуально-энергетических. Все это обуславливает большую значимость системного подхода при решении научных и прикладных проблем человеческой жизнедеятельности.

На этой основе представляется возможность организации новых специализаций по проблемам управления рисками в рамках первого, основного, диплома, а также второго диплома.

Приобрести книги серии «Риски и безопасность человеческой деятельности», а также получить более подробную информацию о каждой из них вы можете на официальном сайте Института проблем риска <http://www.institutpr.com>.

## Введение

*Получив кару от Бога,  
Спроси: Зачем?  
Осмыслив, реализуй это.*

*Враг твой не тот,  
Кто отнимает деньги, власть,  
А творит твои бесцельные  
Годы жизни.*

*Бытие – это движение  
Движение – это риск.*

Проблема качественного описания решения уравнений, моделирующих данную динамическую систему, непосредственно связана с заданием области допустимых и критических состояний. Основы современного подхода к изучению качественных изменений в поведении решений обыкновенных дифференциальных уравнений заложил А. Пуанкаре более 100 лет назад. Он впервые ввел такие понятия, как *структурная устойчивость*, *динамическая устойчивость* и *критические множества*. Особое внимание А. Пуанкаре уделял исследованию качественного изменения системы при изменении ее функциональных свойств. Этому направлению следовал А. Ляпунов при изучении критических решений уравнений, разрабатывая теорию бифуркации. Впоследствии только в 30-х годах XX века советские математики А. Андронов и Л. Понтрягин, разрабатывая концепции структурной устойчивости, вновь обратились к идеям Пуанкаре.

Сегодня необходимы теории, направленные на изучение таких динамических систем, как биосфера [18], социосфера, эгосфера. Можно ли считать исчерпанными все проблемы космоса, геосферы? Все зависит от цели исследования. Если рассматривать роль и место потерь от систем в жизни человека, то сегодня это важная сфера человеческой деятельности.

В процессе развития теоретических основ синтеза и анализа динамической системы человек прошел несколько этапов:

1-й этап имел место вчера, когда рассматривались чисто механические системы (физические);

2-й этап имеет место сегодня, когда динамические системы рассматриваются в присутствии человека;

3-й этап – когда динамическая система рассматривается на структурно-функциональном уровне с учетом структурно-функциональных свойств человека.

Теория риска посвящена разработке методов расчета опасных состояний, свойственных функционирующим динамическим системам, подверженным внешним и внутренним возмущающим факторам риска.

Теория риска включает:

- теорию построения области безопасных и опасных состояний динамических систем;
- теорию вероятностного анализа опасных и безопасных состояний динамических систем.

Безопасное состояние динамической системы может быть реализовано, когда:

- известна область ее допустимых (безопасных) состояний;
- определена посредством системы контроля близость к границе допустимых состояний;

– система имеет средства управления, позволяющие ей не покидать область допустимых состояний.

Любая динамическая система для обеспечения своего функционирования включает в своей структуре:

- систему управления эффективностью;
- систему управления рисками.

Качественная теория динамических систем в области риска включает фрагменты качественной теории динамической системы на структурном уровне.

Существуют два уровня принципиальной организации: структурный и функциональный, и два уровня, подхода к описанию законов – макроскопический и микроскопический. Первый подход связан с обратимыми динамическими законами; второй – с необратимостью, выражаемой статистическими законами. Сегодня мы познаем мир, строим модели от материального к духовному, от элементарного к сложному, от состояния к структуре системы или объекта, реализующего это состояние, т. е., познавая фундамент, мы хотим познать структурно-функциональные основы всего здания бытия или его отдельных объектов и систем. При этом необходимо единение двух путей – от общего к частному, от частного к общему – в некоторой точке между ними мы постигнем истину.

Биосистемы биосферы, социальные системы биосоциальной среды являются открытыми системами, неравновесными (статистически), управляемыми законами, согласно которым реализуются нелинейные процессы как на выходе, так и внутри динамической системы. Нелинейности, обусловленные структурно-функциональной динамикой, создают способность к самоорганизации, в том числе благодаря способности резонансной реакции на внешние воздействия. Нелинейные эффекты лишают возможности прогноза состояния динамической системы в обе стороны («←» и «+») до того и после того соответственно.

Для формирования управления рисками динамических систем на иерархическом уровне развивается *структурно-функциональное моделирование*.

Рассматривается структурно-функциональное единство объектов и систем бытия, когда для различных динамических систем функциональные назначения подсистем структуры едины и включают: целеполагание, целедостижение, целереализацию, оценку или контроль целереализации.

Теоретические основы структурно-функционального моделирования систем включают два уровня:

- *качественный: структурно-функциональный синтез*, реализуемый гуманитариями от теоретиков до практиков;
- *количественный: структурно-функциональный анализ*, реализуемый естествоиспытателями от прикладников (практиков) до теоретиков-математиков.

Основное внимание в монографии уделено динамическим системам, созданным в процессе человеческой деятельности, и, прежде всего, социально-экономической системе, а также системам, с которыми связана человеческая деятельность (биосфера, этносфера, теосфера).

К классу динамических систем относится человек (эгосфера). Здесь прослеживается эволюция структурно-функциональных свойств всех ее четырех подсистем.

На каждом этапе эгосфера представляла собой самоорганизующуюся систему, хотя в ней были все подсистемы, но их функциональные свойства резко отличались от современных. Они отличались по уровням процессов, реализуемых подсистемами целеполагания, целедостижения, целесозидания и контроля. На первом уровне человек довольствовался дарами природы. На втором он развел костер, начал добывать впрок пищу, уничтожая живое. Обеспечивая самосохранение человека, созрела душа (гиппокамп), развитие которой обусловили природные условия. Здесь мы имеем уровень Ното.

На третьем уровне происходит созревание духа или ноосферы, появляются учения Божественной мудрости, человек строит цель и смысл жизни, поклоняясь Богу. Здесь созрел Homo sapiens.

Последний этап развития реализовался совсем недавно, когда соединились теория от ноосферы и практика, созданная трудом тела, то есть когда в работу включился аналитический ум. В итоге сегодня мы имеем Homo sapiens faber.

Каждому этапу соответствуют свои уровни интеллектуально-энергетического потенциала. При этом человек, имея структуру, развивает подсистемы (нужные ему), энергетически наполняя их информацией в виде знаний о процессах, обеспечивающих достижение цели и смысла жизни.

Эволюцию динамических систем, реализуемую в процессе человеческой деятельности, можно обнаружить в социально-экономических системах. Так, международная экономическая система, структура, содержащая подсистемы с соответствующими функциональными свойствами, представляет динамическую систему. Структурно-функциональные свойства этой системы эволюционируют на основе международного разделения труда: интеллектуального, технологического, технического. Глобализация международного хозяйства происходит на основе структурно-функционального принципа реализации, объединяя ресурсы структурного разделения и интеллектуальные возможности.

В итоге сегодня созданы международные банковские и рыночные системы, которые управляют ценообразованием на рынках: финансовом, трудовом, товаров и услуг, природных богатств.

В работе созданы основы синтеза и анализа структур, на базе которых созданы и создаются динамические системы, их взаимосвязь и различие, обеспечивающие безопасные состояния их в процессе функционирования.

*Необходимое условие безопасности функционирования* реализуется путем *структурно-функционального синтеза* системы управления рисками и безопасностью. *Достаточное условие безопасности* реализуется путем *структурно-функционального анализа*.

Несмотря на большой объем выполненных автором работ и использованных в данной работе, считаю, что здесь представлены истоки проблемы под общим названием «Риски и безопасность человеческой деятельности». Познать, разработать сущностные свойства этой проблемы предоставляется честь другим теоретикам.

Я хочу выразить себя, свой дух, духовную жизнь, чтобы человек прочитал, задумался и пошел дальше. Другой хочет выразить свои идеи в виде фундаментального труда: чтобы человек прочитал, все понял и руководствовался, ибо продолжать нечего – все сделано!

Книга написана для тех, кого интересуют проблемы риска человеческой деятельности.

Большой вклад на этапе реализации труда и представления его в виде монографии внесла Е.Б. Савва.

## **Глава I. Инамические системы. Основополагающие принципы структур. Вероятности рисков и безопасности**

*Риск свойственен  
Только динамическим системам  
Бытия человека.*

*От вершины бытия вниз идет  
Гуманитарий, от истоков  
Вверх идет  
Естественник.*

Теория риска как математическая система знаний посвящена динамическим системам бытия человека как созданным, а также создаваемым им в процессе своей деятельности, а также тем, которые созданы биосферой. Бытие представляет собой иерархию динамических систем, взаимосвязанных единой целью своего функционирования. Безопасность иерархической системы гарантирована, когда все системы участвуют, согласно своим функциональным возможностям, в создании единой цели. Иные динамические системы самоуничтожаются.

В работе сформулированы основополагающие принципы: триединства мира; минимального риска; принцип функциональной подчиненности; единства целенаправленного движения, когда возможно саморазвитие иерархии; синтеза структур динамических систем, существующих и вновь создаваемых, – которые позволяют обеспечить эволюцию, предотвращая инволюцию, иерархии динамических систем бытия.

## 1.1. Риски и безопасность. Вводные понятия, определения

Риски и безопасность будем характеризовать целью динамической системы: ее достижение или недостижение. В дальнейшем кроме цели будем вводить параметры и процессы, необходимые для достижения сформулированной цели, которые можно измерять, управляя которыми, можно достигать требуемого или расчетного значения цели. Назовем их *индикаторами состояния* динамической системы.

**Определение 1.** *Безопасность системы* – это состояние структуры и функциональных свойств ее подсистем, при которых система достигает поставленную цель.

**Определение 2.** Состояние системы и ее подсистем называется *опасным*, если система не способна выполнять свое целевое назначение.

**Определение 3.** *Опасными значениями* параметров состояния системы называются те, при которых не достигается цель функционирования.

**Определение 4.** Совокупность опасных значений индикаторов называется *областью опасных*, или критических ( $\Omega_{кр}$ ), состояний системы.

**Определение 5.** Выход индикаторов состояния системы в область опасных значений обуславливает ее риск.

Теория риска и безопасности включает два взаимосвязанных основополагающих раздела:

1) детерминированную теорию риска динамических систем, где вводятся первичные критерии (показатели) риска в виде областей допустимых и критических состояний динамических систем [21];

2) вероятностную математическую теорию риска, где вводятся вторичные критерии риска в виде вероятностей выхода параметров динамической системы из области допустимых состояний в критическую.

Детерминированная теория риска разрабатывает методы и средства построения множества допустимых и критических состояний динамических систем в *условиях отсутствия* внешних и внутренних случайных возмущающих факторов. Вероятностная теория риска разрабатывает методы и средства построения множества допустимых и критических состояний динамических систем в вероятностном пространстве, *на которые воздействуют* внутренние и внешние случайные факторы риска.

В детерминированной теории риска разрабатываются системы критериев, в том числе для расчета области допустимых состояний  $\Omega_{дон}$ , в которых гарантируется как структурная, так и функциональная устойчивость, необходимые для реализации целевых функций динамических систем [6].

Синтезированная на структурно-функциональном уровне динамическая система знаний теории оценки риска и безопасности приведена на рис. 1.1, где  $Ц_з$ ,  $Ц_ф$  – цель заданная и фактическая, реализованная посредством созданной динамической системы.



Рис. 1.1

Таким образом, в системе знаний можно выделить четыре подсистемы. Подсистема 1 (что делать): найти область  $\Omega_{дон}$  и находиться в ней.

Подсистема 2 (как делать): оценить количественно в детерминированном и вероятностном пространствах показатели выхода из области допустимых состояний системы.

Подсистема 3 (делать): создает методы реализации нормативных показателей риска.

Подсистема 4 осуществляет контроль реализованной, или фактической, цели  $I_{\phi}$ , сравнивает с заданной величиной цели  $I_z$  и производит оценку риска с помощью вероятностной меры, характеризующей количественно возможность возникновения критического состояния рассматриваемой динамической системы.

Вероятностная теория риска посвящена проблеме построения вторичных показателей риска, посредством которых строится область допустимых состояний динамической системы, индуцируемых системой контроля, с заданными точностными характеристиками (вероятностными) функционирования систем контроля, управления, в том числе подсистем целеполагания, целедостижения, целереализации, а также с учетом возмущающих факторов.

Анализ, прогнозирование и управление рисками направлены на обеспечение нормативных величин вероятностных показателей риска и предотвращения выхода динамических систем в область опасных состояний, где они не в состоянии выполнять цель. Применяются теории, изложенные в различных источниках научных знаний (рис. 1.2).

На рис. 1.2 приведена структура научных средств для формирования и реализации методологии анализа риска, включающей:

- 1) нормирование риска;
- 2) идентификацию риска;
- 3) оценку риска (количественных величин);
- 4) прогноз риска;
- 5) восприятие риска со стороны динамической системы.



Рис. 1.2

При этом задача первого блока – идентификация опасностей, оценка воздействия и его последствий, задача второго блока – формирование характеристик риска и сравнение его с другими рисками с целью определения степени приемлемости и выработки приоритетов управления; задача третьего блока – разработка планов действия по снижению и контролю за риском, оценка их эффективности и выработка рекомендаций для принятия решений по снижению и контролю за риском. В последнее время широко развиваются исследования по восприятию риска и анализа взаимодействия различных социальных и политических систем (риск-коммуникация). Эти исследования, являясь частью процедур управления риском, тем не менее, выделяются в самостоятельные направления в рамках методологии анализа риска (рис. 1.3).



Рис. 1.3



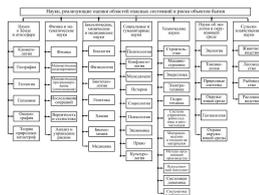


Рис. 1.6

2. Заданы нормативные (допустимые) численные значения показателей риска и безопасности. Требуется разработать математическую модель динамической системы, реализующей заданную целевую функцию.

3. Задана цель, например, для социального объекта. Требуется синтезировать такую структуру, которая обеспечивает достижение минимального риска при максимальной безопасности в процессе реализации заданной цели.

Система управления рисками и безопасностью иерархии динамических систем, а также отдельной динамической системы включает, согласно принципу минимального риска [27], следующие подсистемы управления:

- стратегическим риском;
- тактическим риском;
- оперативным риском;
- оценкой и анализом риска.

Для реализации процессов построения системы управления рисками и безопасностью динамических систем необходимо создать теоретические основы синтеза и анализа как отдельных подсистем структуры, так и системы в целом.

Пусть система создана и функционирует. Теория риска и безопасности для этого исходного условия включает:

- структурно-функциональный синтез созданной динамической системы, реализующей заданную цель на макро– и микроуровнях;
- структурно-функциональный анализ синтезированной системы, эффективности ее функционирования, включающий математическое моделирование процесса целереализации;
- анализ достигнутой цели и корректировку структурно-функциональных свойств динамической системы, обеспечивающей целереализацию.

Сформулируем в качестве исходного положения необходимые и достаточные условия безопасного функционирования динамической системы.

Необходимое условие безопасности: структура системы создана согласно принципу минимального риска, включает подсистемы: целеполагания, целедостижения, целереализации, контроля над достигнутой целью. Достаточное условие безопасности: наличие систем управления эффективности и безопасности, реализующих процессы функционирования, направленные на интеллектуально-энергетическое развитие.

Необходимое условие безопасности функционирования реализуется путем структурно-функционального синтеза системы управления рисками и безопасностью. Достаточное условие безопасности реализуется путем структурно-функционального анализа.

## 1.2. Основополагающие принципы структуры иерархической системы

### 1.2.1. Динамические системы бытия

Бытие – это философское понятие, назначение которого – ввести понятие о сущем вообще, о наличии явлений и предметов. При этом бытие однозначно и синонимично реальности вообще, взятой без разграничения на типы, это всеобъемлющая и первичная категория, объединяющая все во внешней среде, куда помещен человек.

Бытию как первичному ставится в соответствие вторичное – реальность, ее типы, что позволяет вводить понятие единства мира.

Сегодня в качестве единой основы мира философы рассматривают:

- либо материальное как начало бытия;
- либо духовное как начало бытия.

Первые названы материалистами, вторые представляют идеалистический монизм.

Существуют различные классификации типов реальности, введенные философами [5, 60], религиозными философами, философами на духовном уровне. Среди конкретных типов или сфер бытия выделяют следующие:

- 1) физический (механический);
- 2) химический;
- 3) биофизический;
- 4) социальный.

В рамках этих типов имеется неисчислимо множество более конкретных форм, определений вплоть до единичных форм бытия. Переход к чуть более абстрактному уровню, даже для материальных объектов и процессов, рождает проблемы.

С позиции философской теории исключительно важно обосновать и описать иерархию типов реальности хотя бы для материального и психического бытия. Это пока никем еще не сделано ни в одной области знания. Так, в физике крайне существенно найти иерархию типов физической реальности. Эта же проблема имеет место в химии, биологии, геологии, науках об обществе. Так, например, виды биофизической (биологической) реальности, строгая классификация психической реальности требуют своего рассмотрения.

Обратимся к основным понятиям философской теории: материя, вещество, субстрат, субстанция, содержание.

*Материя.*

С позиции диалектики, материя есть объективная реальность – причина, основа, содержание и носитель (субстанция) всего многообразия мира.

Основные свойства материи:

- объективность существования;
- структурность;
- неуничтожаемость;
- движение;
- существование в пространстве и во времени;
- способность к отражению.

Это непреходящие свойства материи, без которых невозможно ее бытие. Все существующие конкретные материальные образования и есть материя в ее различных формах.

*Структура материи.*

Современная философия под структурой понимает: внутреннюю расчлененность целостности, закономерный порядок связи элементов в составе целого. При этом философы выделяют следующие структурные уровни материи:

1) *субмикрорэлементарный*, полевая природа, из которой рождаются следующие уровни:

- микроэлементарный (элементарных частиц);
- ядерный уровень (ядра);
- атомарный уровень (ядра и электроны формируют атомы);
- молекулярный уровень;
- макроскопический (из молекул формируются агрегаты (тела – жидкие, газообразные, твердые));

2) *органический*;

3) *биофизический*;

4) *социальный*.

Понятие структуры распространяется не только на отдельные уровни, но и на *материю* в целом. Устойчивость основных структурных форм материи обусловлена существованием единой структурной организацией материи.

Различные структурные образования материи – это структурные образования разных степеней сложности. Одни из них, более простые, являются составными частями других, более сложных, и предшествуют их образованию. Их базовой основой являются различные виды частиц.

В своих крайностях мыслители, естественники и гуманитарии, в силу свойств своего психоэнергетического пространства, создали две основы бытия: дух и материю, между этими крайностями имеет место все остальное. Последнее совместно с духом и материей создает бытие, то есть реальность с набором ее свойств, обеспечивающее в движении развитие бытия, так как в статике нет развития, следовательно, нет эволюции бытия.

Изучая бытие как дух либо как материю, мы лишаем наши знания достоверности, объективности. Можно, конечно, ограничиться одной стороной бытия. И то, что мы идем таким путем, это не прихоть кого-то, это закон развития эгосферы – сначала душа, потом дух и только потом аналитический ум [26, 59].

В античной древности по Аристотелю [2] *бытие* понималось как *живая субстанция*, характеризующаяся следующим:

1) принципом материальности или фактической данности объекта;

2) тем, что каждый объект обладает структурой, части которой соотнесены друг с другом (концепция активной формы);

3) каждый объект указывает на свое происхождение (принцип причинности);

4) каждый объект имеет свое определенное назначение (принцип цели).

Свое рассуждение о причинах, которые в качестве первоначальных являются предметом первой философии, Аристотель резюмирует так: «О причинах речь может идти в четырех смыслах: одной такой причиной мы признаем сущность и суть бытия... другой причиной мы считаем материю и лежащий в основе субстрат, третьей – то, откуда идет начало движения; четвертой – причину, противоположающую только что названной. А именно «то, ради чего» [2].

Подытоживая учение Аристотеля о четырех причинах, скажем, что таковыми являются:

1) материальная причина;

2) формальная причина;

3) движущая причина;

4) целевая причина.

Первая отвечает на вопрос «Из чего?», вторая – «Что это есть?», третья – «Откуда начало движения?», четвертая – «Ради чего?». При этом три последние причины Аристотель сводит в одну: «Что именно есть» и «Ради чего» – одно и то же, а «откуда первое движение» – по виду одинаково с ними».

Используя мысли Аристотеля, осуществляя синтез структуры бытия (субстанции), получим динамическую систему со структурой, изображенной на рис. 1.7.

Субстанция как предельное основание всего сущего не является таковой, если в ней отсутствует одна из компонент. Каждая из указанных частей имеет место как реальная абстракция, в смысле выделения одного из состава целого.

В новое время бытие осмысливается как нечто телесное, вещественное, как объективная реальность, противостоящая человеку и его разуму. Здесь природа – это механизм, Вселенная – это машина. При этом характерен субстанциальный подход: есть субстанция (неуничтожаемый и неизменный субстракт бытия, его предельное основание) и есть ее акциденции (свойства), производные от субстанции, преходящие и изменяющиеся.



Рис. 1.7

Гегель наиболее ярко выделил бытие как **процесс – как вечное движение**. Ранее бытие наделяли статической трактовкой как одной абстрактной всеобщности, неподвижной субстанции и безразличной объективности.

Приведем наиболее известные иерархии типов реальности.

I. Философская – из средневековых традиций:

- эмпирическая;
- трансцендентальная;
- трансцендентная.

II. Созданная религиозными философами:

- реальность творящая – Бог;
- реальность тварная;
- внутри трансцендентного сущего.

III. Современная (Поппер):

- материальное бытие вне нас;
- мир психики как субъективное бытие;
- мир объективного духа (надличностное).

