

НОВОСЕЛЬЦЕВ В.И.

**ФИЛОСОФСКО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ОСНОВАНИЯ
СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

Воронеж
Издательско-полиграфический центр
«Научная книга»
2013

УДК 316.48:519.97
ББК 32.81+60.524.228в631
Т338

Т338 Новосельцев В.И. Философско-теоретические основания системного анализа. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2013. – 524 с.

Цель книги – изложение философско-теоретических оснований системного анализа, определенных на уровне последних научных достижений и увязанных с конкретными методами системно-аналитических исследований.

Содержит четыре части: предмет и базовая аксиоматика системного анализа; понятие системы; конфликты, самоорганизация и эволюция систем; методический аппарат системно-аналитических исследований.

В качестве приложений рассматриваются некоторые прикладные аспекты системного анализа, а именно: моделирования процессов рефлексивного управления в конфликтах; применения структурно-функциональной модели психики для анализа конфликтов; диагностики кризисных состояний; моделирования инсайдерства; конкурсного управления региональными проектами по охране окружающей среды; системного понимания нравственности.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами развития природы и общества. Может быть использована в курсах «Системный анализ и принятие решений», «Конфликтология», «Концепции современного естествознания», «Моделирование систем».

© Новосельцев В.И., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ПРЕДМЕТ И БАЗОВАЯ АКСИОМАТИКА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.....	9
Глава 1. Системный анализ и его место в научном познании.....	9
1.1. Предмет и объект системного анализа.....	9
1.2. Признаки системных проблем.....	12
1.3. Системный анализ в структуре научных дисциплин...	18
Резюме.....	19
Глава 2. Базовая аксиоматика системного анализа.....	21
2.1. Миры.....	23
2.2. Субстанциональность.....	26
2.3. Беспредельность.....	27
2.4. Гетерогенность.....	28
2.5. Сохранение и развитие.....	30
2.6. Содержательность.....	32
2.7. Управляемость.....	34
2.8. Синэкстремальность.....	35
2.9. Разрывность.....	41
2.10. Конечность.....	42
2.11. Время.....	43
2.12. Пространство.....	47
Резюме.....	49
ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ.....	50
Глава 3. Признаки системы.....	50
3.1. Расчленимость.....	52
3.2. Целостность.....	57
3.3. Связанность.....	60
3.4. Неаддитивность.....	74
Резюме.....	77

Глава 4. Характеристики системы.....	78
4.1. Функции и эффективность.....	78
4.2. Состав, морфология, иерархия.....	85
4.3. Структура.....	95
4.4. Состояние и поведение.....	104
Резюме.....	109
Глава 5. Классы систем.....	111
5.1. Физические, биологические и социальные системы...	111
5.2. Закрытые, открытые и частично открытые системы...	124
5.3. Детерминированные, вероятностные, хаотические и фрактальные системы.....	128
5.4. Сложные и простые системы.....	140
5.5. Адаптивные, целенаправленные, целеполагающие и самоорганизующиеся системы.....	143
5.6. Естественные, искусственные и концептуальные системы.....	147
5.7. Прогрессирующие и регрессирующие системы.....	151
5.8. Многоуровневые и иерархические системы.....	153
Резюме.....	156
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. КОНФЛИКТЫ, САМООРГАНИЗАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ.....	157
Глава 6. Конфликты.....	157
6.1. Типологический анализ конфликтов.....	157
6.2. Функции, свойства и причинная обусловленность конфликтов.....	187
6.3. Динамика конфликтов.....	208
6.4. Рефлексивное управление в конфликтах.....	239
6.5. Координационное управление в конфликтах.....	250
6.6. Поиск компромиссов в конфликтах «руководитель- подчиненный».....	256
Резюме.....	261
Глава 7. Самоорганизация систем.....	265
7.1. Самоорганизация как мировоззрение.....	269
7.2. Самоорганизация как методология (синергетика).....	274
7.3. Самоорганизация как процесс.....	277
Резюме.....	281

Глава 8. Эволюция систем	282
8.1. Эволюция как концепция.....	282
8.2. Жизненный цикл системы.....	284
Резюме.....	288
Часть четвертая. Методический аппарат системно-аналитических исследований	289
Глава 9. Базовые концепции системно-аналитических исследований	290
9.1. Конструктивный прагматизм.....	290
9.2. Объективный субъективизм.....	295
9.3. Системный гомеостаз.....	298
9.4. Целевая иерархия, предпочтения, критерии выбора...	303
9.5. Порог действия.....	311
9.6. Внешняя связанность.....	313
9.7. Принятие решений.....	315
9.8. Виды неопределенностей при проведении системно-аналитических исследований и способы их учета.....	320
Резюме.....	326
Глава 10. Моделирование систем	327
10.1. Общие положения.....	327
10.2. Краткий исторический экскурс.....	328
10.3. Понятие модели.....	332
10.4. Основная концепция системного моделирования.....	339
10.5. Типовая структура системной модели.....	350
10.6. Подходы к решению проблемы машинного понимания естественно-языковых текстов.....	355
10.7. Режимы работы системной модели.....	361
10.8. Схема проведения исследований с помощью системной модели.....	363
10.9. Классификация системных моделей.....	366
Резюме.....	369
Глава 11. Языки представления знаний в системных моделях	370
11.1. Логические языки.....	371
11.2. Язык нечетких множеств.....	372
11.3. Контекстно-свободный плекс-язык.....	377
11.4. Язык семантических сетей.....	381