IV. Духовно-энергетическая реальность [18, 21, 23, 32].

С учетом сказанного, проблемы бытия связаны со следующим: что понимать под основой бытия – то, что уже сотворено, то, из чего оно создано, либо творение, его процесс? Для решения этой проблемы воспользуемся гипотезой, признанной философами: быть значит двигаться, изменяться – иметь структуру. А посему мы будем рассматривать бытие как *движение* прежде всего материи, духа. Таким образом, движение есть первичное для бытия.

Бытие как движение материи и духа невозможно вне структурной организации (рис. 1.8). В итоге мы утверждаем: реальность, отражающая бытие, включает в себя: материальные структуры, духовные структуры, духовно-материальные структуры систем и объектов. В дальнейшем бытие мы будем отождествлять и характеризовать иерархией динамических систем (рис. 1.8).

Понятие динамической системы связано со структурой и движением.

**Определение 6.** Динамические системы – это различные структурные образования, обладающие свойством движения к заданной цели от бытия.

Учитывая, что источником движения в современном понимании является энергия, а для целенаправленного движения необходима информация, сформулируем

**Определение 7.** Бытие – это иерархия динамических систем со структурой, обладающих энергией, информацией, материей.

На рис. 1.8 отображена структура бытия как иерархия управляемых динамических систем, где подсистема (1) представляет собой структуру, функциональным назначением которой является целеполагание – формирование цели, используя принципы организации.



Рис. 1.8

Подсистема (2) представляет собой духовно-материальную структуру, функциональным назначением которой является формирование способов и методов достижения цели, в том числе типов динамических систем, их количества и т. п.

Подсистема (3) представляет собой среду из материальных динамических систем, производящих динамические системы, энергию и информацию.

Подсистема (4) представляет собой духовно-материальную структуру, функциональным назначением которой является формирование: оценки достижения цели; областей допустимых и критических состояний.

В динамических системах справедлив принцип *триединства*. Этот принцип обозначает единство: энергии  $E$ , информации  $J$ , массы  $m$  для объектов бытия в целом. Здесь ситуация такая же, как при осмыслении Троицы. Может ли Бог быть в одном лице: Святого Духа, Отца или Слова? Нет. Посему бытие как динамическая система должна содержать энергию  $E(t)$ , информацию  $J(t)$ , материю  $m(t)$  в своем единстве, т. е. потенциал  $\theta = (E, J, m)$ .

Динамических систем, в которых нет хотя бы одной из указанных компонент, не существует.

Учитывая, что энергия – источник движения (информация – организатор), можем полагать, что она есть базовая основа или первоисточник бытия. Обязательным условием существования динамических систем служит *наличие свободной энергии*. Отсутствие свободной энергии, когда динамическая система тратит все на компенсацию возмущающих факторов, является предкритической ситуацией. Так, эгосфера как динамическая система, согласно своей генетической программе, всегда откладывает до 20 % от полученной пищи, даже если она на пайке концлагеря. Биосфера имеет свободную энергию [18]. Во всякой экономической системе, в том числе банке, обеспечивается запас.

Примем в качестве базового понятия меру состояния динамической системы, необходимую при разработке математической модели показателей риска и безопасности динамической системы. В качестве меры состояния динамической системы примем ее ресурсный потенциал  $\theta(t) = (E(t), J(t), m(t))$ , где  $E(t)$ ,  $J(t)$ ,  $m(t)$  – энергия, информация, масса соответственно. Энергия  $E$  – это характеристика способности носителя (вещества) совершать различные работы в различных пространствах состояния динамической системы. Информация  $J$  – это характеристика системы, отражающая ее структурно-функциональные свойства как динамической системы. Масса  $m$  – мера запаса энергии данной динамической системы, ее потенциально-энергетическая характеристика.

Основная проблемы бытия – проблема его реальности, критерий реальности бытия несводим к чувственной достоверности. Отметим, что достоверное знание об объектах бытия имеет место в ограниченных областях бытия, однако эти знания утрачивают истинность за их пределами [21].

Для изучения системы, представляющей собой иерархическую динамическую систему, введем ряд понятий, обусловленных взаимодействием динамических систем иерархии, включающим в себя:

- взаимодействие между различными уровнями;
- взаимодействие между уровнями одного порядка двух различных динамических систем.

Каждое такое взаимодействие должно быть описано своим типом энергии из общей совокупности.

**Определение 8.** *Обобщенная энергия  $E^*$  системы* – это способность системы совершать обобщенную работу  $A^*$ .

**Определение 9.** *Обобщенная работа  $A^* = \{GL^*\}$  в пространстве состояния иерархии систем* – это взвешенное с помощью весовой функции  $G$  движение  $L^*$ , совершаемое системой.

**Определение 10.** *Обобщенная свободная энергия  $E^*_c$  системы иерархии* характеризует ту часть  $E^*$ , которую она может отдать в среду, не нарушая своих функциональных возможностей, обусловленных падением энергетики как семантической сети.

**Определение 11.** *Энергетика* – это семантическая сеть, представляющая собой вектор-функцию времени в пространстве состояния иерархической системы, структура которой соответствует энергетическим потокам иерархической системы.

**Определение 12.** *Семантическая сеть* – обобщение графа, ее структура содержит совокупность узлов и дуг различного типа.

Например, каждый человек как динамическая система обладает энергией  $E_i$ , информацией  $J_i$ , массой  $m_i$ , т. е. потенциалом  $\theta_i = (E_i, J, m_i)$ . На рис. 1.9 обозначено  $n_i$  – количество людей, обладающих значением потенциала  $\theta_i$ ;  $\theta_3, \theta_u$  – энергетический и информационный потенциалы соответственно. Отличия  $\theta_i$  несомненны и всем известны. Каждая динамическая система, созданная человеком, обладает энергией  $E_i$ , информацией  $J_i$ , массой  $m_i$ , т. е. потенциалом  $\theta_i = (E_i, J_i, m_i)$ . При этом, например, автомобили различных марок отличаются энергетическим потенциалом, массой и информационными возможностями, заложенными создателем.

Каждая динамическая система бытия человека обладает определенным потенциалом, благодаря которому реализуются ее функциональные возможности: движение согласно  $E$ , реализация цели функционирования согласно  $J$  при обязательном наличии массы  $m \neq 0$ .

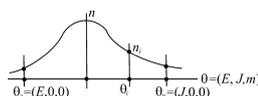


Рис. 1.9

Энергетика планеты порождает различные объекты бытия с различной энергией, создавая энергетику материального и духовного мира.

При этом  $\theta$  обладает либо только энергетическим потенциалом  $\theta_3$ , т. е.  $\theta_3 = (E, 0)$ , где  $J = 0$ , либо только информационным  $\theta_u$ , т. е.  $\theta = (0, J)$ , где  $E = 0$ , либо тем и другим одновременно.

С учетом сказанного, осуществим синтез на структурно-функциональном уровне функциональных свойств подсистем иерархии динамических систем, который представлен на рис. 1.10.

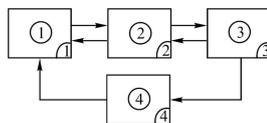


Рис. 1.10

При этом

- подсистема 1 иерархической динамической системы создает необходимую энергию для создания объектов бытия;
- подсистема 2 создает необходимый потенциал  $\theta^* = (E^*, J^*)$  для реализации цели от подсистемы 1;
- подсистема 3 создает обобщенную энергетику посредством необходимых объектов, создающих необходимую семантическую сеть;
- подсистема 4 совершает анализ созданного обобщенного потенциала, необходимого для устойчивого развития свободной энергии.

В простейшем случае, когда рассматриваются энергия и работа, совершаемая в рамках экономической системы, структура рис. 1.10 будет иметь вид, представленный на рис. 1.11.

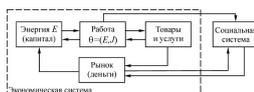


Рис. 1.11

## 1.2.2. О структурных принципах иерархии динамических систем

В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением бытия человека, то есть всего, что оказывает влияние на человека. При этом иерархии типов реальности бытия мы поставим в соответствие иерархию динамических систем, творящих реальность человеческого бытия и наполняющих ее. Этот путь согласуется с общепринятой концепцией: *быть* значит быть в движении, изменении, в силу того, что движение – это способ существования сущего. Способностью к движению обладают только динамические системы.

Формы и виды движения многообразны. Они соответствуют уровням структурной организации сущего, реализуемого посредством динамической системы. Каждой форме движения присущ определенный носитель – субстанция. Субстанция (в философии) – нечто относительно устойчивое, то, что существует само по себе. В качестве *субстанции* мы в дальнейшем будем рассматривать *динамические системы* различных уровней.

**Иерархия динамических систем** – это субстанция, нечто относительно устойчивое, то, что существует само по себе, обладает структурой. В пределах бытия человека для введенных в философии основополагающих понятий осуществим структурно-функциональный синтез системы, которая реализует различные формы и виды движения. Итоги такого синтеза, с учетом результатов работы [2] и введенных там понятий *субстанция*, *субстрат*, представлены на рис. 1.12.

Функциональные свойства подсистем синтезированной структуры следующие.

Подсистема (1) формирует структуру иерархии динамических систем, в совокупности своей представляющих субстанцию. Это идеолог бытия, он закладывает основополагающие принципы, цели, т. е. реализует целеполагание.



Рис. 1.12

Подсистема (2) формирует функциональные свойства подсистем динамических систем для достижения целей, сформированных подсистемой (1). При этом реализуется принцип цели каждой подсистемы, служащий общей основой всех процессов и явлений на уровне структурно-функционального единства.

Подсистема (3) основана на принципе материальности или фактической данности объектов, т. е. формируется среда, в которой осуществляется целесозидание.

Подсистема (4) реализует оценку созданных систем и объектов, их способность осуществлять цель иерархии динамических систем, т. е. оценивает состояние среды.

Каждая система, объект иерархии в подсистеме (3) представляет собой на различном уровне элемент базиса бытия. Базисная структура систем и объектов бытия (см. рис. 1.13) обладает соответствующими функциональными свойствами, которые реализуют заданные (соответствующие) энергетико-информационные процессы и поля. При этом каждая динамическая система включает в себя подсистемы, поддерживающие и развивающие: свою структуру; процессы и поля, создаваемые системой; ресурсы; состояние ресурсов (контроль).

Движения многообразны: в организмах животных и людей (например, движение крови), в экономике, политике, культуре. Движения обуславливают развитие и обновление. Движение противоречиво: оно включает изменчивость и устойчивость. Так, любые изменения структурных элементов, свойств, отношений в динамических системах (субстанциях) осуществляются при сохранении внутреннего движения, а каждое сохранение происходит только через движение. На рис. 1.13 обозначено:  $A^*$  – измеренное значение  $A$  обобщенной работы.



Рис. 1.13

Движение совершает энергия. Носителем энергии является поле или вещество. Так, у человека кровь как вещество является одной из разновидностей носителей энергии, создавая эгоэнергетическое поле.

Энергия характеризует одно из потенциальных свойств вещества совершать различные работы (механическую, тепловую, электрическую, магнитную, гравитационную). Различные носители (вещества) имеют различные энергии. Количество энергии характеризует состояние вещества: полевое либо твердое. Информация характеризует структуру вещества. Структура – основа всякой динамической системы. Энергия – одна из основных характеристик состояния:

- вещества от материального до полевого;
- живого вещества;

– духовной жизни (духа).

Всякая динамическая система (материальная, биофизическая) со структурой имеет области допустимых и критических значений энергетического потенциала как во внутренней, так и во внешних средах.

Отметим несколько форм бытия (рис. 1.14). Область  $\Omega_1$  содержит формы бытия, нами не осознанные, энергия  $E_1$  которых близка к нулю; область  $\Omega_2$  содержит формы бытия в виде вещества, нами осознанные, но, как правило, с ошибками; область  $\Omega_3$  содержит полевые структуры с большой величиной энергии  $E_3$ . Таким образом, информация  $J$ , ощущаемая, вещественная позволяет сформировать наше сознание только о том бытии, которое создает  $\Omega_2$ . В областях  $\Omega_1$ ,  $\Omega_3$  в силу особенностей энергетического потенциала объектов бытия ( $\Omega_1$  – статика,  $\Omega_3$  – сильная динамика, близкая к хаосу) информационные потоки, доступные сознанию человека, близки к нулю, т. е.  $\Omega_1$  и  $\Omega_3$  относительно  $J$  и  $E$  есть критические области познания человека.



Рис. 1.14

Область  $\Omega_2$ , достаточно малая по размерам, имеет доступные восприятию человека энергию и информацию.

Энергия формирует в качестве носителей, например, магнитные и электрические поля. Изменяющееся магнитное поле порождается электрическим, и наоборот, изменяющееся электрическое поле сопровождается изменением магнитного. «Посредником» между электрическим и магнитным полями выступает механическая энергия, без нее указанные переходы невозможны.

Часто динамическая система формирует электрические поля внутри себя под действием магнитного поля внешней среды.

### 1.2.3. Иерархическая система бытия

Введем основополагающие принципы функциональных свойств иерархии динамических систем, творящих единую цель.

**I. Принцип максимального саморазвития или принцип триединства иерархии систем.** Этот принцип обуславливает структурно-функциональную целостность иерархии путем формирования функциональных свойств подсистем структуры, созданных согласно принципу минимального риска.

**II. Принцип минимального риска,** согласно которому формируется структура, включающая четыре подсистемы, три из которых формируют основную («прямую») связь, а одна подсистема реализует обратную связь.

Принципы минимального риска и триединства (максимального саморазвития) в совокупности обеспечивают: целостность и полноту, т. е. холистическую систему.

**III. Принцип функциональной подчиненности** в рамках структуры на уровнях управляющих и управляемых подсистем обеспечивает подсистемы энергией, информацией, массой из области допустимых значений.

Последний принцип реализует единство целенаправленного движения иерархии динамических систем.

Выполнение указанных принципов обеспечивает эволюцию динамических систем, а отклонение от этих принципов – инволюцию. Выполнение принципа триединства подсистем

структур динамических систем, согласно которому формируются функциональные свойства подсистем структуры, обеспечивает необходимое условие структурно-функциональной целостности.

Триединство систем бытия реализуется на следующих уровнях:

- материальном;
- духовном.

Триединство на материальном уровне формируется на основе взаимосвязи, взаимовлияния:

- информации;
- энергии;
- массы.

При этом энергия без информации и массы невозможна, масса обладает энергией и информацией, информация без энергии и вне массы не существует. Таковы основы принципа триединства в материальной сфере.

Триединство на уровне живого вещества или духовного формируется на основе:

- биосферы (организованной материи);
- этносферы;
- социосферы.

В рамках этих систем, только в их единстве, возможны единые цели и программы, включающие в себя ответы на вопросы: что творить, как творить, где и чем творить.

Для систем духовно-материального уровня проведен структурно-функциональный синтез, результаты которого представлены на рис. 1.15.

Данная триединая иерархическая система, включающая четыре подсистемы, обладающая динамическими свойствами, творит эволюцию человека, мира в котором он живет. Эволюция духовных систем бытия включает этапы: популяционный (хомосферный), теосферный, техносферный, или социосферный.



Рис. 1.15

Если идентифицировать структурно-функциональные свойства триединства духовной системы с позиции Библии, то следует утверждать:

- Бог-Отец творит биосферу (энергию, массу);
- Бог-Дух творит этносферу (информацию);
- Бог-Слово творит социосферу, духовно-материальные ценности.

С учетом сказанного, теория риска посвящена следующим проблемам: разработке основ анализа, прогнозирования, управления рисками и безопасностью триединых иерархических систем бытия.

Теоретические основы риска включают *структурно-функциональный синтез и анализ* согласно принципу минимального риска (отрицательная обратная связь на рис. 1.15 обозначена как  $\ominus$ ) и принципу максимального саморазвития (положительная обратная связь на рис. 1.15 обозначена как  $\oplus$ ).

## 1.2.4. Организованная материя

С учетом сказанного, организованная материя представляет собой иерархию динамических систем. Для организованной материи справедлив закон *сохранения массы, энергии, информации* в изолированном пространстве.

Согласно основополагающим принципам, синтезирована на структурно-функциональном уровне система, реализующая организованную материю (рис. 1.16).



Рис. 1.16

На рис. 1.17 представлены итоги структурно-функционального синтеза подсистемы 1 (см. рис. 1.16), реализующей принцип максимального саморазвития, или триединства.

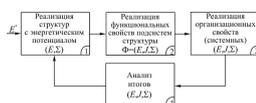


Рис. 1.17

На рис. 1.17 обозначены:  $\Phi$  – функциональные свойства подсистем;  $\Sigma$  – структурные связи подсистем.

Уточним целевое назначение подсистем структуры, приведенной на рис. 1.17.

На вход подсистемы 1 поступает, например, материя, имеющая полевую структуру, так, например, солнечная энергия  $E^*$ . На этом уровне реализуется синтез объектов материального мира в виде иерархии структур.

В подсистеме 2 из вещества с заданной структурой творятся подсистемы структуры с заданными функциональными свойствами, обладающие информацией, необходимой каждой из динамических систем иерархии.

Подсистема 3 объединяет подсистемы в единую систему, что позволяет создать организованную, или структурированную, материю в виде динамических систем, отличающихся между собой информационно, энергетически, массово, что обуславливает их структурно-функциональные свойства.

Подсистема 4 оценивает области состояний: опасные или безопасные, в которых находится динамическая система.

Таким образом, к организованной материи будем относить материальные объекты, обладающие вышеуказанными структурно-функциональными свойствами, реализующие заданную цель в процессе своего функционирования.

Целевое назначение динамической системы включает:

- реализацию заданной цели, т. е. обеспечение необходимых показателей эффективности функционирования;
- обеспечение заданных или нормативных показателей риска и безопасности при заданных показателях эффективности.

Для реализации целевых назначений динамическая система наделяется необходимыми: структурой и функциональными свойствами подсистем структуры. Структура и функциональные свойства подсистем этой структуры включают:

- систему управления эффективностью функционирования системы;

– систему управления рисками и безопасностью функционирования системы.

Относительно исходных знаний о структуре иерархической системы бытия отметим следующее. Научные знания, посвященные синтезу и анализу структурно-функциональных динамических систем иерархии, а также систем управления эффективностью и безопасностью, синтезированных на структурно-функциональном уровне, представлены на рис. 1.18.



Рис. 1.18

### 1.3. Топические и топологические пространства иерархических динамических систем. Введение

В дальнейшем будем применять понятия топического и топологического пространств.

*Топическое пространство*, включающее совокупность всех реальных динамических систем, есть бытие. В качестве основных иерархических структур будем рассматривать духовно-материальную систему бытия человека (рис. 1.15), включающую: этносферу, социосферу, биосферу.

Каждая из этих иерархических структур представляет топическое пространство. Так, биосфера как иерархическая динамическая система формирует биотопическое пространство; социосфера формирует социотопическое пространство; этносфера формирует этнотопическое пространство. Так, например, к эготопическому пространству относится эгосфера [26].

Топическому пространству соответствует *топологическое пространство* – совокупность абстрактных объектов, например в форме математических объектов, служащих моделью соответствующего объекта топического пространства.

Особенности этих пространств:

- в них задано множество взаимозависимых объектов;
- множество объектов включает в себя совокупность подмножеств объектов с различными процессами и полями, обладающими различными функциональными свойствами.

Проблема изучения этих пространств необычайно сложна по многим причинам, и прежде всего из-за широкого диапазона изменений свойств процессов и полей, наполняющих эти пространства, включая макро– и микропроцессы, тонкие процессы, прежде всего создаваемые, например, духовной системой или ноосферой человека. Выделим следующие подпространства: макро-, микро-и тонкие. Так, для эгосферы тонкие пространства связаны с изучением и описанием, прежде всего, свойств потенциалов клетки и конstellляции клеток, создающих электромагнитное поле.

Учитывая важное место в иерархии динамических систем человека и его эгосферы, рассмотрим основные вводные понятия топического и топологического пространств, созданных человеком.

*Эготопическое пространство* формируется всем тем, что связано с внутренним миром человека.

*Хомотопическое пространство* формируется всем тем, что связано как с внутренним, так и с внешним миром.

Отметим особенности, присущие человеку и эгосфере как динамическим системам при формировании указанных пространств.

Пространство органов, систем человека, имеющих внутреннее происхождение, т. е. созданных эндогенными процессами, будем называть *эготопическим* пространством. Этому пространству, используя абстрактные модели, ставим в соответствие *эготопологическое* пространство.

Человек, создающий объекты, как во внутренней, так и во внешней среде, формирует *хомотопическое* пространство. Этому пространству, используя абстрактные модели объектов, ставим в соответствие *хомотопологическое* пространство.

Хомотопическое пространство включает органы, элементы и системы организма, между которыми различным способом определены энергетическо-информационные связи. Это пространство связано с организмом как сложной пространственной структурой, в которой размещены различные органы, в том числе образующие подсистемы формирования

энергетик, контроля и управления этими энергетиками для реализации человеческой деятельности во внешней среде.

Хомотопологическое пространство процессов и полей – более общее понятие, чем эготопологическое, в силу того, что оно содержит как экзогенные, так и эндогенные поля и процессы, созданные человеком. В эготопическом пространстве работает ученый-медик, который создает модели и изучает физические процессы и поля и прогнозирует их состояние. В эготопологическом пространстве должен работать ученый-математик, который создает абстрактные модели процессов и изучает законы их изменения.

Хомотопологическое пространство включает в себя множество абстрактных объектов с различными свойствами, между элементами которого тем или иным способом определены предельные отношения. Это пространство связано с абстрактными объектами, отображающимися в виде точек и элементов. Между хомотопологическим и хомотопическим пространствами существует взаимно однозначное соответствие.

В эготопологическом пространстве нам нужно строить модели и изучать следующие процессы:

- энергетические (электрические, электромагнитные);
- информационные;
- изменение массы;
- изменение структурно-функциональных свойств, в том числе патологию;
- функциональные зависимости, законы изменения электрического потенциала, количества крови и т. п.

Наша проблема связана с введением пространств таким образом, чтобы была возможность использовать аппарат математического анализа и функционального анализа. Особенности эготопологического пространства связаны со свойствами эгосферы. Эгосфера включает три категории объектов, каждая из которых описывается соответствующим математическим аппаратом.

*Макрообъекты* (органы тела) – их можно представить как векторное пространство (векторно-временное), как динамическую систему.

*Микрообъекты*, например, системы контроля, реализующие, в частности, детерминированные процессы в функциональном пространстве.

*Тонкий мир* (тонких энергетик ноосферы) – процессы регулярной и хаотической динамики.

В эготопическом пространстве нам дается возможность изучать работу генетических программ, контролировать процессы формирования эгоэнергетик, делать заключение о состоянии отдельных объектов и систем и вводить корректировку их текущих значений (потенциала) с помощью системной медицины [29]. Здесь создается наука о человеке на уровне физических объектов. В эготопологическом пространстве у нас есть возможность изучать работу интеллектуальных программ, включая функциональные отношения между программами, роль и место соответствующих шаблонов, прогнозировать многие процессы эгоэнергетики, в том числе патологические. Здесь создается наука о человеческой природе на уровне математических объектов. При этом возникают следующие проблемы:

Как контролировать нарушения в эготопическом пространстве?

Как моделировать нарушения в эготопологическом пространстве?

Как обеспечивать независимость объектов эготопического пространства от возмущающих факторов внешнего и внутреннего происхождения?

Как восстанавливать нарушенные связи систем контроля, управления и самих систем энергообеспечения?

Какие модели – линейные или нелинейные – приемлемы для решения задачи в каждом из перечисленных случаев?

## Эгоэнергетика как функциональная система

Эгоэнергетика создается, контролируется и управляется в эготопологическом пространстве интеллектуальной системой, реализующей множество функций с некоторым набором программ (операций), применяемых к этим функциям и приводящих к получению других функций из этого множества. Эгоэнергетическая функциональная система представляет собой управляющую систему, которой свойственны правила построения более сложных управляющих систем из заданных.

Нам понадобятся следующие три определения.

**Номо** – объект, принадлежащий этносфере, созданный в биосфере и наделенный ее соответствующими энергетическо-информационными полями.

**Номо sapiens** – биосоциальный объект, обладающий энергетическо-информационными полями, существенно отличающимися от энергетическо-информационных полей Номо.

**Эгосфера** характеризуется внутренним содержанием, свойствами деятельности внутренних органов, энергией и информацией, им сопутствующими, и, прежде всего, интеллектуального пространства [29, 32].

Укажем далее необходимые сведения из функционального анализа.

В эготопологическом пространстве функциональным уравнением или моделью процесса является линейное или нелинейное уравнение [38], в котором неизвестным является элемент какого-либо пространства конкретного (функционального) или абстрактного вида:

$$P(x) = y, \quad (1.1)$$

где  $P(x)$  – некоторый нелинейный (линейный) оператор, переводящий элементы пространства  $X$  в элементы пространства  $Y$ , что характерно для эгоэнергетической системы.

Если функциональное уравнение включает управляющий параметр  $\lambda$ , то имеем

$$P(x; \lambda) = y, \quad (1.2)$$

где  $x \in X, y \in Y, \lambda \in \Lambda, \Lambda$  – пространство параметров.

Уравнение (1.1) могут представлять конкретные или абстрактные уравнения, с обыкновенными и частными производными, интегральные, интегродифференциальные и функционально-дифференциальные уравнения, а также системы алгебраических уравнений. В линейном случае имеем уравнение:

$$Ax = y - 1\text{-го рода}, \quad (1.3)$$

$$x - \lambda Ax = y - 2\text{-го рода}, \quad (1.4)$$

где  $A$  – линейный оператор из  $X$  в  $Y, \lambda$  – параметр.

Сегодня теория функциональных систем в математике включает в себя задачи о полноте, сложности выражения одних функций через другие, тождественных преобразованиях, анализ. С позиции прогнозирования и управления в эгосфере как функциональной системе нас интересуют функциональные уравнения процессов и полей:

на уровне макропередачи энергии;

на уровне микропередачи энергии, например от сердца и гипоталамуса к органам;

на уровне тонких энергетик – потенциалы: клеток, точек ноосферы, точек сердца и т. д.

Эгосфера включает в себя ряд подмножеств, обладающих различными свойствами, например дух, душа, аналитический ум, тело – на уровне эготопического пространства. Здесь необходимо применять для анализа, кроме пространства категорий, *систему мер*.

Решение любой количественной задачи [26] при моделировании, как правило, заключается в нахождении функции  $z$ , характеризующей состояние контролируемого объекта  $A$  эгосферы по заданным или измеренным значениям процесса  $u$  объекта  $B$ , связанного с  $A$  следующим уравнением:

$$z = R(u). \quad (1.5)$$

В прикладных задачах  $u$  и  $z$  являются элементами метрических пространств  $U$  и  $Z$  соответственно, с расстояниями между элементами  $\rho_u(u_1, u_2)$ ,  $\rho_z(z_1, z_2)$ , где  $u_1, u_2 \in U$ ;  $z_1, z_2 \in Z$ . Метрика, как правило, определяется постановкой задачи. При этом метрические пространства  $Z$  и  $U$  выбираются необходимым образом так, чтобы:

– оценить близость элементов как средство описания окрестностей в пространствах  $Z$  и  $U$ ;

– обеспечить устойчивость решения для (1.5).

Возможна постановка этих задач для топологических пространств  $Z$  и  $U$ .

В качестве примера рассмотрим пространства эгосферы, включающие:

– геометрические объекты эгосферы – эготопическое;

– эгоэнергетическое (функциональное) – потенциальное пространство (микрообъекты);

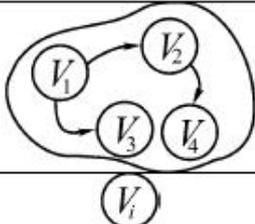
– энергетическо-информационных процессов (тонких энергетик).

Представим взаимосвязь эготопического и эготопологического пространств (см. таблицу 1.1) [26].

Множество  $\Omega^*$  вещественных пространственно-упорядоченных объектов и систем включает клетки, органы, системы. Каждый элемент  $V_i$  при переходе из эготопического в эготопологическое пространство преобразуется в элемент  $\omega$  с помощью числовых функций, функциональных уравнений, т. е.  $V_i \leftrightarrow \omega$ .

Множество  $\Omega^*$  преобразуется в  $\Omega$  с помощью операторов, в том числе с распределенными параметрами. При этом процедура построения  $\Omega^*$  включает в себя формирование теоретико-множественных объектов, а множество  $\Omega$  содержит абстрактные объекты и операции (процессы), заданные различными математическими моделями.

Таблица 1.1

Эготопическое пространство (биофизические объекты)		Эготопологическое пространство (абстрактные объекты)
Геометрические образы	Биофизические элементы, множества	Множества абстрактных объектов
	$\Omega^*$ — множество всех биофизических объектов	$\Omega$ — множество всех абстрактных объектов
$V_i$	$V_i$ — элемент $\Omega^*$	$\omega$ — элемент $\Omega$
Ноосфера	$A^*$ — подмножество множества $\Omega^*$	$A$ — подмножество $\Omega$
Мозг	$B^*$ — подмножество $\Omega^*$ $\{A^* \subset B^* \subset \Omega^*$ — операция принадлежности множеств}	$A \subset B \subset \Omega$ ( $A$ — часть $B$ ; $B$ — часть $\Omega$ )
Аналитический ум	$C^* \subset B^*$ $\{C^* \cup A^*$ — интеллект (объединение)	$C$ $\{C \cup A$ — интеллект (объединение)

Выделим необходимые множества для дальнейших рассуждений.

Пусть дано множество  $X$ , состоящее из элементов произвольной природы, называемых точками данного пространства, с введенной в этом множестве топологической структурой. Самый простой способ определения эготопологии  $G$  в данном множестве  $X$  (эгосферы) заключается в непосредственном указании тех подмножеств множества  $X$ , которые составляют топологию эгосферы. В зависимости от характера решаемой задачи, целей исследований может быть принята различная степень детализации (разделения).

Так, на макроуровне возможно выделение четырех подмножеств (согласно четырем подсистемам, формирующим структуру эгосферы как динамической системы). Таким образом, определим не все множества  $X$ , создающие эготопологическое пространство, а только некоторые множества этих элементов, т. е. базу данной топологии, достаточные для того, чтобы все остальные элементы топологии получались как объединение множеств, которые составляют базу.

Всякое подмножество  $X_0$  множества всех точек  $X$  данного топологического пространства  $X$  превращается в топологическое пространство с топологией, элементы которой суть всевозможные множества вида  $X_0 \cap \Gamma$ , где  $\Gamma$  — любой элемент топологии  $G$ . Так как эготопология есть множество некоторых подмножеств множества  $X$ , то между различными топологиями в одном и том же множестве  $X$  (эгосферы) устанавливается отношение порядка (по включению). При этом топология  $G_2$  больше (или равна) топологии  $G_1$ , если  $G_1$  есть подмножество множества  $G_2$ , а каждое открытое множество в  $G_1$  будет открытым и в  $G_2$ . Из

понятия топологии выводятся и все остальные топологические понятия: замкнутое множество, окрестность точки, точка прикосновения, замыкание, операции замыкания.

Непрерывное отображение одного пространства в другое необходимо для введения связи в различной форме между подмножествами эгосферы и основными четырьмя (подсистемами эгосферы как динамической системы) соответствующими топологиями. Эгосфера как топологическое пространство включает в себя несколько непрерывных отображений элементов одного пространства в другое. При этом справедливо следующее: отображение  $f: X \rightarrow Y$  (отображение топологического пространства  $X$  в топологическое пространство  $Y$ ) непрерывно в точке  $x \in X$ , если для любой окрестности  $O_y$  точки  $y = f(x) \in Y$  в пространстве  $Y$  существует такая окрестность  $O_x$  точки  $x$  в  $X$  что  $f(O_x) \subset O_y$  (условие Коши).

Если отображение  $f: X \rightarrow Y$  непрерывно в каждой точке  $x \in X$ , то оно называется *непрерывным отображением* пространства  $X$  в пространство  $Y$ .

Для непрерывности отображения  $f: X \rightarrow Y$  каждое из следующих условий необходимо и достаточно:

- если  $x$  есть точка прикосновения какого-либо множества  $M \subset X$ , то  $f(x)$  есть точка прикосновения множества  $f(M)$  в  $Y$ ;

- полный прообраз  $f^{-1}(O)$  всякого открытого в  $Y$  множества  $O$  есть открытое множество в  $X$ .

В эгосфере мы рассматриваем энергетическо-информационные пространства, составленные как из геометрических образов, так и в виде пространства функций, осуществляющих отображения энергетического потенциала из одного множества (пространства) в другое. В дальнейшем мы ограничимся одним метрическим пространством. В этом метрическом пространстве имеет место отображение информации из одного множества (пространства) в другое (для интеллектуального потенциала). На уровне тонких энергий, представляющих, как правило, случайные процессы, возможно применение теории потенциала. Потенциалы и метод потенциалов используются для решения задач электростатики и магнетизма. При этом рассматриваются притяжения масс произвольного знака или заряда.

Современная теория (математическая) потенциала позволяет решить одну из задач безопасного состояния, связанную с изучением, например, процесса броуновского движения, винеровского или марковского процесса. Вероятность того, что траектория броуновского движения в плоской области  $G \subset R^2$ , исходящая из точки  $x_0 \in G$ , встретит первый раз границу  $\partial G$  на борелевском множестве  $E \subset \partial G$ , есть не что иное, как гармоническая мера множества  $G$  в точке  $x_0$ ; полярные множества границы  $\partial G$  суть при этом те множества, которые траектория не встречает почти наверняка.

Современная теория потенциала связана в своем развитии с теорией аналитических, гармонических и субгармонических функций и теорией вероятностей.

Абстрактная теория потенциала включает такие понятия, как выметание; полярные и тонкие множества получают вероятностную интерпретацию в рамках общей теории случайных процессов. Не исключено, что тонкие топологии, тонкие множества, тонкий пучок, разряженное множество могут быть использованы в эготопологическом пространстве при изучении интеллектуальных программ и созданных ими тонких энергий [Математическая энциклопедия].

## Энергетическо-информационное поле, контроль

Прогнозирование эгосферного риска связано с моделированием процессов, включающих соматические (телесные как биохимической среды) и психические. Сегодня нами управляет материализм и соответствующее мировоззрение, утверждающее, что материя –

первопричина, или причина бытия. Однако наш материальный мир – это мир следствий. Мир причин включает в себя информационно-энергетические системы, формирующие соответствующие потоки и поля. Мир первопричин включает в себя мир программ (шаблонов), формирующий, как часто говорят философы, Вселенский разум, который на уровне макромира формирует информацию, программирует макропроцессы, управляет макроэнергетическими процессами согласно макропрограммам.

Изучая материальные объекты и программы, их наполняющие, мы включаем в знания только то, что есть итог, потому полученные истины относительны, они содержат ошибки, порождающие потери человечества в различных масштабах [52]. При таком подходе нам дано ответить, как создан мир, в силу принадлежности наших поисков в структуре знаний человечества к интеллектуальной системе эгосферы [26].

## Задачи системы контроля, прогнозирования и управления энергетическо-информационным полем эгосферы

Эгосфера, как и любая динамическая система иерархии бытия человека, – это высокоорганизованное интеллектуально-энергетическое поле или порожденное им энергетическо-информационное поле  $\Pi = (E, J)$ , способное творить смысл и цели жизни, адекватно отвечать изменениями  $\Pi = (E, J)$  на внешние  $W$  и внутренние  $V$  возмущающие факторы, обеспечивая нахождение  $\Pi = (E, J)$  в области допустимых значений, при которых сохраняются все его функциональные возможности.

В дальнейшем вектор-функцию времени  $\Pi(\cdot)$  будем называть *потенциалом*, характеризующим наши потенциальные возможности.

Величина потенциала  $\Pi$  эгосферы не является стандартной и одинаковой. Она существенно колеблется от эгосферы к эгосфере. При этом области допустимых значений  $\Omega_{дон}$  потенциала  $\Pi$  существенно изменяются. Для каждой эгосферы существуют минимально допустимые значения  $\Pi$ , начиная с которых невозможно выполнение функциональных свойств человека, т. е. цели и смысла жизни. Эти значения  $\Pi$  назовем *критическими* и обозначим  $\Pi_{кр}$ , а область –  $\Omega_{кр}$ .

Внешние  $W$  и внутренние  $V$  возмущающие факторы в совокупности представляют собой вектор  $\bar{G} = (W, V)$ , модуль которого имеет различные значения. Как правило,  $\bar{G}$ , контактируя с  $\Pi$ , создает антиэнергии  $E^-$  в эгосфере, способные существенно изменять  $\Omega_{дон}(E, J, E^-)$ . При некотором стечении обстоятельств  $\Pi(\bar{G}, E, J)$  под действием  $\bar{G}$  покидает область  $\Omega_{дон}$  и входит в область  $\Omega_{кр}$ . Тогда возникают критические ситуации для организма в целом с различными последствиями.

Человек уделял много времени и сил для поиска методов и средств, направленных:

– на увеличение потенциала  $\Pi$ ;

– на уменьшение влияния  $\bar{G}$  на  $\Pi$  и компенсацию антиэнергии  $E^-$  различными методами.

Эгосфера является сложной энергетической системой, равной которой нет в мире бытия, в силу того, что она включает интеллектуально-энергетический потенциал. Кроме того, например, эгоэнергия человека  $E^u$  по своему составу весьма разнообразна. Поэтому получить достоверные знания о состоянии эгоэнергетики и найти (на основе в общем случае недостоверных знаний) правильное управление, которое обеспечивает условие  $E^u \in \Omega_{дон}$ , чрезвычайно сложно. Однако на заре существования человека эндогенное управление эгоэнергетикой было единственно правильным путем к безболезненному состоянию. Нам сле-

дует воспользоваться всем, чего лишена современная медицина из опыта прошлых веков. Более подробно эта тема изложена в работах автора [20, 26, 29, 32]. Нам нужно научить наши генетические и интеллектуальные программы восполнять возможности программ для выполнения организмом целей жизнедеятельности.

Энергия эгосферы представляет собой случайное эгоэнергетическое поле, в частности, электрического обеспечения работы сердца, коры головного мозга. В нашем организме не все идеально для наших условий жизнедеятельности. Мы вынуждены либо «учить» наши программы путем различных упражнений, либо помогать им, вводя необходимую энергетику, либо отбирая ее, либо перераспределяя в хомотопическом пространстве. Пока не существуют методы и способы, позволяющие обучать эгоэнергетике и ее программы доводить до совершенства, в том числе при патологиях, кроме тех методов и способов, которые созданы на основе интуиции, ощущений (болезненных), создаваемых нервной системой. Хотя это нам крайне необходимо.

В простейших случаях этот метод часто хорошо работает, но не в таких ситуациях, которые, например, предшествуют клинической смерти при остановке сердца. Интуиция, ощущения не в состоянии воссоздать необходимые управления и принять правильное решение. Здесь необходима наука о человеческой природе. В общем случае в качестве управления  $U = U(E, J, W, V)$  энергетическо-информационным полем выберем:

– внешнее и внутреннее на генетическом уровне (на уровне тела и его генетических программ)  $U_2 = (U_{21}, U_{22})$ , без участия интеллектуальных программ;

– внешнее и внутреннее на интеллектуальном уровне (на уровне интеллектуальных программ)  $U_u = (U_{u1}, U_{u2})$ .

Как правило, при формировании  $U$  человек не имеет возможности контролировать  $\overline{G} = (W, V)$ . Только в частных случаях мы можем формировать внешние и внутренние энергетические поля на генетическом и интеллектуальном уровнях.

Предположим, произошло поражение внутреннего уха, развилась тугоухость и связанное с этим снижение потока звуковой информации. Это приводит к функциональному, а затем и структурному недоразвитию центрального (коркового) отдела слухового анализатора, к недоразвитию связей между слуховой зоной коры и двигательной зоной речевой мускулатуры, между слуховым и другими анализаторами. В итоге нарушается фонематический слух и фонетическое оформление речи. Кроме того, нарушается и интеллектуальное развитие. Таким образом, недоразвитие или нарушение одной из функций ведет к недоразвитию другой или даже нескольких функций. Однако человек имеет возможность в некоторой степени нейтрализовать отказы некоторых систем. Так, в случае врожденной глухоты или тугоухости ребенка можно обучить зрительному восприятию речи, «считыванию с губ» или объяснению «на пальцах». Слепые учатся «читать» текст по специальным книгам.

При повреждении левой височной области человек не способен понимать обращенную к нему речь. Компенсация такого дефекта может быть осуществлена постепенным восстановлением за счет использования зрительного, тактильного и других видов восприятия компонентов речи.

В явном виде зависимости  $U(E, J)$  в современной медицине не существуют. Отметим, что управления  $U_2$  и  $U_u$  формируются, как правило, западной и восточной медицинами соответственно, различными способами. В качестве управлений  $U$  на генетическом уровне выступают тепловые, электрические, магнитные поля  $\Psi$  внешнего происхождения, модели которых можно представить в виде векторного поля. Изменение векторного поля  $\Pi = (E, J)$  происходит под воздействием поля  $\Psi$  согласно некоторой программе изменения последнего.

Построение программы управлений возможно

– с использованием идей построения алгоритмов и, прежде всего, адаптивного обучения случайных полей;

– с использованием идей идентификации полей и параметров, декомпозиций, теории систем контроля и нейтрализации возмущающих факторов.

## О контроле и управлении эгоэнергетикой

Все органы взаимосвязаны. Так, например, на работу сердца (частоту сердечных сокращений) оказывает влияние душа, формирующая психическую энергию (страх, стресс). *Можно стремиться исключить эту связь.* И таких примеров много. А нужно ли? Улучшает ли работу такое управление, такие вмешательства в эгоэнергетику? Мы можем показать, как это сделать, но необходимость такого вмешательства нужно решать в каждом конкретном случае. Так, при язве двенадцатиперстной кишки предлагается стандартная операция: отсечение части желудка и нерва, управляющего им. Однако имеют место случаи противопоказаний такого подхода, когда приходилось восстанавливать нерв. В противном случае болезнь не затухает, а эгоэнергетика приближается к критической области.

Решение проблемы контроля, прогнозирования и управления эгосферными рисками связано с необходимостью осуществления:

- контроля над процессами функционирования эгосферы;
- прогнозирования процессов функционирования эгосферы с использованием информации от систем контроля;
- управления процессами функционирования с использованием информации от систем прогнозирования.

Контроль над состоянием эгосферы и управлением ее состояния осуществляется:

- внутренней системой контроля и управления: периферийной (чакры и т. д.) и центральной (мозг и т. д.);
- внешней системой контроля и управления [26].

Как правило, внутренняя система контроля и управления работает в автономном режиме при нормальном (допустимом) значении параметров состояния. Как только значения параметров состояния организма выходят из области допустимых значений, подключается внешняя система контроля и управления. Такое подключение происходит по инициативе человека и, прежде всего, врача.