11.5. Язык ролевых фреймов.....	389
11.6. Тензорный язык Крона.....	390
11.7. Сравнительная характеристика языков представления знаний.....	397
11.8. Технологии разработки базы знаний в составе системной модели.....	399
Резюме.....	414
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	415
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	420
А. Математическое моделирование процессов рефлексивного управления в конфликтах.....	421
Б. Структурно-функциональная модель психики как ин- струмент анализа внутриличностных и межличностных конфликтов.....	431
В. Модели диагностики кризисных состояний.....	454
Г. Математическое моделирование инсайдерства.....	467
Д. Конкурсное управление региональными проектами по охране окружающей среды.....	486
Е. Системный подход к пониманию нравственности.....	519

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная цель монографии – изложение философско-теоретических оснований системного анализа, без которых эта дисциплина теряет статус научной и начинает «служить» какой-либо социальной идеологии, превращаясь в «ширму», прикрывающую, по сути, несистемные исследования.

Другая цель заключалась в объяснении довольно трудного и разнородного понятийного материала, которым оперируют системные аналитики в своей практической деятельности, с тем расчетом, чтобы читатели могли получить ответы на следующие вопросы. Чем занимается наука «системный анализ»? Какова его базовая аксиоматика? Что есть система? Какими бывают системы и как они описываются? Что такое структура, иерархия, адаптация, конфликтность, самоорганизация и эволюция? Почему возникают бифуркации и образуются «странные аттракторы»? В чем отличие кибернетики от синергетики и координации от управления? Чем кризис отличается от конфликта? Как управлять конфликтами? Почему классическая математика «пасует» перед гуманитарными системами? Что представляют собой системные модели, и какие языки используются в них для представления знаний? Как принимать решения в сложных ситуациях? Почему говорят, что у психологии длинное прошлое, но короткая история? Какова анатомия и физиология психики? Что понимается под рефлексией и инсайдерством?

По своему содержанию монография состоит из четырех частей и шести приложений.

Первая часть посвящена выяснению предмета системного анализа и областям его практического приложения. Выделяются характерные черты (признаки) системных проблем и на этой основе определяется место системного анализа в структуре научных дисциплин. Рассматривается аксиоматика, образующая базис системно-аналитических исследований.

Во второй части излагается категориальный и методологический аппарат системного анализа, позволяющий ввести читателя в курс системной аналитики. Через признаки, характеристики и классификации раскрывается многогранная сущность такого фундаментального понятия как «система».

Третья часть книги посвящена изучению трех базовых категорий системного анализа, а именно: конфликтов, самоорганизации и эволюции систем, взаимоувязанное понимание которых позволяет реализовать комплексный подход к изучению систем вне зависимости от их природы.

В четвертой части книги описывается методический аппарат системно-аналитических исследований, включая: базовые концепции системно-аналитических исследований, вопросы моделирования систем и языки представления знаний в системных моделях.

В приложениях рассматриваются некоторые прикладные аспекты системного анализа, а именно: моделирования процессов рефлексивного управления в конфликтах; применения структурно-функциональной модели психики для анализа конфликтов; диагностики кризисных состояний; моделирования инсайдерства; конкурсного управления региональными проектами по охране окружающей среды; системного понимания нравственности.

Чтение монографии не требует специальной математической подготовки. Она ориентирована на широкий круг читателей, интересующихся системными проблемами развития природы и общества. Может использоваться при подготовке вузовских курсов: «Системный анализ и принятие решений», «Конфликтология», «Концепции современного естествознания», «Моделирование систем».

***Доктор технических наук, профессор Воронежского
института высоких технологий
Виктор Новосельцев, 2013 год***

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ПРЕДМЕТ И БАЗОВАЯ АКСИОМАТИКА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

ГЛАВА 1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО МЕСТО В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

1.1. Предмет и объект системного анализа

Предмет системного анализа и его место в структуре научных знаний определяются, прежде всего, тем, что он воплощает на практике идеологию системного подхода к изучению природных и общественных явлений. Это означает, что в основе его категориального аппарата, концепций, методов и приемов лежат идеи системного подхода, конкретизированные применительно к разрешаемой проблеме.

Вместе с тем, системный подход и системный анализ – это различные научные направления. Системный подход выступает по отношению к системным аналитическим исследованиям своеобразной базой идей, философской основой. В свою очередь системный анализ не просто редуцирует идеи и концепции системного подхода, а наполняет их конкретным содержанием и наделяет прикладной интерпретацией. Совместное развитие этих научных направлений идет через разрешение диалектического противоречия «общее-частное», ведущее к их взаимному обогащению.

В историческом плане системный анализ является преемником исследования операций – специальной науки, «занимающейся рациональными способами организации целенаправленной человеческой деятельности» [Вентцель, 1964]. Его возникновение было реакцией прикладной науки на потребности решения экономических, военно-технических, административно-управленческих и других крупномасштабных проблем, где применение операционных методов оказалось малоэффективным.