Особенности, присущие процессам контроля, прогнозирования и управления, обусловлены, прежде всего, а может быть, в большей мере, свойствами процессов функционирования эгосферы. Обозначим эти процессы вектор-функцией  $x(t) = (x_1, \dots, x_n)$ . В частном случае в качестве  $x(t)$  рассматривается эгоэнергетика, т. е.  $x(t) = E^u(t)$ , включающая  $x_1$  – интеллектуальную,  $x_2$  – генетическую, т. е.  $x = (x_1, x_2)$ . Относительно  $x(t)$  и его отдельных компонент  $x_i(t)$  ( $i = \overline{1, n}$ ) мы имеем различную информацию.

1. Процесс  $x(t)$  – детерминированный, известный нам в текущий момент времени, в том числе при  $t = t_0$ , т. е. в начальный момент времени (например, температура тела по всей поверхности тела, частота сердечных сокращений и т. п.).

2. Процесс  $x(t)$  – такой, что одна или несколько координат имеют вероятностную природу либо не полностью нам известны. При этом мы имеем возможность статистического описания процесса  $x(t)$  или его отдельных компонент, таких как биофизическая энергия на некотором отрезке времени, большем  $t_0$  на величину  $\tau$  в момент наблюдения.

3. Процесс  $x(t)$  – такой, что какое-либо статистическое описание отсутствует, но известно, что  $x(t)$  принадлежит некоторой допустимой области значений  $\Omega_{don}(t)$ . О таком

процессе говорят, что он не определен, т. е. имеет место состояние  $x(t)$  в условиях неопределенности. К таким процессам относятся процессы психоэнергетики, связанные с контролем и управлением биофизическими процессами.

4. Процесс  $x(t)$  полностью не определен, имеется некоторая информация, например описание его с помощью нечетких множеств.

*Цели систем контроля* параметров состояния эгоэнергетики.

1. Поиск функциональной зависимости между параметром  $u$ , который мы можем измерять, и параметром  $z = (z_1, \dots, z_n)$ , характеризующим состояние органа, подлежащего оценке его состояния, т. е. контроля, с учетом взаимосвязи отдельных компонент  $z_i$  соответствующих органов (см. раздел 1.5).

2. Построение области допустимых значений параметра  $z$ , т. е.  $z_{don}$ , и оценка отклонения фактического значения  $z$ , т. е.  $z_{\phi}$  от  $z_{don}$ .

3. Обнаружение отказа соответствующего органа – контроль генетических и интеллектуальных энергетик и соответствующих программ.

4. Оценка функциональных возможностей эгосферы в среде жизнедеятельности, в том числе генетических и функциональных.

5. Позиционное наблюдение.

Средства *программирования* контролируемых и управляемых процессов:

– с помощью временных рядов;

– с помощью математических моделей энергетических, информационных и энергетическо-информационных процессов;

– при использовании оптимальных оценок;

– при помощи минимаксных оценок.

В эгосфере мы реализуем два вида управления: в интеллектуальном пространстве –  $U_u$  – и в генетическом пространстве энергетик –  $U_2$ . При этом мы реализуем различные формы управления. Так, например, когда биофизическая энергетика покидает область допустимых состояний, т. е.  $x_2 \notin \Omega_{don}$ , мы проводим следующую операцию: вводим управление  $U_2$  в виде удаления больного органа в момент времени  $t_0$  и ожидаем в момент времени  $t_1$  событие  $x_2 \in \Omega_{don}$ .

Выделим *разновидности управлений*, реализуемых в эгосфере:

– дискретное компенсационное;

– компенсационное непрерывное для внешних и внутренних возмущающих факторов;

– обеспечение функциональной независимости органов, в том числе в случае отказа органа;

– позиционное управление процессами;

– управление с использованием алгоритмов обучения информационно-энергетических полей и процессов.

В случае позиционного управления мы имеем ситуацию, изображенную на рис. 1.19. Здесь изображено:  $\Omega_{don}$  – область допустимых состояний контролируемых энергетик;  $\Omega_{кр}$  – область критических состояний. При  $t = t_0$  исходное состояние было критическим, произведена операция, т. е. введено управление  $U(t_0)$  так, чтобы достичь область  $\Omega_{don}$  при  $t = t_1$ .

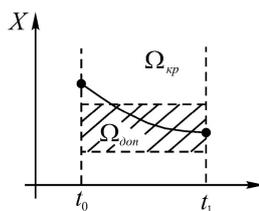


Рис. 1.19

*Управление на интеллектуальном уровне (рис. 1.20).*

1. Задача построения  $u_{ii}(t)$  для тех, кто сам не может этого сделать, – нужна программа управления, помощь в анализе.



Рис. 1.20

2. Задача построения  $u_{ii}(t)$  для тех, кто сам не может построить цель и способ, соответствующие своим возможностям, – помощь в синтезе.

3. Промежуточная задача построения  $u_{ii}(t)$  для тех, кто с ошибками формирует цель и способ ее достижения.

Можно искать решение в условиях неопределенности, либо можно искать решение в пространстве случайных функций, например с помощью теории потенциала или применяя методы теории катастроф. Во всех случаях мы хотим обеспечить пребывание энергетического потенциала  $E^y(t)$  в области  $\Omega_{don}$ .

Указанные выше свойства объектов эготопологического пространства можно распространить на динамические системы, в совокупности своей формирующие иерархию интеллектуально-энергетических динамических систем (рис. 1.13).

## 1.4. Качественная модель рисков и безопасности динамических систем

### 1.4.1. Функциональные риски. Качественная модель

Анализ характеристик риска будем осуществлять на двух уровнях: качественном и количественном. Качественный анализ может быть сравнительно простым, его главная задача – определить совокупность факторов, влияющих на риск и безопасность на различных уровнях динамической системы. Количественный анализ риска сводится к численному расчету размеров риска отдельных подсистем, отдельных индикаторов состояния системы и риска и безопасности системы в целом. Качественный анализ предшествует количественному, он осуществляется на уровне структур и учитывает функциональные особенности и свойства подсистем, наполняющих динамическую систему.

Согласно существующим теоретическим основам, количественный расчет значений риска и безопасности динамической системы может быть осуществлен при помощи:

- использования аналогов;
- экспертных оценок;
- динамического моделирования;
- статистических испытаний;
- вероятностных методов.

Наиболее распространенным методом оценок риска в настоящее время является метод статистических испытаний. Однако этот метод работает только для функционирующих систем.

Недостатки метода статистических испытаний:

- необходим большой объем исходных данных в течение длительного времени функционирования реально существующей динамической системы, когда полученные материалы часто теряют свою актуальность и значимость;
- их невозможно получить, например, на этапе создания системы и обеспечения их реализации;
- практически невозможно оценить влияние отдельных подсистем и факторов на показатели риска.

Этих недостатков лишен вероятностный метод, основанный на математических моделях процессов и полей, создаваемых динамической системой в процессе функционирования [44].

Выделим следующие уровни анализа риска и безопасности.

*Первый уровень* – осуществляется анализ, прогнозирование и управление конечной целью (как сейчас и не только в экономике).

*Второй уровень* – все подсистемы в совокупности подвергаются анализу на предмет риска и безопасности.

*Третий уровень* – каждая подсистема анализируется как система со структурой, а затем анализ риска и безопасности производится в совокупности для своей системы.

При синтезе и анализе математических моделей процессов и полей динамической системы необходимо учитывать следующие особенности:

- в процессе функционирования динамической системы всегда решается множество задач, некоторые из них, в силу объективных причин, оказываются противоречащими главной цели;

- функциональные свойства подсистем и системы в целом изменяются под влиянием внутренних и внешних факторов риска;
- в процессе функционирования в подсистемах происходят процессы старения, деградации.

В процессе функционирования динамическая система получает на вход из окружающей среды потоки ресурсов  $R_{ex} = R_{ex}(E_{ex}, J_{ex}, m_{ex})$  в виде энергетических  $E_{ex}$ , информационных  $J_{ex}$ , массовых  $m_{ex}$  компонент. Система перерабатывает  $R_{ex}$  и отдает в среду потоки  $X(t)$ , в том числе потоки ресурсов  $R_{вых} = R_{вых}(E_{вых}, J_{вых}, m_{вых})$  для динамических систем внешней среды.

В качестве внешних возмущающих факторов  $W$  будем выделять следующие события и процессы:

- созданные средой (так, например, биосферой), на которые человек не может влиять, которыми он не может управлять; это, как правило, чрезвычайно редкие события и процессы, так, например, стихийные бедствия, которые невозможно прогнозировать достоверно;
- созданные в результате деятельности человека в окружающей среде, имеющие определенную повторяемость и достаточно четкое описание их возникновения в виде модели;
- как итог, обусловленный управляющими воздействиями, например, со стороны социально-экономических систем.

Основные потери (риски) динамической системы формируются в подсистемах целеполагания (подсистема 1) и целедостижения (подсистема 2). Целеполагание, как правило, осуществляется на качественном уровне и позволяет судить лишь об общем направлении работ в виде генеральной цели. В подсистеме (2) генеральная цель разбивается на совокупность более частных, более простых и конкретных подцелей, т. е. проводят квантификацию целей.

Осуществив квантификацию, получаем многоуровневое иерархическое дерево целей. Для обеспечения полноты в набор целей нижнего уровня включаются цели, характеризующие различные стороны процесса функционирования системы. Дерево целей позволяет иметь полный перечень задач анализа потерь для подсистем любого уровня.

Процесс квантификации цели завершен, когда получен набор количественно измеримых подцелей, связанных с показателями функционирования динамических подсистем.

Каждый из таких показателей характеризует состояние  $(E, J, m)$  отдельных подсистем каждого уровня и системы в целом.

В процессе реализации цели в каждой из подсистем динамической системы (рис. 1.8) создаются потери, которым соответствуют нижеследующие *функциональные риски*.

1. Происходящие при реализации цели вследствие того, что результат воздействия (реализующего решения) с погрешностями  $\delta U_3$  управления подсистемой (3) структуры, как в данный момент, так и в последующие вызовут отклонение динамической системы от расчетного или наилучшего значения цели с последующим выходом в  $\Omega_{кр}$ .

Вероятностную меру этой потери характеризует величина риска  $R_3$ , которую назовем *риском действия*.

2. Обусловленные несовершенством методов и средств, а также ресурсов, с помощью которых формируются погрешности  $\delta U_2$  при формировании управления  $U_2$ , обуславливающие выход динамической системы в область  $\Omega_{кр}$ .

Вероятную меру  $R_2$  такой потери назовем *риском управления*.

3. Обусловленные ошибками  $\delta U_1$  процесса целеполагания, в том числе ошибками идентификации структурно-функциональных свойств динамической системы и ошибками контроля, обуславливающими выход динамической системы в  $\Omega_{кр}$ .

Вероятностную меру  $R_1$  такой потери назовем *риском целеполагания*.

4. Происходящие при реализации цели вследствие того, что оценка цели, например, при ее измерении и построении  $\Omega_{дон}$  включает погрешности  $\delta U_4$ , которые обуславливают погрешности целеполагания, целедостижения (управления), приводя к выходу динамической системы в  $\Omega_{кр}$ .

Вероятностную меру  $R_4$  такой потери назовем *риском оценки*.

При этом потери  $\Delta C$  при целереализации можно представить в виде:  $\Delta C = \Delta C(\delta U_1, \delta U_2, \delta U_3, \delta U_4, X, Y, t)$  где:  $\delta U_1$  – погрешности целеполагания;  $\delta U_2$  – погрешности управления (целедостижения);  $\delta U_3$  – погрешности действия (целереализации);  $\delta U_4$  – погрешности оценки (контроля).

Отметим основную проблему: идентификация в процессе формирования цели подсистемой (1) целеполагания должна быть такой, чтобы потоки ресурсов на выходе динамической системы  $R_{вых} = R_{вых}(E_{вых}, J_{вых}, m_{вых})$  достигали максимально допустимое значение.

Можно говорить о первом приближении опасного и безопасного состояний системы, когда оцениваются ее выходные координаты в текущий момент времени. Так, например, на стол главы правительства поступает информация, что валовый национальный продукт за прошлый год в норме. Но в этот год подсистема (2) и ее потенциал покинул  $\Omega_{дон}$  [25, 34], однако он не оценивается. Здесь критическая ситуация, однако динамическая система не «осознает» ее, так как не контролирует и не управляет.

## 1.4.2. Риск управления. Факторы риска

Проблема управления рисками и обеспечения безопасности динамической системы состоит в оценке (измерении) ее состояния и в создании такого управления, которое обеспечит условие  $(X, Z) \in \Omega_{дон}$  и исключит ситуацию  $(X, Z) \in \Omega_{кр}$  (рис. 1.21), где  $Z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$ ;  $z_i$  – процессы, формируемые соответствующими подсистемами.

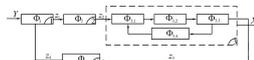


Рис. 1.21

Ограничиваясь индикатором  $x(t) = X(t)$ , для реализации указанной цели выделим два управления ( $u_1, u_2$ ):

$u_1$  – осуществляет ограничение величины отклонения фактического значения  $x$  (обозначим его  $x_\phi$ ) от расчетного (заданного) или номинального  $x_n$ ;

$u_2$  – осуществляет предотвращение выхода  $x_\phi$  в  $\Omega_{кр}$ , т. е. предотвращает событие  $x_\phi \in \Omega_{кр}$ .

Первое управление включает два управления:

$u_{1,1}$  – реализующее номинальные значения  $x$ , т. е.  $x_n$ ;

$u_{1,2}$  – осуществляющее стабилизацию или нейтрализацию отклонений процесса  $x_\phi$  от  $x_n$ .

Процесс  $x_\phi$ , в силу зависимости от случайных внешних  $W(t)$  и внутренних  $V(t)$  факторов риска, также относится к случайным процессам. При этом  $x_\phi = m_x + \Delta x$ , где  $m_x = m_x(t)$  – математическое ожидание  $x_\phi$ , в общем случае функция времени, часто совпадающая с  $x_n(t)$ ;  $\Delta x = \Delta x(t)$  – отклонение  $x_\phi$  от математического ожидания, в общем случае случайный процесс.

Задача управления  $u_{1,2}$  состоит в компенсации  $\Delta x$  таким образом, чтобы  $\Delta x$  было минимальным. Отметим, что в общем случае имеет место  $\Delta x = \Delta_1 x + \Delta_2 x$ , где  $\Delta_1 x$  обусловлен внутренними возмущающими факторами, т. е.  $\Delta_1 x = \Delta_1 x(V)$ ;  $\Delta_2 x$  – внешними, т. е.  $\Delta_2 x = \Delta_2 x(W)$ .

Как правило, в системах, формирующих управления  $u_{1,2}$  и  $u_{1,1}$ , не предусмотрено обеспечение условия  $x_\phi \in \Omega_{don}$ . Последнее условие обеспечивает управление  $u_2$ . В случае отсутствия  $u_2$  возникает событие  $x_\phi \notin \Omega_{don}$ .

Риск управления обусловлен следующими факторами риска:

- в подсистеме (2), осуществляющей управление;
- погрешностями программ целеполагания, целедостижения;
- недостатком ресурсов систем управления для компенсации  $W$  и  $V$ .

Для функционирующей динамической системы модель структурно-функционального состояния имеет вид:

$$F(\Sigma, \Phi, E, J, m) = 0,$$

где  $E, J, m$  – энергия, информация, масса соответственно,  $\Sigma, \Phi$  – структура и функциональные свойства подсистем и системы в целом;  $F$  – нелинейный интегродифференциальный оператор.

Если  $\theta = (E, J, m)$  находится в области допустимых состояний, то имеет место *функционирующая динамическая система*. Если  $\theta = (E, J, m)$  покинула область  $\Omega_{don}$ , но не приняла нулевые значения, то для системы наступает хаотический режим, когда она не способна выполнять исходное целевое назначение, например создавать свободные энергии для компенсации  $W, V$  и осуществления своей эволюции.

В общем случае динамическая система с иерархической структурой описывается математической моделью вида

$$F(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4, \theta, X, Y) = 0,$$

где  $F(\cdot)$  – нелинейный интегродифференциальный оператор;  $\Phi$  ( $i = \overline{1, 4}$ ) – функциональные свойства соответствующих подсистем (их модели);  $Y$  – входные факторы;  $X$  – выходные факторы, подлежащие контролю и ограничению.

В свою очередь модель каждой подсистемы имеет вид:

$$F_i(\Phi_{i,1}, \Phi_{i,2}, \Phi_{i,3}, \Phi_{i,4}, \theta_i, x_i, y_i) = 0 \quad (i = \overline{1, 4}).$$

В качестве примера на рис. 1.21 приведена структура динамической системы, в которой  $\Phi_3$  представлена в свою очередь в виде структуры, содержащей подсистемы  $\Phi_{3,1}, \Phi_{3,2}, \Phi_{3,3}, \Phi_{3,4}$ . Такая структура имеет место, например, для социально-экономической системы, когда подсистема (3) представляет экономическую систему, а на более низком уровне находится человек.

В качестве примера рассмотрим следующие крайние ситуации.

I. Если мы хотим оценить критическую ситуацию риска и безопасности динамической системы в данный момент времени, то  $z_i \in \Omega_{кр}$  подсистемы можно рассматривать как независимые события.

II. Если же мы хотим анализировать возможность управления рисками и безопасностью на некотором интервале времени, то мы должны прогнозировать процессы. В этом случае  $z_1, z_2, z_3, z_4$  будут зависимыми процессами, а  $z_i \in \Omega_{кр}^{(i)}$  – зависимыми событиями.

В случае I критическая ситуация возникает не только тогда, когда  $C \in \Omega_{кр}$ , но и тогда, когда  $z_i \in \Omega_{кр}^{(i)}$  ( $i = \overline{1, n}$ ), где  $C = X$ .

Если в государственной системе власти  $z_1 \in \Omega_{кр}^{(1)}$ , то имеет место постоянная цель  $C = \text{const} = C(t_0)$ , не корректируемая во времени. Это застой системы.

Аналогично, если  $z_2 \in \Omega_{кр}^{(2)}$ , то имеют место застойные или ложные пути и методы достижения цели.

Если  $z_3 \in \Omega_{кр}^{(3)}$ , то имеет место падение потенциала  $E_3$ .

Если  $z_4 \in \Omega_{кр}^{(4)}$ , вся система деградирует, несмотря на то, что  $z_i \in \Omega_{дон}$  ( $i = \overline{1, 3}$ ).

Пусть целью динамической системы является создание потенциала  $\theta = (E, J, m)$ , который формируется на выходе системы, т. е.  $X = \theta$ . Для того чтобы система функционировала сама и выполняла задачи от иерархии, она должна создавать  $X$  не менее  $X_{дон}$ . При этом она должна получать из иерархии ресурсы  $Y$  – то, что сама не может производить. Часть созданного потенциала  $\theta = \theta_1 + \theta_2$  в виде  $\theta_2$  она отдает в среду тем динамическим системам, которые не могут его производить.

Будем предполагать, что система на иерархическом уровне имеет обратную связь. Так, если  $\theta_2 \in \Omega_{кр}^{(1)}$ , то ресурсы, поступающие из внешней среды, на входе подсистемы (3) уменьшаются до величины  $u_3 \in \Omega_{кр}^{(2)}$ , и  $\theta_2$  уменьшается. Такова реальность, имеющая место в иерархии динамических систем. Критическая ситуация для динамической системы

в целом зависит от критической ситуации каждой подсистемы, когда  $z_i \in \Omega_{кр}^{(i)}$  ( $i = \overline{1, 4}$ ). В итоге имеет место проблема: оценить риск иерархии динамических систем, самой динамической системы.

В дальнейшем мы ограничимся самой динамической системой. Полученные результаты могут быть обобщены на иерархию динамических систем. При этом в случае объединения двух или более динамических систем возникают особенности как при моделировании его состояния, так и при оценке суммарного риска [17, 24, 30, 31]. Факторы риска на структурно-функциональном уровне формируются в процессе отклонения объектов бытия от основных принципов, что обуславливает изменение функциональных свойств систем и приводит к их неспособности творить исходные цели. Это обуславливает отклонение их параметров состояния от нормы и выход в область критических состояний с последующей патологией (стандартным отклонением от норм). При этом нарушение законов передачи энергетическо-информационных полей с различных уровней иерархии динамических систем разрушает сначала функциональные свойства подсистем, их программы, что влечет за собой частичную или полную деструктуризацию, т. е. потерю одной из подсистем. В итоге динамическая система не в состоянии обеспечить реализацию поставленной цели, а после этого она либо отмирает, либо мутирует в новый объект, чуждый исходному.

В качестве примера рассмотрим процесс, характеризующий смерть одной из цивилизаций.

Один из сценариев смерти цивилизации (например, Римской империи) начинается с того момента времени, когда материальные ресурсы ( $R_m$ ) достигают максимальной вели-

чины (которую назовем критической  $(R_M)_{кр}$ ), а духовные  $(R_\delta)$  резко падают до минимально допустимых  $(R_\delta)_{кр}$ . При этом имеем  $(R_\delta)_{кр} = f((R_M)_{кр}, t)$  [28].

Модель подлежит разработке с целью прогнозирования момента времени достижения  $(R_M)_{кр}$  и  $(R_\delta)_{кр}$ . Прежде всего отметим, что источником формирования этносов, суперэтносов, империй, цивилизаций являются не материальные, а духовные ресурсы.

Для построения такой модели человечество накопило большое количество подобных процессов-сценариев: Египет, Индия, Китай, Древний Рим, Израиль, Россия [28]. Как показывает анализ структурно-функционального состояния этих цивилизаций, имеют место следующие подсистемы с их наполнением человеческими духовными ресурсами  $R_\delta$  [28]:

- подсистема (1) целеполагания  $R_\delta^{(1)} \cong 5 \%$ ,
- подсистема (2) целедостижения  $R_\delta^{(2)} \cong 5 \%$ ,
- подсистема (3) целереализации  $R_\delta^{(3)} \cong 70 \%$ ,
- подсистема (4) контроля целесостояния  $R_\delta^{(4)} \cong 5 \%$ ,
- шудра (потерянные ресурсы)  $R_\delta^{(5)} \cong 15 \%$ .

Ресурсы духовные  $R_\delta^{(i)}$  ( $i = \overline{1, 4}$ ) по своему нравственно-интеллектуальному потенциалу не должны уменьшаясь выходить из области допустимых значений  $\Omega_{дон}^{(i)}$  в область критических значений  $\Omega_{кр}^{(i)}$ . В случае если это произошло, процессы целеполагания и целедостижения создают критическую ситуацию в подсистеме целереализации (3). Возникает противостояние целей, методов и средств ее достижения. В итоге наблюдается резкое падение энергетического потенциала, наступает энергетическая смерть.

Для предотвращения этого необходимо найти способ оценки уровней нравственно-интеллектуального потенциала в подсистемах, выявить уровень допустимых и критических значений, начиная с которых происходит деструктуризация системы. При этом подсистемы есть, но их функциональный потенциал ничтожно мал в силу свойств личностей, их наполняющих, как сейчас в России.

При создании такой модели следует учесть один из важных факторов подобных систем, а именно:

- *единство разума*, структурно-функциональных свойств различных людей планеты, которое становится очевидным, если рассмотреть их творения [21, с. 72];
- более тонкое творение человечества – *единая структура культуры* [21, с. 102].

## Риски действия

Возникновение опасного состояния динамической системы может быть представлено как последовательность нижеследующих событий. При одностороннем ограничении по минимуму возможны следующие ситуации.

1. Появление события  $A$ , обусловленного отклонением  $x$  под влиянием  $W$  или/и  $V$ . В результате такого воздействия отдельные компоненты вектора  $x$  (или все в совокупности) покидают область  $\Omega_{дон}$  и попадают в  $\Omega_{кр}$ . Событие  $A$  обозначим  $A = \{x \in \Omega_{кр}\}$ . Вероятность события  $A$  обозначим  $P(A)$  (рис. 1.22).

2. Пусть событие  $A$  происходит на интервале времени  $\tau$  большем, чем  $\tau_0$ , за которое в динамической системе завершаются все переходные процессы, и тогда она не может вернуться в  $\Omega_{дон}$ . Таким образом, опасное состояние динамической системы наступает тогда, когда реализуются два события  $(A, B)$ , где  $B: (\tau > \tau_0)$ .

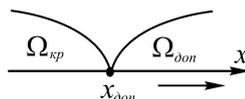


Рис. 1.22

3. Появление события  $A$  фиксируется подсистемой контроля или оценки в некоторый момент времени  $t$  в виде  $x^o = x_{изм}$ , представляющем собой событие  $D : (x^o < x_{дон})$ , где  $x^o$  – оценка текущего (фактического) значения  $x_f$ ;  $x_{дон}$  – ограничение одностороннее снизу.

4. При появлении события  $D$  в процессе принятия решения из-за ошибок, имеющих место в системе контроля, формирующей  $x^o$ , опасное состояние динамической системы может не аннулироваться, а развиваться, т. е. наступает событие  $E : (x(t) < x_{дон}, t > \tau)$ .

5. Событие  $A$  реализуется на отрезке времени  $[t_0, T]$ , на котором все события приняли безвозвратный характер. Это событие обозначим:  $C : (x(t) < x_{дон}, t \in [t_0, T])$ .

При этом вероятность  $P_{oc}$  перехода динамической системы в опасное состояние записывается так:

$$P_{oc} = P(A, B, D, E, C) = P(A, B) \cdot P(D, E, C / A, B),$$

где  $P(A, B)$  – вероятность появления фактора риска, обуславливающего опасное состояние динамической системы;  $P(D, E, C / A, B)$  – условная вероятность пребывания динамической системы в критической области.

Представим  $P(D, E, C / A, B)$  и соответствующие ему ситуации в виде

$$P(D, E, C / A, B) = P(D, E / A, B) + P(C / A, B)$$

в силу независимости  $(D, E)$  и  $(C)$ .

Предполагая, что ошибки принятия решения и ошибки оценки, совершаемые динамической системой, есть независимые события, получим

$$P_{oc} = P(A, B)[P(D / A, B) + P(E / A, B) + P(C / A, B)].$$

При этом вероятность  $P(D / A, B)$  позволяет оценить наши возможности в области оценок (измерений) и допускаемых ошибок, которые влияют на процесс возникновения опасной ситуации.

Вероятность  $P(E / A, B)$  равна вероятности непарирования критических значений контролируемого параметра из-за ошибок управления.

Вероятность  $P(C / A, B)$  характеризует численно величину аварийной ситуации (катастрофы).

Таким образом, нижеследующие события характеризуют:

$(A, B)$  – усложнение функционирования динамической системы;

$(A, B, D)$  – опасную ситуацию;

$(A, B, D, E)$ ,  $(A, B, C)$  – катастрофическую ситуацию.

При этом  $P_{oc}$  является интегральной характеристикой риска динамической системы.

Исходной информацией при оценке  $P_{oc}$  является область допустимых состояний  $\Omega_{дон}$ .

Задача построения  $P_{oc}$  включает в себя:

– обоснование совокупности параметров  $x$  состояния динамической системы, подлежащих контролю и ограничению;

- разработку математического метода количественного расчета фактических значений параметров  $x$  с заданной степенью достоверности;
- разработку методов оценки погрешностей измерения параметров  $x$  с заданной степенью достоверности;
- разработку математического метода расчета допустимых значений  $x$ , т. е.  $x_{\text{дон}}$ .

### 1.4.3. Области состояний динамических систем

Процессу целереализации соответствуют три уровня состояния динамической системы:

- допустимых состояний  $\Omega_{\text{дон}}(x)$ , при которых динамическая система способна достичь поставленную цель, например, когда  $\theta > 0$ ,  $\dot{\theta} > 0$ ;
- область критических состояний  $\Omega_{\text{кр}}(x)$ , когда динамическая система не способна достичь поставленную цель в силу того, что, например,  $\dot{\theta} < 0$ , но способна возвратиться в  $\Omega_{\text{дон}}$ ;
- область безвозвратных состояний или энергетической смерти, когда  $\theta = 0$ , включая энергию, получаемую от среды.

Приведем классификацию областей состояния динамической системы.

*Уровень 1.* Одна координата  $x$  динамической системы подлежит ограничению, при этом имеет место одностороннее ограничение по минимуму или по максимуму. Динамическая система находится в квазистационарном режиме.

*Уровень 2.* Один параметр  $x$  динамической системы подлежит двустороннему ограничению: по минимуму и по максимуму. Динамическая система находится в квазистационарном режиме функционирования.

*Уровень 3.* Многопараметрическое одностороннее ограничение векторного параметра  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ; многопараметрическое двустороннее ограничение. Динамическая система находится в квазистационарном режиме.

*Уровень 4.* Нестационарный режим функционирования, когда скорость изменения параметров  $\dot{x} \neq 0$ .

*Уровень 5.* Хаотический процесс изменения  $x(t)$ .

Проблема построения области допустимых состояний решалась, решается и будет решаться широко и глубоко в силу ее большой значимости для среды жизнедеятельности. Пока здесь имеет место некоторая незавершенность для физических систем, где приложен талант многих великих ученых.

Часто мы познаем границы  $\Omega_{\text{дон}}$  так же, как животные: через потери (так, например, флаттер крыла самолета, колебания шимми колеса самолета [31]). Область допустимых состояний  $\Omega_{\text{дон}}$  имеет границу  $S_{\text{дон}}$ , например, точку  $x_{\text{дон}}$  в одномерном случае для стационарного процесса, для случая двустороннего ограничения в виде изолированных точек  $x^H_{\text{дон}}$ ,  $x^6_{\text{дон}}$  – нижнего и верхнего значений соответственно. Область критических состояний имеет границу  $S_{\text{кр}}$ , которая отстоит в одномерном случае на некоторую величину запаса  $\Delta$  от  $S_{\text{дон}}$ .

В общем случае, когда  $x_{\text{дон}} = x_{\text{дон}}(t)$ , для различных динамических систем на границе  $S_{\text{кр}}$  формируются процессы:

- детерминированные;
- квазидетерминированные;
- стохастические;
- квазистохастические.

Можно выделить две крайности для границы  $S_{кр}$ : жесткая и «эластичная». В первом случае нарушение границы  $S_{кр}$  приводит к «смерти» динамической системы, когда невозможен возврат в  $\Omega_{дон}$ , во втором случае – к такой потере функциональных возможностей, когда возможен возврат в  $\Omega_{дон}$ . Для построения математической модели оценки риска необходимо иметь достоверную информацию как о самих  $\Omega_{дон}$ ,  $S_{дон}$ ,  $\Omega_{кр}$ ,  $S_{кр}$ , так и об особенностях функционирования динамических систем при их достижении.

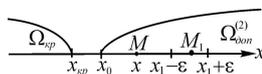


Рис. 1.23

Приведем в качестве примера области состояния такой динамической системы, как человек (рис. 1.23). Пусть в точке  $M_1 = M_1(x_1)$ , и ее окрестности  $(x_1 \pm \epsilon)$  в момент  $t$  энергия  $E$  обеспечивает комфортное его состояние. За время жизни фактическое состояние организма, характеризуемое точкой  $M_2 = M(x)$ , перемещается в сторону  $x_0$  критической области. Чем дальше от  $x_1$ , т. е. ближе к  $x_0$ , при увеличении  $\rho(M, M_1)$  состояние человека ухудшается, достигая границы  $S_{дон}$  ( $x = x_0$ ). За границей  $S_{дон}$  начинается область динамического хаоса, когда  $E \neq 0$ , но близко к нему. Катастрофа происходит тогда, когда  $E = 0$ , организм полностью отключается при достижении критической точки  $x_{кр}$ .

Области допустимых значений параметров контроля и управления (состояний) для динамической системы, как правило, определяются в статических условиях. В основном это обусловлено простотой реализации систем контроля и управления. При переходе к динамической области состояния возникает многофакторное ее описание, и реализация систем контроля становится затруднительной.

Существуют два пути учета динамики:

- 1) уменьшение области  $\Omega_{дон}^c$ , выбранной в статике;
- 2) учет допустимости выброса, т. е. введение в расчет допустимой величины времени выброса  $\tau_{дон}$ , в область критических состояний.

При этом область допустимых состояний  $\Omega_{дон}$  включает в себя области с фиксированными границами: устойчивости, наблюдаемости, управляемости, идентифицируемости. Сегодня эти области  $\Omega(C)$  для динамических систем технического содержания получены в виде параметрических  $(C)$  соотношений. Однако при заданных  $C$  эта область зависит от  $(E, J, m)$ , которые изменяются практически во всех системах, в том числе технических и биосистемах. Другое дело – причины, обуславливающие изменение  $\theta = (E, J, m)$ , различные для различных систем.

Отметим, что в области допустимых состояний динамической системы реализуются регулярные динамические процессы, когда процесс достижения поставленной цели контролируем и управляем. В области критических состояний динамических систем реализуются хаотические динамические процессы – непрогнозируемые, когда поставленная цель не достигается.

Объекты, которые можно различать и идентифицировать, должны находиться в режиме регулярной динамики. В режиме хаотической динамики динамическая система не идентифицируется. Процесс пребывания в критической области происходит различным образом как для различных динамических систем, так и для различных параметров одной и той же динамической системы. Так, например, для самолета такое критическое состояние, как сваливание в штопор и движение в нем на большой и малой высоте, завершается по-разному. В первом случае самолет, как правило, возвращается в область допустимых состояний,

во втором – происходит пересечение с поверхностью земли, т. е. наступает энергетическая «смерть». При этом возникает проблема допустимости и недопустимости пребывания динамической системы в области критических состояний, так, например, хаотический режим свойственен не только динамическим системам, но и социальным и в частности их «атому» – человеку. Во всех случаях источником такого режима является функциональная особенность динамической системы, возникающая под действием внутренних и внешних факторов риска. Так, клинической смерти человека предшествуют хаотические режимы работы сердца. Если такие режимы ограничены по времени, то возможен выход из  $\Omega_{кр}$  в  $\Omega_{доп}$ .

Состояние динамической системы со структурой характеризуется различной степенью упорядоченности (рис. 1.24) с односторонним ограничением по минимуму, свойственной областям состояний  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ , на которые разделяется критическая область состояний  $\Omega_{кр}$  динамической системы. В области  $\Omega_1$  возможна частичная потеря функциональных свойств, когда возможно самовосстановление. В области  $\Omega_2$  требуются специальные меры восстановления функциональных свойств динамической системы, динамика функциональных свойств которых хаотическая. Только после принятия специальных мер динамическая система способна выполнять исходную цель, возвратившись в область допустимых состояний. В области  $\Omega_3$  находятся те динамические системы, которые не подлежат восстановлению и сами являются источником хаоса для других динамических систем.

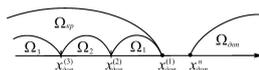


Рис. 1.24

Принцип минимальных потерь (риска) свойственен всем динамическим объектам бытия, и его реализация со стороны человека является основополагающей. Однако здесь не все благополучно и, на наш взгляд, делаются начальные вклады в этот процесс. Это обусловлено сложными связями динамических систем мегамира, которые включают в себя динамические системы макромира, а последние включают в себя динамические системы микромира, включающие в себя в свою очередь объекты тонкого мира. При этом одна и та же динамическая система рассматривается нами в зависимости от уровня проникновения в ее сущность:

- детерминированная, а процессы, порожденные ею, мы относим к регулярным;
- квазидетерминированная, а процессы, порожденные ею, мы относим к квазидетерминированным, включающим стохастическую компоненту как вспомогательную (неосновную);
- стохастическая, а процессы, порожденные такой динамической системой, мы относим к случайным.

Так, например, для динамической системы, описываемой математической моделью вида  $\dot{x} = f(x, W, V, t)$ , где  $x, W, V$  – выходная координата, внешние и внутренние возмущающие факторы риска соответственно, на различных этапах анализа риска рассматривают следующие модели: 1)  $\dot{x} = f(x, t)$ , 2)  $\dot{x} = f(x, V, t)$ , 3)  $\dot{x} = f(x, W, t)$ . Если  $W$  в последней модели является квазидетерминированным процессом, то принимаем  $x(t)$  квазидетерминированным, если во второй модели  $V$  – стохастический, то процесс  $x(t)$  также стохастический.

В каждом из миров: макро-, микро- и тонком мире – имеют место различные цели функционирования динамической системы, различные функциональные возможности их подсистем с соответствующими потерями и рисками. В зависимости от того, из какого пространства происходит оценка, вводится соответствующая мера. Если из макромира оцени-

вается система микромира, то имеют место стохастические процессы; если наоборот – то имеют место детерминированные.

Мы часто рискуем, не подозревая об этом. Так было, например, с флаттером. При этом наш риск связан с незнанием законов явлений. Здесь работают детерминированные показатели, а выход в  $\Omega_{кр}$ , когда возникает флаттер, обуславливает разрушение крыла самолета, когда наступает энергетическая «смерть» динамической системы [30, 31].

При анализе риска мы оцениваем, прогнозируем и управляем вероятностным процессом, а в качестве меры риска принимаем вероятности. Такой подход связан с особенностями принятых моделей, он имеет место для любой системы из иерархии систем. Так, например, для человека это:

- макроуровень на уровне тела и соответствующие риски;
- микроуровень на уровне органов и соответствующие риски;
- системы, реализующие алгоритмы контроля и управления, т. е. тонкий мир и соответствующие риски.

На каждом из этих уровней (миров) мы обнаруживаем допустимые и критические значения энергий и энергетическо-информационных потенциалов. При этом для анализа рисков необходимы:

- модель биофизическая в эготопическом пространстве;
- модель теоретическая в эготопологическом пространстве;
- процедуры теоретического расчета  $\Omega_{дон}$ ,  $\Omega_{кр}$ ;
- процедуры построения вероятностей риска  $P$ ;
- модель систем контроля, прогнозирования и управления эгосферными рисками.

При формировании показателей риска и безопасности динамической системы возникает ряд проблем в связи с тем, что система обладает структурой, каждая из подсистем которой имеет возможность независимого изменения своего потенциала. Так, показатели риска и безопасности динамических систем, созданных человеком, формируются на следующих этапах их жизненного цикла [17, 21]:

- научно-исследовательском;
- проектно-конструкторском;
- производственном;
- эксплуатационном.

Существенным фактором выступает временной интервал оценки риска и безопасности для различных объектов. Так, например, экономика страны оценивается, как правило, за год работы, отрасли – за квартал, завода – ежемесячно, станка – ежедневно.

Таким образом, задача построения области включает в себя:

- обоснование совокупности параметров  $x$  состояния системы, подлежащих контролю и ограничению;
- разработку метода количественного расчета фактических значений параметров  $x$  с заданной степенью достоверности;
- задание и обоснование критических значений  $x$ , т. е.  $x_{кр}$ , где  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ;
- разработку методов оценки погрешностей измерения параметров  $x$  с расчетной степенью достоверности;
- разработку метода численного расчета  $x^o_{дон}$ .

В общем случае область допустимых измеренных посредством средств контроля значений  $\Omega^o_{дон}$  за счет погрешностей измерения отличается от  $\Omega_{дон}$ , и, кроме того,  $\Omega^o_{дон}$  зависит от  $x_{ф}$ , т. е. фактических значений индикаторов. Например, для рыночной социально-экономической системы  $\Omega^o_{дон} = \Omega_{дон}(x, y, z)$ , где  $x = (x_1, x_2, \dots)$  – индикаторы производственной

сферы;  $y = (y_1, y_2, \dots)$  – индикаторы финансовой сферы;  $z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$  – индикаторы социальной среды с соответствующими подсистемами.

## 1.5. Вероятностные модели процессов, создаваемых динамической системой

Особенность разрабатываемой модели заключается в необходимости рассмотрения вероятностных процессов, порождаемых динамическими системами, обладающими структурно-функциональными свойствами. Такие системы обладают интеллектуально-энергетическим потенциалом, для контроля которого используется информационно-измерительная система.

Последняя предназначена для получения количественной информации о состоянии объекта исследования, обработки ее и выдачи потребителю. Следовательно, нужно рассматривать ее как средство получения информации в неразрывной связи с объектом исследования и потребителем. С помощью информационно-измерительных систем решается задача оценивания состояния системы путем обработки результатов измерений.

В системе контроля (подсистема 4) устанавливается соответствие между свойствами объекта контроля и заданной нормой, определяющей качественно различные области его состояния. При этом решаются следующие задачи:

- получение текущих значений контролируемых параметров  $x_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ), определяющих данное состояние объекта контроля;

- сопоставление текущего значения  $x_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) и его допустимых значений  $(x_i)_{дон}$ , которые описывают область нормального состояния объекта контроля;

- получение и выдача результатов контроля, т. е. суждения о том, каково положение компонент  $x_i$  вектора  $x$  относительно  $(x_i)_{дон}$  ( $i = \overline{1, n}$ ).

Отметим, что погрешности информационно-измерительных систем оказывают существенное влияние на результат контроля и, следовательно, создают предпосылки выхода параметров системы из допустимой области состояний.

Перечислим основные проблемы.

1. Есть динамическая система, она создана и подлежит изучению, моделированию, математическому описанию на структурно-функциональном уровне.

2. Для построения модели фактических значений процессов  $x(t)$ , формируемых динамической системой, возможны измерения этих процессов, которые принимают значения в пространстве  $B_1$  фазовых координат динамической системы.

3. Измеренные значения процесса  $x(t)$  обозначим  $x_{изм}$  – в общем случае случайные процессы или поля. Измеренным  $x_{изм}$  значениям необходимо ставить в соответствие вероятностное пространство  $B_2 = (\Omega, f, P)$ . Для отображения  $B_1$  в  $B_2$  вводятся символические обозначения, интерпретирующие объекты как аналоги в этих пространствах [17];

4. Исследование модели в вероятностном пространстве, получение показателей, которые могут быть подтверждены, так, например, экспериментальным методом.

Сложность такого подхода обусловлена неадекватностью отображения пространства  $B_1$  в пространство  $B_2$ . Отметим, что вероятностное пространство служит базовой основой для [17]:

- вероятностных моделей;
- статистического моделирования;
- теории статистических решений.

В качестве вводных положений, необходимых в дальнейшем при применении теории вероятностей, используемой в теории риска динамических систем, приведем общее понимание теории вероятностей на структурном уровне [24].

Теория вероятностей как динамическая система знаний, синтезированная на структурно-функциональном уровне, представлена на рис. 1.25.



Рис. 1.25

Подсистема 1. Математическая статистика. Множества случайных величин. Вероятностное множество.

Подсистема 2. Теория вероятностей и случайных процессов. Вероятностное пространство. Основы создания математических моделей.

Подсистема 3. Математическое моделирование, средства и методы решения конкретных математических задач.

Подсистема 4. Оценка достоверности знаний. Математическая статистика. Погрешности.

Задача построения модели динамической системы формулируется следующим образом: по известным экспериментальным данным, полученным на выходе изучаемого объекта в виде множества исходов  $\omega$ , необходимо создать модель  $M_1$ , формирующую множество исходов  $\omega_1$ , близкое в некотором заданном смысле к  $\omega$ .