В настоящее время накоплен достаточный опыт практического применения методологии системного анализа для решения задач различного уровня значимости. Появились важные теоретические и практические результаты, позволяющие уточнить место этой дисциплины в общей структуре научных знаний и, самое главное, переосмыслить ее базовую аксиоматику, определяющую подходы к постановке системных проблем, принципы, методы и процедуры их разрешения.

В процессе своего развития системный анализ вышел за рамки метода, *«помогающего руководителю выбирать предпочтительный курс действий»* в сложных проблемных ситуациях [Квейд, 1969, 1971], и в данный период времени представляет собой междисциплинарное научное направление, предмет которого можно определить следующим образом. Во-первых, это концепции и принципы постановки и разрешения практических проблем на основе системной идеологии. Во-вторых, способы интегрирования методов и результатов исследования специальных дисциплин в целевую технологию, направленную на разрешение возникшей проблемы. В-третьих, методики, приемы и модели комплексного исследования и проектирования различных системных объектов.

Объектом системного анализа выступают утилитарные проблемы различного уровня (от государственного до личного), связанные с созданием новых и совершенствованием (модернизацией) существующих социальных, технических, технологических, концептуальных, информационных, экономических и других систем. К числу таких проблем относятся:

- формирование социально-экономического курса государства и определение стратегии развития отраслей промышленно-хозяйственного комплекса страны и регионов;
- планирование развития систем вооружения в условиях изменения военно-политической обстановки и обоснование тактико-технических требований к вооружению и военной техники;

- обоснование способов комплексного разрешения глобальных и региональных противоречий социального, экономического, политического, экологического и другого характера;
- технико-экономическое обоснование, проектирование, внедрение и научное сопровождение эксплуатации систем различного функционального назначения;
- совершенствование организационно-управленческих структур предприятий, фирм и промышленных объединений в условиях перехода к новым формам хозяйствования;
- выбор стратегии и тактики пиаровских и рекламных кампаний по продвижению кандидатов в различные органы власти, а также товаров и услуг на новые рынки;
- бизнес-планирование маркетинговых стратегий предприятий и фирм с учетом конкуренции, нестабильности рынков, экономических кризисов и финансовых дефолтов.

Одновременно с расширением предмета и объекта качественно изменился облик пользователя (потребителя) теории системного анализа. Если в период своего становления системный анализ обеспечивал деятельность в основном руководителей высшего ранга, то в последние годы к ним добавились инженеры проектов, технологи производств, научные сотрудники, менеджеры мелких и средних фирм. В общем, все те специалисты, чья деятельность связана с разрешением технических, научных, финансовых и других системных проблем локального или даже личностного уровня.

Более того, в последние годы системный анализ все в большей мере привлекает внимание специалистов гуманитарных отраслей знания (социологов, филологов, юристов, политологов, историков, экономистов и др.). Которые справедливо усматривают в системном анализе не только инструмент для решения различных проблем, но эффективное средство формирования конструктивных мировоззренческих позиций и осуществления результативной межнаучной коммуникации.

Последнее обстоятельство примечательно. Дело в том, что в качестве такого средства традиционно выступала философия, в том числе и ее операционный компонент – теория философствования. Однако в последние десятилетия по ряду причин «наука наук» утратила свои позиции в этих важных вопросах. В результате в средствах формирования мировоззренческих позиций и осуществления межнаучной коммуникации образовался определенный вакуум, который, начиная с середины прошлого века, интенсивно заполняется системной идеологией. Судить о том хорошо это или плохо – пока затруднительно, но реалии именно таковы.

1.2. Признаки системных проблем

Одним из центральных в современной теории системного анализа выступает понятие системной проблемы. Точно определить это понятие в виде какой-либо исчерпывающей формулировки невозможно. Вместе с тем, обобщая опыт научных исследований, можно выделить признаки, позволяющие в совокупности идентифицировать проблемы этого класса.

Слабая структурированность. Еще на заре развития системного анализа известный американский ученый Герберт Саймон предложил классификацию, согласно которой все проблемы, попадающие в сферу научных изысканий, подразделяются на три класса [Саймон, 2000]. Во-первых, хорошо структурированные, или количественно сформулированные проблемы, в которых существенные зависимости выяснены настолько хорошо и полно, что они могут быть выражены в числах или символах, получающих, в конце концов, количественные оценки. Эти проблемы составляют предмет теории исследования операций и ее многочисленных математических разделов – теории массового обслуживания, теории марковских процессов, теории игр, математического программирования и других. Во-вторых, неструктурированные, или качественно выраженные проблемы,

содержащие лишь словесные описания важнейших аспектов изучаемого объекта, его признаков и характеристик, количественные зависимости между которыми неизвестны. Эти проблемы входят в круг интересов гуманитарных наук – социологии, психологии, экономики, политологии, юриспруденции и других. В третьих, слабо структурированные проблемы, содержащие как качественные, так и количественные элементы, причем качественные, малоизвестные, неопределенные стороны имеют тенденцию доминировать. Эти проблемы составляют основной предмет системного анализа.

Предложенная Саймоном классификация отражает важную сторону системных проблем – не полностью формализуемый, преимущественно качественный характер их постановки и описания, но не вскрывает их внутреннего содержания и обладает очевидной неполнотой. Поэтому имеет смысл указать другие, не менее значимые признаки проблем этого класса.