Пусть мы нашли факторы  $\omega$  на выходе изучаемого объекта, которым можем поставить в соответствие фактор  $\omega_1$  на выходе подсистемы 3, тогда можем рассматривать статистические функции распределения  $F(\omega)$  и  $F(\omega_1)$ .

Созданная модель  $M_1$  считается верной с точностью до  $(1-\varepsilon)$ , если

$$|F(\omega) - F(\omega_1)| < \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – заданная величина.

Получен первичный критерий достоверности знаний, т. е. истинности модели  $M_1$  [55] в виде  $F(\omega_1)$ , формирующей множество  $\omega_1$ .

Рассмотрим способ построения вероятностных или статистических моделей, используемых для описания исследуемых систем и объектов, обладающих энергетическо-информационным потенциалом. При формировании этих моделей используются алгоритмы, однозначно определяющие содержание и последовательность операций, переводящих совокупность исходных данных в искомый результат – цель исследования. Количество операций (действий) определяется степенью детализации изучаемых статистических и вероятностных моделей. Необходимость систематизации алгоритмов статистических решений обусловлена изобилием объектов и систем.

Задача состоит в том, чтобы подобрать научно обоснованные правила построения алгоритма и в результате получить компактно изложенные основы построения вероятностных моделей, охватывающие все возможное многообразие конкретных алгоритмов, вместо рассмотрения конкретного алгоритма для построения конкретной характеристики. При этом необходимо осуществлять как синтез искомого алгоритма, так и его анализ. Поскольку алгоритм состоит из системы последовательно выполняемых действий от измерения физических величин до выдачи готового результата статистических измерений, расчленение алгоритма на составные элементы начинается с декомпозиции синтезированного алгоритма.

Кроме того, сложность построения искомой вероятностной модели для описания реальных систем связана с разнообразием характеристик. Так, в качестве характеристики положения распределения можно рассматривать: математическое ожидание, медиану, квантили заданного порядка, моду, антимоду; в качестве характеристики рассеяния: среднее квадратическое отклонение, срединное отклонение, интерквартильную широту; в качестве характеристик связи: корреляционные и кумулянтные функции (коэффициенты) разных порядков, структурные и дисперсионные функции. Каждая из указанных характеристик имеет свои функциональные достоинства или недостатки. Эти характеристики должны отвечать цели и назначению изучаемой вероятностной или статистической модели.

Постановку и решение задачи необходимо осуществлять с системных позиций, когда исследуемый объект – система – включен в процесс исследования и построения моделей различного уровня. Для оценки возможностей построения стохастических математических моделей рассмотрим возможности применения алгоритмов обработки статистических данных. На рис. 1.26 представлены результаты структурно-функционального синтеза системы алгоритмов теории статистических решений.

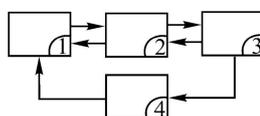


Рис. 1.26

Рассмотрим, в каком виде, какая информация нужна каждой подсистеме структуры, чтобы подсистемы могли реализовывать необходимые алгоритмы обработки статистических данных.

Сначала перечислим *функциональные свойства подсистем*.

Подсистема 1 порождает структуру системы в целом, способную идентифицировать процессы достижения цели (целеполагание), т. е. реализует синтез.

Подсистема 2 выполняет параметрический анализ, отражающие точностные характеристики.

Подсистема 3 реализует смешанные алгоритмы, синтез и анализ.

Подсистема 4 проводит оценивание законов, функций и плотностей вероятностей.

Процесс оценивания в подсистеме 4 непосредственно связан с величиной показателей достоверности знаний, основанных на:

- синтезе и идентификации;
- теории анализа внутренних компонент;
- формировании прикладных методов;
- оценке результатов.

Отметим, что идентификация структуры динамических систем возможна с использованием структуры выходных процессов динамической системы, так, например, с помощью моментных характеристик.

В подсистеме 1 (рис. 1.26) формируется показатель качества алгоритма, устанавливающего связь между функциональными свойствами подсистем структуры и выходным процессом системы. При этом показатель качества есть некоторая характеристика, определяющая соответствие алгоритма его назначению, оценивающая пригодность алгоритма для решения поставленной задачи и достижения искомой цели. Так, для оценки вероятностной характеристики в данный момент времени достаточно  $FN$ -диаграммы, а для прогнозирования той же характеристики необходима как минимум корреляционная функция процесса. При этом

показатель качества, как правило, отражает одну из сторон функционирования и область применения алгоритма.

В основу построения математической модели, порождающей стохастические процессы, положим вероятностное пространство, сформированное согласно аксиоматическому методу – системе аксиом Колмогорова. Воспользуемся вероятностной моделью испытаний на базе системы аксиом со структурой [44].

При этом вероятностное пространство характеризуется набором математических объектов  $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ , где  $\Omega$  – пространство исходов или пространство элементарных событий, множества  $A$  из  $\mathfrak{F}$  – события, а  $P(A)$  – вероятность события  $A$ .

Базовой основой аксиоматической теории вероятностей служат теория множеств и теория меры. Структура построенных нами вероятностных пространств должна исчерпывать структуру процессов и полей, порожденных динамической системой, для исследования которых создано пространство. Наиболее трудный этап – установление связи между структурой процессов и структурой моделей самой динамической системы, сформировавшими эти процессы.

При построении стохастических математических моделей для математического описания физических объектов используются два принципа [44]:

- аксиоматический А.Н. Колмогорова  $A^*_1$ , априори вводимых моделей;
- статистический фон Мизеса  $A^*_2$ , апостериори вводимых моделей.

Подход  $A^*_1$  имеет в основе макромир, идет от него к микромиру методом дедукции; подход  $A^*_2$  имеет в основе микромир, идет от него к макромиру (методом индукции).

Эти подходы могут соединиться через структуру макромира, содержащую подсистемы микромира. Объединить эти два подхода может единая структура математической модели динамических систем. При этом  $A^*_1$  идет сверху вниз, а  $A^*_2$  – снизу вверх при изучении одной и той же динамической системы. Часто их пути расходятся: изучая одну и ту же динамическую систему, они приходят к различным конечным структурам моделей динамических систем.

Согласно сказанному, рассмотрим вероятностную модель, вероятностное пространство эксперимента с конечным пространством исходов. В результате изучения подхода, созданного Колмогоровым, получена система и осуществлен структурно-функциональный синтез вероятностной модели Колмогорова, представленный на рис. 1.27.



Рис. 1.27

На рис. 1.27 обозначено:  $\omega$  – исходы динамической системы;  $\Omega(\omega)$  – множество исходов;  $M_0$  – модель изучаемой динамической модели (фактическая модель);  $M^*_0$  – модель  $M$  на множестве исходов;  $M^*_1$  – модель  $M$  на алгебре подмножеств;  $M_1$  – модель, созданная в результате синтеза и анализа множества  $\Omega(\omega)$ , в результате чего мы ввели меру  $P$  или в общем случае  $(\Omega, A, P)$ , т. е. создали искомую модель  $M_1$ .

С целью анализа статистического подхода, созданного фон Мизесом, на рис. 1.28 схематично представлена взаимосвязь и различие на структурно-функциональном уровне рассматриваемых принципов построения математических моделей. Здесь случайные внешние факторы обозначены как  $W, W_1, W_2$ .



Рис. 1.28

Исходная ситуация в подходе Колмогорова обусловлена наличием структуры  $\Sigma$ , а функциональные свойства  $\Phi_{cm}$  получены по материалам статистических испытаний. Исходная ситуация в подходе фон Мизеса обусловлена отсутствием структуры  $\Sigma$ , а функциональные свойства  $\Phi$  получены по материалам статистических испытаний ( $\Sigma_{cm}, \Phi_{cm}$ ).

В качестве меры отличия моделей  $M_0, M_1, M_2$  принимается отличие свойств созданных ими множеств, так, например, дисперсии погрешностей, обусловленных величинами  $\Delta_1 = |x_0 - x_1|$  и  $\Delta_2 = |x_0 - x_2|$ , где  $x_0, x_1, x_2$  – случайные величины, порожденные соответственно моделями  $M_0, M_1, M_2$ .

## 1.6. Вероятностные показатели рисков и безопасности

### 1.6.1. Области допустимых состояний

В общем случае в процессе функционирования динамических систем измерению и ограничению подлежат многомерные процессы. В дальнейшем ограничимся рассмотрением одномерного и двумерного процессов. В этом разделе мы рассмотрим несколько моделей процессов контроля индикаторов  $x(t)$  состояния как динамической системы, имеющих односторонние и двусторонние ограничения. При одностороннем ограничении возможны следующие ситуации.

1. Простейшая ситуация.

Ограничиваемый процесс  $x(t)$  – одномерный, ограничения односторонние, в нашем примере – по минимуму (рис. 1.29), значение  $x_{\text{доп}}^1$  вычислено в системе контроля точно, без ошибок, ошибки измерения  $\delta x = x_{\text{ф}} - x_{\text{изм}}$  равны нулю, т. е.  $x_{\text{изм}} = x_{\text{ф}}$ ; динамикой процесса  $x(t)$  и ошибками управлений можно пренебречь. При этих условиях критическое значение  $x$ , т. е.  $x_{\text{кр}}$ , совпадает с  $x_{\text{доп}}^1$ . Такую ситуацию и модель (систему) будем считать *идеальной*.

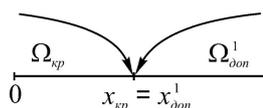


Рис. 1.29

2. Системе контроля присущи ошибки вычисления  $x_{\text{доп}}$ .

Система контроля вычисляет  $x_{\text{доп}}$  с ошибкой  $\delta x_{\text{доп}}$ . При этом множество  $\Omega^1_{\text{доп}}$  уменьшают на некоторую величину  $\Delta_1$ , которую называют *запасом* (рис. 1.30).

С помощью  $\Delta_1$  компенсируются потери, обусловленные погрешностями  $\delta x_{\text{доп}}$  как факторами риска. При этом  $x^2_{\text{доп}} > x^1_{\text{доп}}$ .

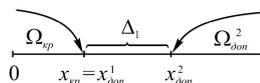


Рис. 1.30

3. Измеренное значение  $x_{\text{изм}}$  индикатора  $x$  и его фактическое значение  $x_{\text{ф}}$  отличаются на величину  $\delta x$  – погрешность измерения, которая отлична от нуля. При этом с целью компенсации потерь, обусловленных  $\delta x$ , вводят новое множество  $\Omega^o_{\text{доп}}$ , которое называется *областью допустимых значений*  $x$ , полученных при измерении или оценке, и соответствующий запас  $\Delta_2 = x^3_{\text{доп}} - x_{\text{кр}}$  (рис. 1.31).

4. В некоторых случаях динамика процесса  $\dot{x}(t) = dx/dt$  такова, что ею нельзя пренебрегать в силу свойств системы управления (ее инерционных характеристик). Тогда вводят запас  $\Delta_3 = x^4_{\text{доп}} - x_{\text{кр}}$  (рис. 1.32) для компенсации потерь, обусловленных в том числе динамикой процессов.

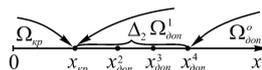


Рис 1.31

Случай двусторонних ограничений, накладываемых на  $x(t)$ , представлен на рис. 1.33.

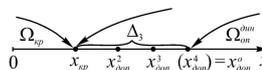


Рис. 1.32

Граничные элементы множества  $(\Omega)_\varepsilon$  обозначим  $(x^H)_{дон}$  и  $(x^\varepsilon)_{дон}$ , где  $(x^H)_{дон} < (x^\varepsilon)_{дон}$ , т. е.  $\Omega_\varepsilon$  – это область допустимых состояний, когда отсутствуют динамика системы и погрешности контроля, т. е. область допустимых состояний, например, из условий устойчивости. При этом имеем

$$x^H_{дон} = x^H_{кр} + \Delta^H; x^\varepsilon_{дон} = x^\varepsilon_{кр} - \Delta^\varepsilon,$$

где  $x^H_{кр}, x^\varepsilon_{кр}$  – соответственно нижнее (минимальное) и верхнее (максимальное) критические значения индикатора;  $x^H_{дон}, x^\varepsilon_{дон}$  – соответственно нижнее (минимальное) и верхнее (максимальное) допустимые значения контролируемого и ограничиваемого индикатора;  $\Delta^H, \Delta^\varepsilon$  – соответственно нижняя и верхняя величины гарантийного запаса для индикатора, вводимые на случай непреднамеренного выхода  $x$  за допустимые значения при неблагоприятном сочетании возмущающих факторов, в том числе из-за ошибок измерения. При этом критические значения, как правило, определяются для установившегося режима функционирования социально-экономической системы, когда компоненты вектора состояния  $x$  постоянны или изменяются пренебрежимо мало.

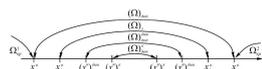


Рис. 1.33

Задача построения множества допустимых состояний для нестационарной социально-экономической системы более сложна и в настоящее время еще не получила окончательного решения. В отличие от установившегося движения здесь необходимо рассматривать также скорость изменения ограничиваемого параметра системы.

Введем множество  $(\Omega)^{дин}_{дон}$  допустимых значений  $x$  в неустановившемся режиме:

$$(\Omega)^{дин}_{дон} = \{x : (x^H)^{дин}_{дон} \leq x \leq (x^\varepsilon)^{дин}_{дон}\},$$

где  $(x^H)^{дин}_{дон} = \varphi^H(x^H_{дон}, \dot{x})$ ;  $(x^\varepsilon)^{дин}_{дон} = \varphi^\varepsilon(x^\varepsilon_{дон}, \dot{x})$ ;  $\varphi^H, \varphi^\varepsilon$  – неизвестные функции, под-

лежащие определению;

$$\dot{x} = \frac{d}{dt} x(t)$$

Рассмотрим множество  $(\Omega)^K_{дон}$ , заданное с учетом погрешностей системы контроля. Информационно-измерительная система обладает погрешностями  $\delta(t)$ , в результате в про-

стейшем случае на ее выходе имеем  $(x)_{изм} = (x)_ф + \delta$ . Погрешности измерения  $\delta = \delta(t)$  обуславливают необходимость введения допустимых  $x^k_{дон}$ , индицируемых на выходе системы контроля, значений контролируемого и ограничиваемого параметра  $x(t)$ , т. е. дополнительного запаса.

Множество  $(\Omega)^k_{дон}$  допустимых в процессе контроля (оценки) значений  $x(t)$  определим следующим образом:

$$(\Omega)^k_{дон} = \{x : (x^H)^k_{дон} < x < (x^\beta)^k_{дон}\},$$

где  $(x^H)^k_{дон}$ ,  $(x^\beta)^k_{дон}$  – соответственно нижнее и верхнее допустимые при контроле значения  $x(t)$  (рис. 1.33). В частном случае

$$(x^\beta)^k_{дон} = (x^\beta)_{дон} - Q^\beta; (x^H)^k_{дон} = (x^H)_{дон} + Q^H,$$

где  $Q^\beta$ ,  $Q^H$  – соответственно верхний и нижний запасы, обусловленные погрешностями измерения и подлежащие определению в процессе анализа риска.

В общем случае величины  $(x)^k_{дон} \in (\Omega)^k_{дон}$  являются функциями ряда параметров и имеют вид

$$(x)^k_{дон} = f(x_1, \dots, x_n, (x_1)_{дон}, \dots, (x_n)_{дон}, (x_1)_{кр}, \dots, (x_n)_{кр}, k_i, \sigma^2, t),$$

где  $k_i$  – параметр системы контроля, подлежащий определению при проектировании ( $i = \overline{1, 4}$ );  $\sigma^2$  – дисперсия погрешностей функционирования информационно-измерительной системы;  $f$  – функции, описывающие закон изменения области  $\Omega^k_{дон}(x^k_{дон})$ .

На рис. 1.34 приведены графические представления указанных выше множеств для двумерного вектора состояния в стационарном случае. На данном рисунке обозначено:  $\Omega_{дон} = \Omega_2$ ;  $(\Omega_2)_{дон} = (\Omega_2)_2$ ;  $(\Omega_1)_{дон} = (\Omega_1)_2$ .

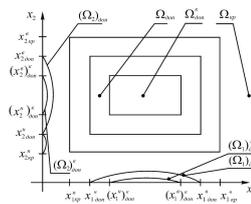


Рис. 1.34

Будем говорить, что риск динамической системы равен нулю, если ее параметры  $x$  постоянно находятся в области допустимого состояния, и записывать  $x \in \Omega_{дон}$ . Движение на границе области  $\Omega_{дон}$  или вблизи ее иногда является требуемым режимом такой динамической системы, как социально-экономическая. Последствия возникновения нештатного режима, т. е. выхода из области  $\Omega_{дон}$ , часто называют кризисом или **катастрофой**. При этом говорят, что динамическая система сменила базис своего состояния. Как правило, динамическая система по завершении переходного процесса переходит из одного установившегося состояния в другое. В связи с тем, что новое состояние в  $\Omega_{кр}$  не отвечает ее целевому назначению, его необходимо предотвратить. В общем случае область  $\Omega_{дон}$  и ее граница  $S_{дон}$  зави-

сят от следующих управлений-возмущений, действующих, например, на социально-экономическую динамическую систему со стороны внешней среды:

- ресурсов ( $v_1$ );
- государства с его законами и исполнительными органами ( $v_2$ );
- общества, в том числе трудового коллектива, требующего от социально-экономической системы выполнения своих запросов ( $v_3$ );
- космоса и окружающей среды, требующих вложения человеческих сил для обеспечения нормальной жизнедеятельности космоса ( $v_4$ );
- культуры, создающей определенный интерес к другой жизни и другим взглядам на жизнь, желания изменить свою жизнь ( $v_5$ );
- политики, без которой сегодняшнее общество не существует ( $v_6$ );
- финансов, т. е. стимула для развития динамической системы ( $v_7$ ).

Каждое из этих управлений-возмущений непрерывно изменяется как во времени, так и в пространстве состояния динамической системы. Таким образом,  $\Omega_{дон} = \Omega_{дон}(v_1, \dots, v_7)$ ,  $\Omega_{кр} = \Omega_{кр}(v_1, \dots, v_7)$ .

С учетом сказанного, при оценке рисков и безопасных значений индикаторов динамической системы необходимо принимать во внимание следующее.

1. На вход динамической системы поступают ресурсы, а на выходе имеем совокупность параметров  $x(t)$ , подлежащих контролю, ограничению и управлению.

2. Динамическая система предназначена для достижения заранее определенной цели, которая может меняться в процессе функционирования, в том числе по воле человека.

3. Невыполнение поставленной задачи означает потери создателя динамической системы и его риск.

4. Каждая динамическая система имеет множество критических состояний, в которых она теряет свои свойства и не способна выполнять поставленные задачи.

5. Потери, обусловленные недостижением цели, связаны с выходом контролируемых параметров в критическую область.

6. Область допустимых состояний  $\Omega_{дон}$  и соответствующие ей  $x_{дон}$  изменяются в процессе функционирования и определяются экспериментально или теоретически.

7. Для предотвращения потерь и наилучшего достижения цели динамическая система должна включать в себя системы контроля и управления.

8. Система контроля обладает погрешностями, что обуславливает в процессе функционирования динамической системы необходимость строить область допустимых состояний  $\Omega^k_{дон}$ . При этом, как правило,  $\Omega_{дон}$  и  $\Omega^k_{дон}$  не совпадают, т. е.  $\Omega^k_{дон} \subset \Omega_{дон}$ .

9. Оператор (человек), используя информационно-измерительную систему для управления, получает измеренные значения контролируемых параметров, которые обозначим  $x_{изм}$ .

10. На выходе динамической системы реализуются фактические значения параметров, которые обозначим  $x_{ф}$ . При этом  $x_{изм} = x_{ф} + \delta x$ , где векторный случайный процесс  $\delta x$  – погрешность информационно-измерительной системы.

11. Фактические значения параметров  $x_{ф}$ , в силу объективных причин, обусловленных внешними возмущениями и внутренними шумами, а также субъективными причинами, свойствами управлений от человека, изменяющимся случайным образом, представляют собой случайные процессы. На этапе анализа динамической системы векторный процесс  $x_{ф}$  должен задаваться с помощью математических моделей.

12. Для компенсации влияния  $\delta x$  на величину риска вводятся такие допустимые при контроле значения  $x^k_{дон}$  и соответствующая им область  $\Omega^k_{дон} \subset \Omega_{дон}$ , которые в одномерном случае записываются в виде  $|x_{дон} - x^k_{дон}| > 0$ , когда реализуется требование  $x_{дон} \neq x^k_{дон}$ .

13. При контроле над динамическими процессами, когда скорость изменения процесса во времени  $\dot{x}(t) \neq 0$ , необходимо вводить дополнительный запас, например, в виде  $\tilde{\Delta} = k |\dot{x}|$  и вектор  $x^{\text{дин}}_{\text{дон}} = x_{\text{дон}} \pm \tilde{\Delta}$ . В результате имеем  $\Omega^k_{\text{дон}} \subset \Omega^{\text{дин}}_{\text{дон}} \subset \Omega_{\text{дон}}$  при двустороннем и одностороннем ограничении.

14. Предотвращение потерь состоит в обеспечении условия  $x_{\phi}(t) \in \Omega_{\text{дон}}(t)$  для любого момента времени  $t$  функционирования динамической системы. Для целей управления мы располагаем величиной  $x_{\text{изм}}$ , кроме того, система контроля индуцирует не область  $\Omega_{\text{дон}}$ , а  $\Omega^k_{\text{дон}}$ . При этом  $x^k_{\text{дон}} = x_{\text{дон}} + \delta x_{\text{дон}}$ , где  $\delta x_{\text{дон}}$  – погрешность функционирования системы контроля, а  $x^k_{\text{дон}}$  задает границы  $\Omega^k_{\text{дон}}$ . В этих условиях можно обеспечить только условие  $x_{\text{изм}} \in \Omega^k_{\text{дон}}$ , а это означает, что возможен выход  $x_{\phi}$  из области  $\Omega_{\text{дон}}$ , что может привести к соответствующим потерям и рискам.

15. В силу того, что процессы  $x_{\phi}$  и  $x_{\text{изм}}$  являются случайными, в качестве меры риска будем рассматривать вероятности  $P$  событий, приводящие, например, к экономическим, техническим, финансовым и другим потерям.

16. С учетом сказанного, необходимо разработать показатели риска

$$P = P(x_{\text{дон}}, x^{\text{дин}}_{\text{дон}}, x^k_{\text{дон}}, M^o_k(x_{\phi}), M^o_k(x_{\text{изм}}), a, b),$$

где  $M^o_k(x_{\phi})$  – центральный момент  $k$ -го порядка векторного случайного процесса  $x_{\phi}$  для всех  $k \in N$ ;  $M^o_k(x_{\text{изм}})$  – центральный момент  $k$ -го порядка векторного случайного процесса  $x_{\text{изм}}$ ; векторные величины  $a, b$  – параметры системы.

17. Полученные расчетным путем вероятности  $P_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) уточняются в процессе функционирования динамической системы. В общем случае уточняются как  $P_i$ , так и область  $\Omega^k_{\text{дон}}$ .

Рассмотрим математическую модель вероятностных показателей риска и безопасности с учетом введенных понятий.

## 1.6.2. Вероятностное пространство событий. Вводные замечания

Поиск решения задачи в работе осуществляется при следующих допущениях относительно контролируемого и ограничиваемого индикатора  $x$ :

- критическое значение параметра состояния постоянно и не зависит от времени ( $x_{\text{кр}} = \text{const}$ );
- фактические и измеренные значения параметра представляют собой случайные процессы с известным законом распределения;
- превышение параметром (когда ограничение сверху) величины  $x_{\text{кр}}$  на любом интервале времени ведет к критической ситуации.

Введем необходимые обозначения.

Текущее, или фактическое, значение параметра запишем в виде  $x_{\phi} = x_n + \Delta x$ , где  $x_n$  – номинальное значение (математическое ожидание) параметра;  $\Delta x$  – отклонение параметра движения  $x$  относительно  $x_n$ . Обозначим через  $\delta x$  погрешность измерения параметра. Тогда измеренная величина параметра контроля  $x$  будет определяться суммой:

$$x_{изм} = x_H + \Delta x + \delta x.$$

Обозначим  $\alpha \triangleq x_H + \Delta x = x_\phi$ ;  $\beta \triangleq \delta x$ ;  $\gamma \triangleq x_{изм} = \alpha + \beta$  ( $\triangleq$  означает равенство по определению);  $x^6_{доп} \triangleq x^6$ ,  $x^H_{доп} \triangleq x^H$  – соответственно верхнее и нижнее допустимые значения  $x_\phi$ ;  $x^{к6}_{доп} \triangleq \bar{x}^6$ ,  $x^{кH}_{доп} \triangleq \bar{x}^H$  – для измеренных значений  $x$  верхнее и нижнее допустимые соответственно;  $x^H < \bar{x}^H < \bar{x}^6 < x^6$  (рис. 1.35).

Очевидно, что по известным вероятностным характеристикам ( $\Delta x$ ,  $\delta x$ ,  $x_{изм}$ ) находятся вероятностные характеристики ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) и наоборот. При этом рассматривается вектор ( $\alpha, \gamma$ ) зависимых случайных процессов, в частности стационарных, а  $\alpha$  и  $\beta$  – независимые случайные процессы (величины).

В процессе выполнения поставленной цели относительно фактических и измеренных значений возможны следующие события.

1. Фактическое значение  $\alpha$  параметра находится в области допустимых значений, т. е. на одном из трех отрезков, принадлежащих промежутку  $[x^H, x^6]$  (рис. 1.35). Тогда имеем событие  $A_\alpha \triangleq \{(x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cup (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^6) \cup (\bar{x}^6 \leq \alpha \leq x^6)\}$ .

2. Фактическое значение  $\alpha$  находится вне области допустимых состояний, превышая  $x^6$  (рис. 1.36). В итоге имеем  $B_\alpha \triangleq \{\alpha > x^6\}$ .

3. Фактическое значение  $\alpha$  находится вне области допустимых состояний, не достигая  $x^H$  (рис. 1.37). В итоге имеем  $C_\alpha \triangleq \{\alpha \leq x^H\}$ .

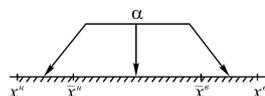


Рис. 1.35

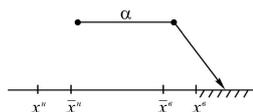


Рис. 1.36

4. Измеренное значение  $\gamma$  индикатора  $x$  состояния динамической находится в области допустимых состояний объекта (рис. 1.38). В этом случае имеем событие  $A_\gamma \triangleq \{\bar{x}^H \leq \gamma \leq \bar{x}^6\}$ .

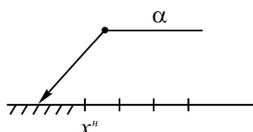


Рис. 1.37

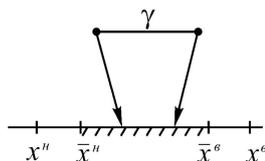


Рис. 1.38

5. Измеренное значение  $\gamma$  индикатора  $x$  состояния динамической системы находится вне области допустимых значений, превышая  $\bar{x}^\delta$  (рис. 1.39). В итоге имеем  $B_\gamma \triangleq \{\gamma \geq \bar{x}^\delta\}$ .

6. Измеренное значение  $\gamma$  индикатора  $x$  находится вне области допустимых значений, не достигая  $\bar{x}^\epsilon$  (рис. 1.40). В итоге имеем  $C_\gamma \triangleq \{\gamma \leq \bar{x}^\epsilon\}$ .

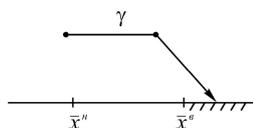


Рис. 1.39

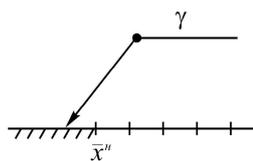


Рис. 1.40

В процессе контроля индикатора  $x$ , изменяющегося во времени на всей числовой оси, возможны следующие гипотезы.

**Гипотеза  $A_\alpha$ .** Ограничиваемый индикатор  $x$ , его фактическое значение  $x_\phi$ , находится в области допустимых значений, т. е. имеет место событие  $A_\alpha$ .

**Гипотеза  $B_\alpha$ .** Фактическое значение индикатора динамической системы  $x_\phi$  находится вне области допустимых состояний  $B_\alpha$ . С помощью средств контроля или оценки имеем  $A_\gamma$ ,  $B_\gamma$  или  $C_\gamma$ .

**Гипотеза  $C_\alpha$ .** Фактическое значение индикатора динамической системы  $x_\phi$  находится вне области допустимых состояний  $C_\alpha$ . С помощью средств контроля или оценки имеем  $A_\gamma$ ,  $B_\gamma$  или  $C_\gamma$ .

В итоге имеем различные события  $S_{ij}$ , которые сгруппируем следующим образом:

- I.  $(A_\alpha \cap A_\gamma); \rightarrow S_{11};$
- II.  $(A_\alpha \cap C_\gamma); (A_\alpha \cap B_\gamma); \rightarrow S_{21}, S_{22};$
- III.  $(C_\alpha \cap A_\gamma); (B_\alpha \cap A_\gamma); \rightarrow S_{31}, S_{32};$
- IV.  $(C_\alpha \cap C_\gamma); (B_\alpha \cap B_\gamma); \rightarrow S_{41}, S_{42};$
- V.  $(C_\alpha \cap B_\gamma); (B_\alpha \cap C_\gamma); \rightarrow S_{51}, S_{52}.$

Полученные события характеризуют следующие контролируемые состояния динамической системы:

- I) безопасные (в норме);
- II) опасное ложное из-за ошибок измерения (фактическое безопасное);
- III) опасное (пропуск со стороны системы контроля);
- IV) опасное известное (форс-мажор);

V) опасное известное – нонсенс (несообразность), вероятность которого пренебрежимо мала.

Каждое из событий  $S_{ij}$  характеризуется соответствующей вероятностью:

1) вероятность  $P_{11} = P(S_{11}) = P(A_\alpha \cap A_\gamma)$  – когда поступает информация о допустимом состоянии  $x$ , и фактическое его значение  $x_\phi$  допустимо;

2) вероятности  $P_{21} = P(S_{21}) = P(A_\alpha \cap C_\gamma)$  и  $P_{22} = P(S_{22}) = P(A_\alpha \cap B_\gamma)$  – когда значение  $x_\phi$  находится в допустимой области, а система контроля фиксирует недопустимое значение;

3) вероятности  $P_{31} = P(S_{31}) = P(C_\alpha \cap A_\gamma)$  и  $P_{32} = P(S_{32}) = P(B_\alpha \cap A_\gamma)$  – значение  $x_\phi$  находится вне допустимой области, но система контроля подает сигнал о допустимом состоянии объекта;

4) вероятности  $P_{41} = P(S_{41}) = P(C_\alpha \cap C_\gamma)$  и  $P_{42} = P(S_{42}) = P(B_\alpha \cap B_\gamma)$  – значение  $x_\phi$  находится вне области допустимых состояний, одновременно система контроля подтверждает это состояние;

5) вероятности  $P_{51} = P(S_{51}) = P(C_\alpha \cap B_\gamma)$  и  $P_{52} = P(S_{52}) = P(B_\alpha \cap C_\gamma)$  – значение  $x_\phi$  находится вне области допустимых состояний, например по минимуму (максимуму), а система контроля показывает, что объект находится в недопустимой области, но с противоположной стороны – максимальной (минимальной).

Совокупность  $P_{ij}$  ( $i = \overline{1,5}; j = 1,2$ ) образует полную группу несовместных событий,

$$\sum_j \sum_i P_{ij} = 1$$

т. е.

Событие  $(A_\alpha \cap A_\gamma)$  соответствует правильному анализу состояния системы, а вероятность  $P_{11}$  характеризует *безопасное* ее состояние, при котором осуществляется основная цель динамической системы. Если же осуществляются такой контроль и управление, при которых наступают события  $S_{21}, S_{22}, S_{31}, S_{32}, S_{41}, S_{42}, S_{51}, S_{52}$ , то цель, поставленная перед управляющей системой, не выполняется, так как возникают неоправданные (лишние) затраты потенциала  $\theta = (E, J, m)$  по управлению. Эти состояния характеризуются потерями и называются *опасными*.

В качестве основных интегральных характеристик невыполнения цели, т. е. риска, будем рассматривать вероятности событий  $(S_{21}, S_{22}), (S_{31}, S_{32}), (S_{41}, S_{42}), (S_{51}, S_{52})$ :

$$P_2 = P(S_{21} \cup S_{22}) = P(S_{21}) + P(S_{22}),$$

$$P_3 = P(S_{31} \cup S_{32}) = P(S_{31}) + P(S_{32}),$$

$$P_4 = P(S_{41} \cup S_{42}) = P(S_{41}) + P(S_{42}),$$

$$P_5 = P(S_{51} \cup S_{52}) = P(S_{51}) + P(S_{52}).$$

В дальнейшем из рассмотрения можно исключить ситуации, характеризуемые вероятностью  $P_4$ , когда система контроля нам указывает на критическую ситуацию, но мы не имеем в своем распоряжении управления, способного возвратить в область безопасных состояний.

Система контроля, для которой события  $S_{51}$  или  $S_{52}$  теоретически осуществимы, порождает измеренные случайные величины или процессы, когда  $x_\phi$  находится в области  $(x_\phi < \bar{x}^H)$ , а измеренное значение  $x_{изм}$  – в области  $(x_{изм} > \bar{x}^G)$  (рис. 1.41, здесь  $\varphi(\cdot)$  – плотность распределения) или наоборот.

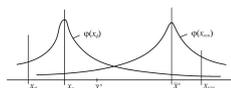


Рис. 1.41

Если учитывать физическую нереализуемость такого контроля, то события  $S_{51}$  и  $S_{52}$  невозможны.

На примере вероятностей  $P_2, P_3$ , которые наиболее важны при оценке риска динамической системы, рассмотрим построение математической модели, позволяющей получить численную оценку вероятностей  $P_2$  и  $P_3$ . Для вероятностей  $P_1, P_4, P_5$  все выводы аналогичны и не представляют труда.

### 1.6.3. Интегральные показатели вероятностей рисков и безопасности

В качестве основных интегральных характеристик невыполнения цели будем рассматривать величины вероятностей событий  $(A_\alpha \cap B'_\gamma), (B'_\alpha \cap A_\gamma)$ :

$$P_2 = P(A_\alpha \cap B'_\gamma) = P(A_\alpha)P(B'_\gamma | A_\alpha);$$

$$P_3 = P(B'_\alpha \cap A_\gamma) = P(B'_\alpha)P(A_\gamma | B'_\alpha),$$

где  $B' = (B_\gamma \cup C_\gamma), B'_\alpha = (C_\alpha \cup B_\alpha)$ .

Вероятность  $P_2$  характеризует появление ложной информации, поэтому назовем ее *вероятностью ложной оценки* состояния, а  $P(B'_\gamma | A_\alpha) = P'_2$  – *условной вероятностью ложной оценки* состояния.

Вероятность  $P_3$  характеризует такое состояние, при котором превышение  $x$  значения  $x_{кр}$  не фиксируется в процессе контроля или оценки параметра  $x$ . Эту вероятность назовем *вероятностью опасной ситуации*, а  $P(A_\gamma | B'_\alpha) = P'_3$  – *условной вероятностью опасной ситуации*. Вероятности  $P_2$  и  $P_3$  включают  $P'_2, P'_3$ , которые не зависят от характеристик средств оценки или контроля и поэтому при анализе и синтезе системы контроля могут не рассматриваться. Однако это необходимо учитывать при назначении допустимых значений  $P_2, P_3, P'_2, P'_3$ . При этом  $P_2$  и  $P_3$  отличаются от  $P'_2, P'_3$  на постоянные величины.

Запишем вероятности  $P_2$  и  $P_3$  в явном виде и выразим их через  $x^H, x^E, \bar{x}^H, \bar{x}^E$  и плотности распределения вероятностей случайных величин  $\alpha$  и  $\gamma$ . Вероятность

$$P_2 = P[(A_\alpha \cap B'_\gamma)] =$$

$$= P[\{(x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cup (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E) \cup (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E)\} \cap$$

$$\cap \{(\gamma < \bar{x}^H) \cup (\gamma > \bar{x}^E)\}].$$

Воспользуемся дистрибутивными свойствами символов  $\cap$  и  $\cup$ . Обозначим

$$A \triangleq (x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H); \quad B \triangleq (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E); \quad C \triangleq (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E);$$

$$D \triangleq (\gamma < \bar{x}^H); \quad K \triangleq (\gamma > x^E).$$

Тогда для  $P_2$  имеем:

$$\begin{aligned} (A \cup B \cup C) \cap (D \cup K) &= [(A \cup B) \cap (D \cup K)] \cup [C \cap (D \cup K)] = \\ &= \{[A \cap (D \cup K)] \cup [B \cap (D \cup K)]\} \cup [(C \cap D) \cup (C \cap K)] = \quad (1.6) \\ &= (A \cap D) \cup (A \cap K) \cup (B \cap D) \cup (B \cap K) \cup (C \cap D) \cup (C \cap K). \end{aligned}$$

Рассмотрим каждое из пересечений отдельно. Рассмотрим область на плоскости:

$$G_1 : A \cap D = (x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cap (\gamma < \bar{x}^H) = (x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cap (\beta < \bar{x}^H - \alpha).$$

Так как  $\alpha$  и  $\beta$  – случайные независимые величины, то область их значений можно изобразить так. Обозначая реализацию  $\alpha$  через  $x$ , а реализацию  $\beta$  – через  $y$ , получим ситуацию, изображенную на рис. 1.42 в виде области  $G_1$ . Аналогично рис. 1.43–1.47:

$$G_2 : A \cap K = (x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cap (\gamma > \bar{x}^E) = (x^H \leq \alpha \leq \bar{x}^H) \cap (\beta > \bar{x}^E - \alpha);$$

$$G_3 : B \cap D = (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E) \cap (\gamma < \bar{x}^H) = (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E) \cap (\beta < \bar{x}^H - \alpha);$$

$$G_4 : B \cap K = (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E) \cap (\gamma > \bar{x}^E) = (\bar{x}^H \leq \alpha \leq \bar{x}^E) \cap (\beta > \bar{x}^E - \alpha);$$

$$G_5 : C \cap D = (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E) \cap (\gamma < \bar{x}^H) = (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E) \cap (\beta < \bar{x}^H - \alpha);$$

$$G_6 : C \cap K = (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E) \cap (\gamma > \bar{x}^E) = (\bar{x}^E \leq \alpha \leq x^E) \cap (\beta > \bar{x}^E - \alpha).$$

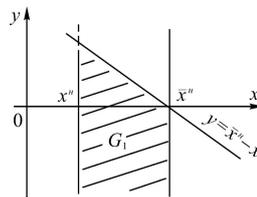


Рис. 1.42

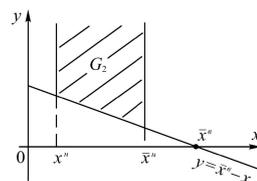


Рис. 1.43

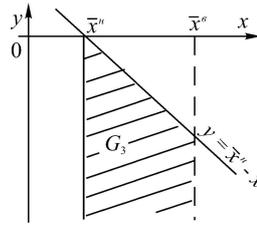


Рис. 1.44

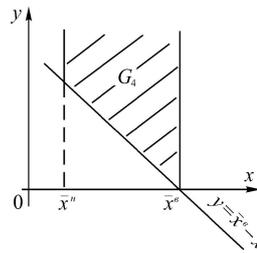


Рис. 1.45

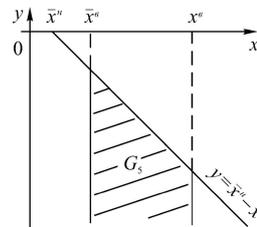


Рис. 1.46

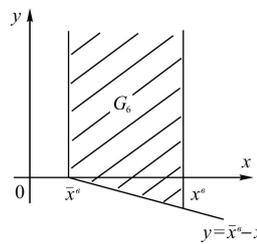


Рис. 1.47

Используя равенства (1.6), несовместность  $\alpha$  и  $\beta$ , независимость  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и несовместимость  $D$ ,  $K$ , получим

$$P_2 = P[A_\alpha \cap B'_\gamma] = P(A \cap D) + P(A \cap K) + P(B \cap D) + P(B \cap K) + P(C \cap D) + P(C \cap K) = P_2^1 + P_2^2,$$

где

$$P_2^1 = P(A \cap D) + P(B \cap D) + P(C \cap D) = P(G_1) + P(G_3) + P(G_5);$$

$$P_2^2 = P(A \cap K) + P(B \cap K) + P(C \cap K) = P(G_2) + P(G_4) + P(G_6);$$

$$\begin{aligned} P(A \cap D) &= \iint_{G_1} \varphi_\alpha(x) \varphi_\beta(y) dx dy = \int_{x^H}^{\bar{x}^H} dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\alpha(x) \varphi_\beta(y) dy = \\ &= \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy, \end{aligned}$$

$\varphi_\alpha(x)$  – плотность вероятностей случайной величины  $\alpha$ ,  $\varphi_\beta(y)$  – плотность вероятностей случайной величины  $\beta$ ;

$$P(A \cap K) = \int_{x^H}^{\bar{x}^H} dx \int_{\bar{x}^E - x}^{\infty} \varphi_\alpha(x) \varphi_\beta(y) dy = \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^E - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy;$$

$$P(B \cap D) = \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^E} dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\alpha(x) \varphi_\beta(y) dy = \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^E} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy;$$

$$P(B \cap K) = \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^E} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^E - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy;$$

$$P(C \cap D) = \int_{\bar{x}^E}^{x^E} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy;$$

$$P(C \cap K) = \int_{\bar{x}^E}^{x^E} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^E - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy.$$

Таким образом,  $P_2$  есть сумма двух вероятностей, одна из которых обусловлена событиями  $D$ , вторая – событиями  $K$ . Отметим, что полученное выражение справедливо для двустороннего ограничения индикатора  $x$ , подлежащего контролю и ограничению, когда измеренная величина  $x_{изм}$ , с учетом погрешностей  $\delta x$ , удовлетворяет  $D$  или  $K$ .