Конфликтность. Системные проблемы формируются противоречиями между имманентным стремлением природы и общества к своему развитию и всегда ограниченными возможностями практической реализации этого устремления. Противоречия проявляются в виде явных или скрытных конфликтов различного масштаба и значимости, угрожающих перерасти в кризисы. Иначе – проблемы такого класса конфликтны по своей природе, и возникают они либо в период реального конфликта, либо в результате подготовки к конфликту, либо в период устранения последствий уже произошедшего конфликта. По этой причине отличительной чертой системных проблем оказывается компромиссный характер их разрешения, связанный с многофакторностью и множественностью критериев качества. Фактически они разрешимы только путем урегулирования противоречий в динамике их развития и нахождения компромисса между желанием достичь определенных целей и существующими для этого возможностями. Так, например, при разработке и модернизации технических систем конфликтность выражается в

желании заказчика добиться максимального эффекта при минимуме затрат, в то время как возможности конструктора ограничены имеющейся технической и технологической базой, а его финансовые запросы не всегда соответствуют расчетам заказчика. Аналогичная ситуация наблюдается во взаимоотношениях между производителями и потребителями на рынке товаров и услуг. Очевидной и ярко выраженной конфликтностью обладают системные проблемы военно-технического, политического, экономического и социального характера.

Неопределенность. Содержательную сторону динамики системных проблем можно описать лишь возможными сценариями (вариантами) развития событий, в которых нет исчерпывающих данных относительно обстоятельств, сопровождающих данную проблему, ее связей с другими проблемами и ресурсов, потребных для ее разрешения. Учесть заранее все ситуации, с которыми придется столкнуться при разрешении системной проблемы, невозможно. Как показывает опыт научно-исследовательских работ, априори (лат. *a priori* – изначально) проявленная часть системной проблемы несет в себе не более 5-10% от общего объема информации, необходимой для ее разрешения, а остальная часть скрыта от исследователя и начинает появляться только в процессе самого исследования. Кроме того, для системных проблем характерен широкий диапазон неочевидных способов и приемов их разрешения, но полный набор возможных вариантов не может быть определен заранее. Разрешение системной проблемы часто связано с пересмотром устоявшихся взглядов на природу вещей, с поиском принципиально новых линий поведения, выходящих за рамки традиционного понимания физических, биологических и социальных процессов.

Неоднозначность. Системная проблема чаще всего имеет несколько вариантов своего разрешения, которые затруднительно ранжировать по их предпочтительности. В системной проблематике существует особая область толерантности (нечувствительности), доступная интуитивному восприятию, но в ко-

торую нельзя проникнуть научными (логическими) методами. Поэтому интуиция (подкрепленная знаниями) и научное творчество играют в системном анализе существенную, а порой решающую роль, выступая источником зарождения новых идей и способов разрешения системных противоречий.

Наличие риска. Для разрешения любой системной проблемы требуются определенные ресурсы (финансовые, материальные, информационные и другие), вложение которых непременно сопровождается элементами риска, обусловленными противодействием со стороны как внешних, так и внутренних сил. Природа противодействия объективна и связана с тем, что любой вариант разрешения системной проблемы отвечает интересам одних субъектов и ущемляет интересы других. Взаимосвязь интересов возникает в результате корреляции данной проблемы с другими проблемами из-за общности используемых ресурсов, потребных для их совместного разрешения. Никакие дополнительные ресурсные вложения не могут гарантировать бесконфликтного разрешения данной системной проблемы (дополнительные ресурсы порождают новые проблемы), а любой вариант ее разрешения не является наилучшим, так как неизвестно, каким образом разрешаются другие связанные с ней проблемы.

Многоаспектность. Системные проблемы затрагивают множество разнородных сторон той субстанции, в которой они возникают и развиваются, а между этими сторонами существуют связи взаимного влияния. Так, например, если речь идет о социальных проблемах развития общества, то в сферу анализа втягиваются гуманитарные, экономические, политические, этнические и другие взаимосвязанные вопросы. Разрешение технических проблем всегда связано с вопросами экономического, финансового, производственного, технологического, эстетического, экологического и другого характера. Попытки упростить проблему путем исключения так называемых «несущественных» аспектов приводят к ошибкам, которые жестоко мстят за себя. В то же время стремление к полному учету всех сторон приводит к

тому, что проблема становится необозримой и практически неразрешимой. В пространстве параметров любой системной проблемы существует область *aurea mediocritas* («золотая середина»), поиск которой составляет одну из важнейших прагматических задач системного анализа.

Комплексность. Системные проблемы затрагивают, как правило, интересы многих научных дисциплин (математики, физики, химии, биологии, кибернетики, социологии и других), но ни одна из них в отдельности не способна предложить эффективные способы их целостного разрешения. Причина заключена в сравнительно узкой целевой ориентации традиционных научных дисциплин, изначально и, самое главное, сознательно ограничивающих круг своих интересов, поскольку со времен Ньютона считается, что только таким образом можно получить сколько-нибудь значимые практические результаты. Системный анализ строится на иной концептуальной основе – круг научно-практических интересов не должен замыкаться рамками одной теории, какую бы прогностическую силу она не декларировала. Эффективно разрешить системную проблему можно только в том случае, если привлечь адекватный по сложности комплекс научных методов и знаний, охватывающий своими познавательными возможностями все многообразие сторон и проявлений исследуемого объекта. Но знания и методы различных наук не могут стать комплексом сами по себе – необходим некий системообразующий механизм, способный управлять его отдельными составляющими, согласовывать частные результаты исследований и концентрировать усилия на наиболее важных направлениях. В выполнении функций такого механизма заключена основная предназначенность системного анализа.

Саморазрешимость. Это необычное свойство системных проблем заключается в их способности разрешаться естественным образом, то есть без приложения научных методов и знаний. Вопрос заключается в том, какими могут быть последствия такого саморазрешения – негативными или позитивными, кон-

структивными или деструктивными. Главная прагматическая направленность анализа систем состоит в изыскании конструктивных способов и технологий разрешения возникающих проблем, исключающих негативные варианты развития событий в данной проблемной области.

Эволюционность. Любая системная проблема есть продолжение какой-либо проблемы прошлого, и сама является источником новой проблемы. Цикл, в котором одна проблема переходит в другую, не только никогда не прерывается, но имеет тенденцию к разветвлению (одна проблема порождает множество других). Центральная задача системного анализа заключается в поиске таких вариантов разрешения проблемы, которые: а) исключают возникновение новых, еще более трудноразрешимых проблем; б) не содержат в себе потенциала разрушения того позитивного, что было уже ранее создано природой и обществом; в) не нарушают, а поддерживают преемственность в развитии научных направлений так, чтобы каждое новое исследование не начиналось *ab ovo* («от яйца»).

* * *

В целом, анализируя рассмотренные выше признаки, можно заключить, что в человеческой деятельности не существует не-системных проблем. Любая проблема, стоящая перед индивидом и обществом (какого бы уровня она ни была), всегда системна по своему существу, и должна решаться исключительно на базе системного подхода. Другое дело, воспринимаем ли мы возникающие перед нами проблемы, как действительно системные? умеем ли разрешать их системными методами? пытаемся ли донести системность происходящего до других? В подавляющем большинстве случаев – нет. И именно это приводит к тем убожествам и неприглядностям, которые мы каждый день наблюдаем в самих себе и в окружающей нас действительности.

1.3. Системный анализ в структуре научных дисциплин

Указанные особенности системных проблем определяют особое место системного анализа в структуре научных дисциплин (рис. 1.1). С одной стороны, системный анализ, базируясь на идеологии системного подхода, составляет контекст или исследовательское поле, на котором специальная наука *«осознает характер, состояние и соответствие (или несоответствие) наличных или создаваемых ею методологических средств специфическим задачам исследования и конструирования сложных объектов»* [Блауберг, Юдин, 1973]. С другой стороны, системный анализ выступает своеобразным координатором и интегратором,



Рис. 1.1. Место системного анализа в структуре научных дисциплин

позволяющим применительно к разрешению конкретной системной проблемы превратить конгломерат специальных дисциплин в систему знаний и методов, имеющую четкую целевую направленность и управляемую иерархическую структуру. Благодаря этому не только создаются условия для ускоренного внедрения научных достижений в практику, но происходит объединение фундаментальных и прикладных знаний в целенаправленный комплекс, позволяющий разрешать проблемы, которые не могут быть разрешены в рамках

отдельных дисциплин и частных подходов.

Координирующая и интегрирующая роль системного анализа в структуре научных дисциплин часто служит источником

конфликтов между специалистами в области специальных знаний и системными аналитиками. За этими конфликтами скрывается, как правило, не научная, а организационная сторона взаимоотношений в коллективе исследователей. Действительно, тот, кто занимается решением системных проблем, обязан направлять работу и объединять творческий потенциал изобретателей, математиков, программистов и других членов научного коллектива, а также быть разносторонне образованным и коммуникабельным человеком. Но глубоко заблуждается тот, кто считает, что на этом основании он имеет больше шансов занять какой-либо руководящий пост. Формирование руководящих структур в любом другом виде деятельности происходит по своим специфическим правилам, в которых научные знания любого свойства и качества не играют существенной роли. Для того чтобы успешно двигаться вверх по служебной лестнице, недостаточно системного понимания проблем, обширных знаний и умения руководить коллективом, нужны определенные свойства личности, специфические черты характера и еще многое из того, что не относится к научной сфере. В теории системного анализа не содержится рекомендаций, как стать начальником, но в ее положениях заключены знания, помогающие быть компетентным руководителем, способным к целостному видению возникающих проблем и к их комплексному разрешению во взаимосвязи с другими проблемами.

Резюме. Системный анализ в его современном понимании представляет собой научную дисциплину, миссия которой заключается в разрешении системных проблем, возникающих в различных сферах человеческой деятельности, путем интегрирования и координирования разрозненных научных знаний и методов в единый технологический процесс комплексного исследования на базе системной идеологии.