Окончательно,

$$\begin{aligned}
 P_2 = P[A_\alpha \cap B'_\gamma] = & \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy + \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy + \\
 & + \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy + \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy + \\
 & + \int_{\bar{x}^\epsilon}^{x^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy + \int_{\bar{x}^\epsilon}^{x^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy.
 \end{aligned} \tag{1.7}$$

Из теории вероятностей известно, что

$$\begin{aligned}
 & \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy = F_\beta(\bar{x}^H - x) \\
 \text{И} \int_{\bar{x}^\epsilon - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy = & R_\beta(\bar{x}^\epsilon - x) = 1 - F_\beta(\bar{x}^\epsilon - x),
 \end{aligned}$$

где  $F_\beta(x)$  – функция распределения случайной величины  $\beta$ ;  $R_\beta(x)$  – дополнительная функция распределения случайной величины  $\beta$ . Тогда формулу (1.7) можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 P_2 = P[A_\alpha \cap B'_\gamma] = & \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) [F_\beta(\bar{x}^H - x) + R_\beta(\bar{x}^\epsilon - x)] dx + \\
 & + \int_{\bar{x}^H}^{\bar{x}^\epsilon} \varphi_\alpha(x) [F_\beta(\bar{x}^H - x) + R_\beta(\bar{x}^\epsilon - x)] dx + \\
 & + \int_{\bar{x}^\epsilon}^{x^\epsilon} \varphi_\alpha(x) [F_\beta(\bar{x}^H - x) + R_\beta(\bar{x}^\epsilon - x)] dx.
 \end{aligned} \tag{1.8}$$

Перейдем к вычислению вероятности  $P_3$ :

$$\begin{aligned}
 P_3 &= P[A_\gamma \cap B'_\alpha] = P[(\bar{x}^H \leq \gamma \leq \bar{x}^\epsilon) \cap \{\alpha < x^H\} \cup \{\alpha > x^\epsilon\}] = \\
 &= P[\{(\bar{x}^H \leq \gamma \leq \bar{x}^\epsilon) \cap (\alpha < x^H)\} \cup \{(\bar{x}^H \leq \gamma \leq \bar{x}^\epsilon) \cap (\alpha > x^\epsilon)\}] = \\
 &= P[\{(\bar{x}^H - \alpha \leq \beta \leq \bar{x}^\epsilon - \alpha) \cap (\alpha < x^H)\} \cup \{(\bar{x}^H - \alpha \leq \beta \leq \bar{x}^\epsilon - \alpha) \cap \\
 &\quad \cap (\alpha > x^\epsilon)\}] = P[(\bar{x}^H - \alpha \leq \beta \leq \bar{x}^\epsilon - \alpha) \cap (\alpha < x^H)] + \\
 &\quad + P[(\bar{x}^H - \alpha \leq \beta \leq \bar{x}^\epsilon - \alpha) \cap (\alpha > x^\epsilon)].
 \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{aligned}
 P_3 &= P[A_\gamma \cap B'_\alpha] = \int_{-\infty}^{x^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^H-x}^{\bar{x}^\epsilon-x} \varphi_\beta(y) dy + \\
 &\quad + \int_{x^\epsilon}^{\infty} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^H-x}^{\bar{x}^\epsilon-x} \varphi_\beta(y) dy = \int_{-\infty}^{x^H} \varphi_\alpha(x) [F_\beta(\bar{x}^\epsilon - x) - \\
 &\quad - F_\beta(\bar{x}^H - x)] dx + \int_{x^\epsilon}^{\infty} \varphi_\alpha(x) [F_\beta(\bar{x}^\epsilon - x) - F_\beta(\bar{x}^H - x)] dx. \quad (1.9)
 \end{aligned}$$

Если параметры подчинены односторонним ограничениям, то, согласно формулам (1.8) и (1.9), вероятности событий  $(A_\alpha \cap B_\gamma)$  и  $(A_\gamma \cap B'_\alpha)$  вычисляются следующим образом.

В случае одностороннего ограничения сверху можно считать, что  $x^H$  и  $\bar{x}^H \rightarrow \infty$ , тогда  $F_\beta(-\infty) = 0$ :

$$\begin{aligned}
 P_2 &= P[A_\alpha \cap B'_\gamma] = \int_{-\infty}^{\bar{x}^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon-x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy + \\
 &\quad + \int_{\bar{x}^\epsilon}^{x^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon-x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy = \int_{-\infty}^{x^\epsilon} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^\epsilon-x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy.
 \end{aligned}$$

В случае одностороннего ограничения снизу можно считать, что  $x^\epsilon, \bar{x}^\epsilon \rightarrow +\infty$ , и тогда

$$P_2 = P[A_\alpha \cap B'_\gamma] = \int_{x^H}^{\bar{x}^H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy +$$

$$+ \int_{\bar{x}^H}^{\infty} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy = \int_{x^H}^{\infty} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^H - x} \varphi_\beta(y) dy. \quad (1.10)$$

Аналогично, если  $x^H, \bar{x}^H \rightarrow +\infty$ , то

$$P_3 = P[A_\gamma \cap B_\alpha] = \int_{x^\varepsilon}^{\infty} \varphi_\alpha(x) dx \int_{-\infty}^{\bar{x}^\varepsilon - x} \varphi_\beta(y) dy. \quad (1.11)$$

Если  $x^\varepsilon, \bar{x}^\varepsilon \rightarrow +\infty$ , то

$$P_3 = P[A_\gamma \cap B_\alpha] = \int_{-\infty}^{x_H} \varphi_\alpha(x) dx \int_{\bar{x}^H - x}^{\infty} \varphi_\beta(y) dy. \quad (1.12)$$

Часто при практических расчетах удобно использовать не  $\varphi_\alpha(x)$ , а  $\Phi_{\alpha-x_H}(\Delta x)$ , где  $\Delta x = x_\phi - x_H$ . В этом случае для индикатора, подлежащего ограничению снизу, получаем:

$$P_2 = P(x_H + \Delta x \geq x_{\partial on}; x_H + \Delta x + \delta x \leq x_n) =$$

$$= P(\Delta x \geq x_{\partial on} - x_H; \delta x \leq x_n - \Delta x - x_H) =$$

$$= \int_{-\infty}^{x_{\partial on} - x_H} d\Delta x \int_{x_n - x_H - \Delta x}^{\infty} W(t, \Delta x, \delta x) d\delta x; \quad (1.13)$$

$$P_3 = P(x_H + \Delta x \leq x_{\partial on}; x_H + \Delta x + \delta x \geq x_n) =$$

$$= P(\Delta x \leq x_{\partial on} - x_H; \delta x \geq x_n - x_H - \Delta x) =$$

$$= \int_{x_{\partial on} - x_H}^{\infty} d\Delta x \int_{-\infty}^{x_n - x_H - \Delta x} W(t, \Delta x, \delta x) d\delta x, \quad (1.14)$$

где  $W(t, \Delta x, \delta x)$  – совместная плотность распределения случайных процессов  $\Delta x, \delta x$  в момент времени  $t$ ,  $x_n = x_{\partial on}^K$ .

Вид подынтегральной функции выражений (1.11), (1.12) либо (1.13), (1.14) и основные факторы, подлежащие учету при ее формировании, определяются объектами или подсистемами анализируемой системы и их режимом работы, а также множеством других параметров и факторов. При этом погрешность  $\delta x$ , как правило, не оказывает влияния на величину отклонения от номинального режима  $\Delta x$ . Это обстоятельство есть допущение, которое каждый раз необходимо проверять.

С учетом сказанного выше, при практических расчетах вероятностей  $P_i$  ( $i = \overline{1, 4}$ ) зависимостью между погрешностями измерения  $\delta x$  и величинами отклонения параметров  $\Delta x$  от номинального режима можно пренебречь. В результате

$$P_2 = \int_{-\infty}^{\Delta} \int_{\Delta^1}^{\infty} W_1(\Delta x) W_2(\delta x) d\Delta x d\delta x; \quad P_3 = \int_{\Delta}^{\infty} \int_{-\infty}^{\Delta^1} W_1(\Delta x) W_2(\delta x) d\Delta x d\delta x,$$

где  $\Delta = x_{\text{дон}} - x_n$ ;  $\Delta^1 = x_n - x_n - \Delta x$ .

На рис. 1.48 представлена геометрическая интерпретация событий, соответствующих вероятностям  $P_2$  и  $P_3$ , определяемым в случае, когда ограничение сверху.

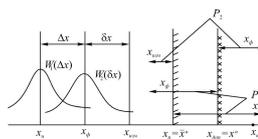


Рис. 1.48

Из последних соотношений следует, что вероятности  $P_3$  и  $P_2$  зависят от плотностей распределения  $W_1(\Delta x)$  отклонений  $x$  от номинальных значений  $x_n$ , пороговых  $x_n$  и допустимых  $x_{\text{дон}}$  значений параметров, плотности распределения суммарной погрешности  $W_2(\delta x)$ . В случае одностороннего ограничения  $P_3$  представляет вероятность попадания точки  $(\Delta x, \delta x)$  в область  $G_1$ , ограниченную прямыми  $\Delta x = a = x_{\text{дон}} - x_n$  и  $\delta x = x_n - x_n - \Delta x$  (рис. 1.49). Величина  $\delta x$  изменяется от  $-\infty$  до  $b = x_n - x_n$ . Вероятность попадания точки  $(\Delta x, \delta x)$  в область  $G_2$  представляет собой  $P_2$ .

Случай двустороннего ограничения параметров представлен на рис. 1.50. При этом  $P_3$  представляет вероятность попадания точки с координатами  $(\Delta x, \delta x)$  в области  $G_1$  и  $G_3$  одновременно, а вероятность  $P_2$  – попадание  $(\Delta x, \delta x)$  в области  $G_2, G_4$  одновременно.

Если  $P_3$  и  $P_2$  удовлетворяют допустимым или нормативным значениям  $P_{\text{дон}}$ , то система способна выполнять поставленную перед ней цель. Если, например,  $P_3 > P_{3\text{дон}}$ , то необходимо принимать решение об изменении, в том числе уменьшении границ пороговых значений  $x_n$ .

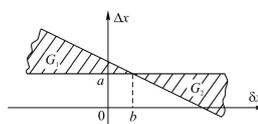


Рис. 1.49

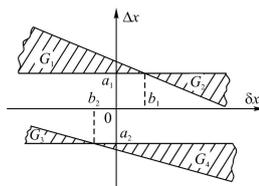


Рис. 1.50

## Выводы

Полученные вероятностные показатели рисков и безопасности динамических систем могут быть применены в практической деятельности человека, если мы сможем установить области допустимых состояний изучаемой динамической системы и построить плотности вероятности случайных процессов, подлежащих контролю и ограничению.

Проблемы решения обусловлены:

- 1) принадлежностью любой динамической системы к иерархии динамических систем бытия, что обуславливает особенности анализа;
- 2) тем, что в общем случае динамическая система обладает структурно-функциональными свойствами, которые в процессе функционирования динамической системы подвержены как эволюции, так и инволюции;
- 3) наличием взаимосвязи динамических систем, направленных на достижение единой цели в общем случае на иерархическом уровне.

Теоретические основы оценки потерь и соответствующих рисков динамической системы связаны с разработкой математических моделей, направленных на нахождение методов и средств нейтрализации потерь, например путем построения областей допустимых состояний  $\Omega_{дон}$  и построения таких управлений, при которых динамический объект не покидает  $\Omega_{дон}$ .

При этом теория риска динамических систем посвящена подтверждению возможности или невозможности реализации и формирования динамическими системами таких процессов, когда достигается поставленная цель.

Теория риска включает в себя разработку:

- 1) теоретических основ расчета области допустимых  $\Omega_{дон}$  и критических  $\Omega_{кр}$  состояний с использованием:
  - теории устойчивости;
  - теории катастроф;
  - численных методов и т. п. согласно структурно-функциональным свойствам динамической системы;
- 2) математических моделей объектов контроля и управления;
- 3) теоретических основ математических моделей погрешностей систем управления;
- 4) теоретических основ построения математических моделей погрешностей систем контроля;
- 5) теоретических основ анализа и синтеза систем контроля и управления;
- 6) математических основ построения численных показателей риска в пространстве случайных величин, процессов и полей;
- 7) метода расчета допустимых значений показателей риска и их корректировки путем изменения области допустимых состояний;
- 8) оценки возвратных и невозвратных критических состояний;
- 9) методов и средств полунатурального и натурального моделирования.

В общем случае теория риска с указанных позиций изучает объекты биосферы, этносферы, социосферы, техносферы, эгосферы в их взаимосвязи, взаимовлиянии. При изучении

эгофферы имеют место проблемы взаимодействия потерь и рисков, возникающих на уровнях мегамира, макромира, микромира и тонкого мира. Это позволяет рассматривать проблемы риска человека как элемента биосферы и социосферы.

Построение показателей риска и безопасности управляемых динамических систем включает разработку:

1) математических моделей областей опасных и безопасных состояний динамической системы, т. е.  $\Omega_{кр}$  и  $\Omega_{дон}$  соответственно;

2) модели изменения выходных параметров  $x(t)$  под воздействием внешних  $W(t)$  и внутренних  $V(t)$  возмущающих факторов риска, т. е.  $R = (W, V)$ ;

3) модели вероятностных характеристик векторного процесса  $x(t)$ , т. е. плотностей вероятностей  $W(x, t)$ , как в текущий момент времени, так и в упрежденный;

4) модели процесса  $x(t)$  при переходе из  $\Omega_{дон}$  в  $\Omega_{кр}$  и наоборот:

– процедуры расчета допустимого времени пребывания динамической системы в области  $\Omega_{кр}$ ;

– разработка средств и методов вывода из области  $\Omega_{кр}$ .

Выход в  $\Omega_{кр}$  при различных факторах риска  $R$  порождают различные фазовые траектории, которым соответствуют различные допустимые временные интервалы  $\tau_0$  выхода из  $\Omega_{кр}$  и различные характеристики движения  $x(t)$ .

## **Глава II. Классические динамические системы. Опасные и безопасные состояния**

В данной главе рассматриваются фрагменты теоретических основ построения областей опасных и безопасных состояний, необходимых для расчета вероятностей риска и безопасности  $P = (P_1, P_2, P_3, P_4)$  классических динамических систем, наделенных информационно-энергетическим потенциалом. Функциональные свойства подсистем структуры таких систем неизменны во времени и пространстве так же, как и целевые возможности системы в целом.

## 2.1. Классификация динамических систем. Вводные понятия

В качестве примеров, поясняющих суть дальнейших рассуждений, рассмотрим следующие системы.

1. Интеллектуальная система эгосферы управляет интеллектуальным потенциалом, ее деятельность направлена на изменение внутренних функциональных свойств подсистем единой системы – эгосферы.

2. Человек как динамическая система создает внутренние и внешние процессы в виде интеллектуальных и материальных объектов.

Введем следующие динамические системы на качественном уровне, положим в основу классификации такие рассмотренные в первой главе понятия, как функциональные свойства, структура, структурно-функциональные свойства.

*Функциональные* динамические системы – это такие системы, деятельность которых направлена на самосовершенствование – эволюционное развитие своего внутреннего потенциала [42].

*Структурные* или классические динамические системы наделены неизменными целевыми функциями при неизменных функциональных свойствах подсистем структуры, реализующих заданные цели [36].

*Структурно-функциональные* или суперклассические динамические системы реализуют комплексную деятельность, в процессе которой реализуется функциональное саморазвитие подсистем структуры, а также развитие динамических систем иерархии.

Введенные динамические системы, обладая различными потенциалами, реализуют различные уровни целедостижения.

*Функциональные* динамические системы, например эгосфера [26], осуществляют саморазвитие посредством энергетического потенциала, создаваемого системой, преобразуя энергию внешней среды.

*Структурные* динамические системы в процессе функционирования реализуют информационно-энергетический потенциал, заложенный в них согласно программам, неизменным во времени.

*Структурно-функциональные* динамические системы осуществляют свое целевое назначение путем саморазвития и реализации интеллектуально-энергетического потенциала согласно программам, заложенным в них при создании.

С учетом сказанного, *структурные системы* будем называть *информационно-энергетическими*, а *структурно-функциональные* – *интеллектуально-энергетическими*. Первые будем относить к **классическим** динамическим системам, вторые – к **суперклассическим**, учитывая, что последние создают первые.

**Классические динамические системы** [36].

В процессе эволюции теоретико-математических знаний о динамических системах введены несколько классов динамических систем, включающих:

«*Классические динамические системы*», исследованные Немыцким и Степановым (публикация 1949 г.).

Классические динамические системы включают:

«*Динамические полусистемы*», исследованные Бушау (1963 г.), Халкиным (1964 г.), в которых обобщено классическое определение динамических систем путем введения (рассмотрения) различных входных воздействий или внешних факторов  $W$ .

«*Динамические системы и автоматы*» в единстве, принадлежащие одному классу объектов, когда определение системы или машины включает входные воздействия и выход-

ные величины. Создатели этого направления теоретических знаний: Задэ, Дезоер (1963 г.); Арбиб (1965); Вейес, Калман (1965 г.); Уаймор (1967 г.); Уиндекнехт (1967 г.).

Отметим особенности структурных динамических систем, у которых функциональные свойства неизменны.

Теория структурных динамических систем, которым посвящена работа [36], создана для динамических систем, в общем случае обладающих функциональными свойствами, которые либо неизменны во времени и пространстве, либо изменяются под воздействием внешних факторов  $W$ , в общем случае случайных. При этом структурные свойства системы исследуются в работе [36], где сказано: «Заметим, что одного знания текущего значения входного воздействия  $u(t)$  может оказаться недостаточным для предсказания выходной величины  $y(t)$ . Предыдущие входные воздействия, подававшиеся на систему, могли изменить структуру  $\Sigma$  (например, из-за накопления энергии в первом приведенном примере или из-за срабатывания некоторого внутреннего переключателя во втором) настолько, что это приведет к изменению выходной величины. Другими словами, в общем случае значение выходной величины системы  $\Sigma$  зависит как от текущего значения входного воздействия, так и от предыстории этого воздействия. Лучше всего было бы не делать специальных различий между текущим и предшествующим входным воздействием системы. Поэтому мы будем говорить, что текущее значение выходной величины системы  $\Sigma$  зависит от *состояния* системы  $\Sigma$ , и определим чисто интуитивно текущее состояние системы  $\Sigma$  как такую часть настоящего и прошлого системы  $\Sigma$ , которая необходима для определения настоящих и будущих значений выходной величины. Другими словами, мы рассматриваем состояние системы  $\Sigma$  как некоторую (внутреннюю) характеристику системы  $\Sigma$ , значение которой в настоящий момент времени определяет текущее значение выходной величины и оказывает влияние на ее будущее. И если рассуждать совсем упрощенно, то состояние можно рассматривать как своего рода хранилище информации, или запоминающее устройство, или накопитель прецедентов. При этом нам нужно, конечно, потребовать, чтобы множество внутренних состояний системы  $\Sigma$  было достаточно богатым для того, чтобы вместить всю информацию о предыстории системы  $\Sigma$ , необходимой для предсказания влияния прошлого на будущее. Однако мы не станем требовать, чтобы состояние содержало лишь *минимум* такой информации, хотя, конечно, подобное требование является удобным упрощающим предположением».

Для того чтобы заслужить название «динамической», система  $\Sigma$  должна обладать еще одним свойством. Знание состояния  $x(t_1)$  и отрезка входного воздействия  $\omega = \omega(t_1, t_2]$  должно быть необходимым и достаточным условием, позволяющим определить состояние  $x(t_2) = \varphi(t_2; t_1, x(t_1), \omega)$  каждый раз, когда  $t_1 < t_2$ . Заметим, что в связи с этим придется потребовать, чтобы множество моментов времени  $T$  было упорядоченным, т. е. чтобы в нем было определено направление времени. Обычно упорядоченность множества  $T$  выбирается так, чтобы прошлое предшествовало будущему. Заметим также, что введенное понятие «динамической» системы, грубо говоря, совпадает с понятием «причинной» системы в том смысле, что прошлое влияет на будущее, но не наоборот. Короче говоря, математическое понятие динамической системы служит для описания потока причинно-следственных связей из прошлого в будущее.

Внутренние свойства *классической динамической системы* отображаются функциями  $\varphi$  и  $\eta$ . Первая функция отображает итоговые свойства на структурном или системном уровне, и, как правило, эти свойства неизменные. Вторая функция описывает процесс наблюдения в виде  $y(t) = \eta(t, x(t))$  выходных координат  $x(t)$  состояния, которая формируется переходной функцией состояния  $\varphi$  вида:  $x(t) = \varphi(t; t_0, x(t_0), \omega) \in X$ .

Здесь внешнее взаимодействие динамической системы со средой характеризуется функциями  $\omega, \gamma$ :

- множество допустимых входных воздействий  $\Omega = \{\omega: T \rightarrow U\}$ , где  $U$  – множество значений входных воздействий, каждый элемент которого есть  $u(t)$  (управление);
- множество выходных (наблюдаемых) величин  $\Gamma = \{\gamma: T \rightarrow Y\}$ , где  $\eta: T \times X \rightarrow Y; y(t) \in Y; y(t) = \eta(t, x(t))$ ; отображение  $\eta$  есть сужение некоторого  $\gamma \in \Gamma$  на  $(t, t]$ .

Согласно сказанному, можно уточнить, что есть управление и как оно реализуется.

Если  $x(t_2) = \varphi(t_2; t_1, x(t_1), \omega)$ , то  $x(t_1)$  и отрезок входного воздействия  $\omega = \omega(t_1, t_2)$ , включающего входное воздействие  $U(t)$ , где  $t \in [t_1, t_2]$ , выступают в качестве управлений, когда  $\omega \in \Omega$  – узкому классу функций.

Таким образом, структурные динамические системы изменяют свое состояние в нужном направлении посредством функции  $U(t)$ , которая либо задана, либо вводится в систему посредством внешних команд. Так вводится классическая динамическая система. Более подробное изложение можно найти в работе [36].

## Суперклассические динамические системы

Структурно-функциональные или суперклассические динамические системы характеризуются наличием: входных воздействий, выходных величин, функциональных свойств подсистем структуры. Таким системам свойственно самообеспечение безопасности движения и эффективности функционирования, реализуемое в подсистемах: стратегического, тактического, оперативного контроля, включая подсистему целеконтроля.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.