Тем самым реализуется основной принцип системного подхода к изучению явлений: разрешить практическую проблему

можно только в том случае, если противопоставить ей адекватный по сложности управляемый и координируемый комплекс научных методов и знаний, охватывающий своими познавательными возможностями наиболее существенные стороны явлений, обусловивших возникновение и развитие данной проблемы. Другими словами, если мы имеем дело со сложной и практически-значимой проблемой, то следует исходить из того, что ни один метод в отдельности не способен обеспечить ее решение, какие бы возможности не декларировали создатели и адепты этого метода.

Современное понимание прагматической роли системного анализа и его местоположение в структуре научных дисциплин существенно отличается от того периода, когда были впервые сформулированы его исходные положения [Лопухин, 1971]. Если отвлечься от частностей, то произошло его преобразование из узконаправленного метода помощи планированию посредством относительных показателей технической оценки (англ. аббревиатура – PATTERN) в методологию практического философствования и в инструмент системного познания действительности, направленный на:

а) раскрытие сущности и взаимосвязей явлений, которые обусловили возникновение данной проблемы путем построения математических и иных моделей;

б) всесторонний и комплексный анализ возможных вариантов разрешения системных проблем, с учетом ресурсных ограничений, неопределенностей и рисков;

в) интеллектуальную поддержку принятия управленческих решений на основе использования качественных и количественных методов моделирования систем;

г) создание средств межнаучной коммуникации, позволяющих объединить усилия специалистов различного профиля при решении практических системных проблем.

ГЛАВА 2. БАЗОВАЯ АКСИОМАТИКА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Системный анализ, как и любая другая дисциплина, претендующая на статус научной, строится по дедуктивному принципу, то есть опирается на базовые аксиомы – исходные положения, принимаемые в данной науке без доказательств, из которых по определенным правилам выводятся другие положения.

Однако аксиомы, лежащие в основе системного анализа, обладает рядом особенностей.

Во-первых, они не формализованы, как, например, в математических дисциплинах, а выражаются на естественном языке. В силу этого не всегда удастся проследить однозначные логические связки между аксиомами и конечными выводами: такие связки подразумеваются, но формально не выражаются.

Во-вторых, они инвариантны к аксиоматике специальных наук. Это означает, что в системном анализе, как междисциплинарном научном направлении не существует знаний первого и второго сорта. Все знания, откуда бы они ни исходили, представляют собой одинаковую ценность и различаются лишь уровнем конструктивизма и прагматизма, то есть тем, в какой мере их воплощение способствует разрешению конкретных проблем, улучшению жизни людей, прогрессу общества и каждого индивида.

В-третьих, аксиоматика системного анализа открыта, то есть допускает изменение своего состава и содержания за счет непрерывного информационного обмена знаниями со специальными науками и с практикой. С прекращением такого обмена системный анализ теряет присущий ему конструктивный прагматизм и превращается в собрание догм, набор нравоучений и «трескучих» лозунгов. Иными словами, аксиомы, лежащие в основе системного анализа, рассматриваются не в качестве «истин в последней инстанции», а как предположения, которые можно принять, или отвергнуть в зависимости от особенностей изучае-

мого объекта, специфики задач исследования, а также результатов проверки теоретических положений на практике.

В-четвертых, в своем приложении аксиомы системного анализа семантически регулируются, то есть в зависимости от наблюдаемых фактов или результатов опыта они могут приобретать весь спектр своего семантического выражения – от утверждений строго категоричного характера, до полностью неопределенных формулировок. Какие реалии – такие и аксиомы.

В-пятых, аксиомы системного анализа и вытекающие из них следствия могут быть логически противоречивыми или несовместимыми. Эти противоречия и несовместимости рассматриваются системными аналитиками не как нонсенс и не как нечто из ряда вон выходящее, а как «точки роста» или стартовые позиции, с которых начинается дальнейшее развитие теории и совершенствование методов системной аналитики.

В-шестых, аксиоматика системного анализа не связана с концепциями или установками какой-либо социальной идеологии, отражая ту точку зрения, что идеология может использовать положения теории, но действительно научная теория не должна обслуживать идеологию. В этой связи следует отметить, что еще не так давно аксиоматика почти всех гуманитарных наук отечественного «производства» базировалась на высказываниях классиков марксизма-ленинизма или на решениях ближайшего партийного съезда. Сегодня такая «методология» ушла в прошлое, но традиция осталась. С упорством, достойным иного применения, современные отечественные гуманитарии признают эмпиризм, логику здравого смысла и историзм основой методологии познания действительности, не понимая, что эти методы и породили ту уродливую всеобъемлющую псевдонауку, которая называлась «марксизм-ленинизм».

Предварив базовую аксиоматику системного анализа соображениями общего свойства, перейдем к ее непосредственному рассмотрению.

2.1. Миры

Есть наш мир, и есть другие миры. Все миры материальны. Наш мир дан нам в ощущениях. Это – проявленный мир. Другие миры – трансцендентны (от лат. transcendentis – выходящий за пределы), никто из людей пока не может воспринимать их органами чувствования и адекватно описывать понятиями и терминами проявленного мира. Среди трансцендентных миров есть сверхтрансцендентный (абсолютный) мир, не поддающийся восприятию никогда и ни при каких условиях; о его существовании можно судить только по косвенным признакам; это – «Бог, который не есть Бог мертвых, но Бог живых» (от Марка, 12:27).

Согласно этой аксиоме, все, что есть – есть материя, и нет ничего кроме материи, проявляющейся в бесконечном разнообразии форм и видов. Разделение всего сущего на материальное и идеальное – это исторически сложившаяся, грубая и весьма неудачная попытка построить модель мироустройства на основе дуалистического детерминизма. Такая модель потребовалась для того, чтобы отделить то, что мы воспринимаем органами чувствования, от того, что не поддается такому восприятию даже с помощью специальных приборов. В результате изучением материального занялась официальная наука. То, что называли идеальным, отдали на откуп религии, парапсихологии, метафизике, теософии и другим направлениям. А философы запутались, пытаясь ответить, например, на такие вопросы: что есть душа, что есть Бог, что есть дух, что есть вещество, что есть энергия. Тогда к материальному и идеальному добавили третье неопределенное понятие – «сознание», а основной вопрос философии сформулировали так: что первично – материя или сознание, который окончательно запутал не только обывателя, но и самих философов, переводя научные познания в политико-идеологические спекуляции.

Если отбросить идеологические наслоения и посмотреть на «материальное» и «идеальное» с прагматической точки зрения, то можно констатировать, что между ними нет никакого различия, кроме названия. Пусть, все, что существовало, существует и будет существовать – есть материя. Часть из этого всего мы воспринимаем с помощью органов чувствования (назовем эту часть – проявленной), другую часть мы можем воспринять, но пока не воспринимаем по ряду причин (назовем ее трансцендентной), а третью часть (абсолютно трансцендентную) мы не способны воспринять в принципе. Границы между первыми двумя частями подвижные, то, что сегодня считается трансцендентным, завтра может стать обыденным.

Человек устроен так, что не способен воспринимать материальное, так сказать, напрямую. Мы воспринимаем лишь модель материального и, соответственно, оперируем только с моделями, того, что называем материальным. Мы можем даже не воспринимать какой-либо материальный объект, но все равно способны строить его модель и оперировать с этой моделью в своей практической деятельности. Классическим примером в этом отношении может служить такой вполне материальный объект, как электромагнитное поле. У нас нет органов чувствования, способных напрямую воспринимать электромагнитное поле, однако люди создали модель этого объекта и используют ее, в частности, при проектировании средств и систем беспроводной связи.

Таким образом, суть дела не меняется от того, назовем ли мы некоторый объект материальным или идеальным. Вопрос в том, насколько адекватно мы воспринимаем этот объект, сколь адекватно воспроизводим его модель, и насколько конструктивно используем эту модель для решения насущных проблем.

Далее мы перейдем к изучению тех объектов, которые называются системами. Здесь же ответим на вопрос, который непременно возникает у любого человека, приступающего к изучению теоретических основ системного анализа: существуют ли системы на самом деле, или это плод наших умозаключений? По это-

му поводу бытуют различные мнения, но если принять на веру аксиому «миры», то ответ на этот вопрос становится очевидным. Разделение всего сущего на системы и объединение сущего в системы – это одна из моделей мироустройства и одновременно специальный прием изучения объектов нашего мира, изобретенный человеком, или один из возможных способов мышления, освоенный им в процессе эволюции. Мы не знаем и никогда не узнаем, как устроен тот мир, который мы называем реальным, но всегда будем стремиться к этому, применяя все более изощренные приемы его изучения и осваивая новые способы мышления. И системный анализ – один из шагов на пути бесконечного познания недоступной нам реальности.

*Истина нам, смертным, не дана –
На Небе обретается она.
Мы лишь способны истинной назвать
Мираж или фантом, сулящий благодать.*

*Зачем мы боремся за тот фантом?
Зачем молитвы в честь него поём?
Зачем звездой его провозглашаем?
Зачем детей своих к нему мы призываем?*

*Фантом нам нужен для того,
Чтобы, цепляясь за него,
Иллюзию правдивости создать
И жизнь свою пустую оправдать.*

[Новосельцев, 2012]

Несмотря на столь пессимистичную, но близкую к действительности, оценку познавательных возможностей человека, перейдем к изучению следующих аксиом системного анализа. Имея в виду, что приобретенные при этом знания, позволят лучше ориентироваться в «водоворотах» социальной жизни и в потоке той разнородной и искаженной информации, которая ежечасно обрушивается на современного человека.

2.2. Субстанциональность

Все объекты нашего мира содержат, как минимум, три первообразные субстанции: вещество, из которого все состоит, энергию, которая всем движет, и информацию, которая всем управляет.

Исчерпывающим образом определить эти субстанции или вывести их дефиниции из других (более глубоких) понятий невозможно (потому они и называются «первообразными»), но всякий раз, приступая к изучению чего-либо, необходимо удостоверить в том, структура объекта исследования согласуется с их существованием.

Глубина познания этих субстанций определяет этапы эволюции человеческого сообщества и глубину коллективного понимания природных и общественных явлений. Первый (начальный) этап – вещественный, сформировался с появлением человека разумного, когда он только приступил к преобразованию окружающей его действительности, используя энергию мышц, ветра, воды и огня, опираясь на примитивные посменные и слухоречевые формы обмена информацией. Второй этап – энергетический, наступил, когда человечество научилось активно использовать энергию пара и электричества для решения своих проблем. Одновременно стали совершенствоваться формы и способы информационного обмена: появились радио, телеграф, телевидение. Третий этап – информационный, возник с началом тотального использования человеком компьютеров и информационных технологий для усиления своих интеллектуальных и инфокоммуникационных возможностей по управлению вещественно-энергетическим миром и социальной средой.

Каков будет следующий этап? Пока неизвестно, поскольку неведомы другие субстанции нашего мира. Нам важно одно: приступая к изучению любой системы, необходимо исходить из субстанционального характера её строения.

2.3. Беспредельность

Все объекты нашего мира бесконечно структурируемы – в нем нет неделимых объектов, составляющих первооснову его строения.

Как только в познании окружающей нас действительности мы доходим до некой грани, которую, хотим назвать конечной, так тут же возникает вопрос, что находится за этой гранью. Мы начинаем изучать этот вопрос, и через некоторое время отодвигаем грань неведомого чуть подальше. Опять задаем себе тот же вопрос. Снова отодвигаем грань, которая раньше казалась непреодолимой. И так до бесконечности.

Следствия:

а) не бывает абсолютных истин, познание столь же безгранично, сколь безгранично структурное устройство материи;

б) ни при каком, сколь угодно глубоком познании, невозможно дать исчерпывающую характеристику изучаемого объекта (основной парадокс системных исследований);

в) любые законы и любые закономерности в нашем мире относительно в том смысле, что ими отражается некоторая более-менее устойчивая тенденция, на которую можно ориентироваться в своей деятельности, но которую нельзя воспринимать как истину в последней инстанции;

г) не существует одноуровневых и неиерархических объектов, все без исключения объекты нашего мира представляют собой многоуровневые иерархические образования.

Эта аксиома совместно с вытекающими из нее следствиями зачастую воспринимается как пустопорожний философский штамп (коим и так несть числа) или, в лучшем случае, как вариант теософического мировоззрения. Более того, беспредельность в ее примитивном понимании порождает неверие в возможности науки и формирует пессимизм относительно конструктивности применения научных знаний для разрешения практических проблем. Действительно, раз все законы нашего мира относительно

и недоказуемы, а получить полную характеристику образующих его объектов заведомо невозможно, то о каких практических приложениях, да еще конструктивного толка, может идти речь. Такую точку зрения отверг еще Ньютон, который, оценивая открытый им закон всемирного тяготения и понимая, что доказательств его правомочности не существует, писал: *«Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря»* [Рузавин, 1997].

Ньютоновское понимание беспредельности в полной мере реализуется в системно-аналитических исследованиях, и заключается оно в том, что поиск корневых причин, управляющих нашим миром, и отыскивание «кирпичей» мироздания – дело бесплодное, и для того чтобы не топтаться на месте, следует использовать то, что уже известно. Конечно, при этом ошибки и просчёты неизбежны, но зато нет застоя, а есть развитие. В образной форме эта мысль выражена одним из персонажей пьесы М. Горького: *«Один всю свою жизнь ищет причину, почему стекло прозрачное, а другой берет и делает из него бутылки»*.

2.4. Гетерогенность

Функциональной константой нашего мира выступает гетерогенность (от греч. *heteros* – другой + *genos* – род, происхождение), без которой само его существование невозможно.

Однако, в тех его областях, где преобладает гетерогенность или ее антипод – гомогенность (от греч. *homos* – одинаковый + *genos*), с неизбежностью нарушается устойчивость, и происходят катастрофы. Отсюда – тяготение к разнообразию, столь же бесплодно, как и стремление к однообразию.

Минимально возможная форма гетерогенности – это бинарность (двоичность) структурного устройства объектов нашего мира, проявляющаяся, по меньшей мере, в трех аспектах. Во-

первых, в способности человека воспринимать лишь разности явлений, но не их сущность как таковую (закон антиномии Канта). Во-вторых, в физической симметрии, которая начинается с простейшей геометрической правильности и простирается до фундаментальных законов природы, в частности, законов сохранения вещества, энергии, импульса и т.д. В-третьих, в информационной симметрии, которая составляет базис современных компьютерных технологий. Речь идет о булевой алгебре, в которой всего одна бинарная переменная, принимающая два симметричных значения: ноль и единица, позиционируя которые, можно получать множество двоичных конструкций, позволяющих записать бесконечное количество информации.

Из аксиомы гетерогенности следует, что в нашем мире не должно существовать абсолютно одинаковых объектов. Вместе с тем, во всем, что мы наблюдаем, всегда можно усмотреть нечто общее, что и дает основание для типизации, без которой не обходится ни одна наука. Но типизация несет в себе как положительное, так и отрицательное начало. Поэтому в любом научном исследовании всегда возникает вопрос о допустимой степени типизации.

Системно-аналитическому подходу присуща персоналистическая точка зрения на изучаемые объекты, а типизация допускается как специальный методический прием, позволяющий приступить к изучению различных сторон явлений и получить при этом необходимые первичные знания. Поэтому результаты прикладных системно-аналитических исследований, не носят всеобщего характера и справедливы лишь для данного объекта изучения и только для него. Чем меньше в данном системно-аналитическом исследовании разного рода типологий, тем выше его практическая значимость, но тем ниже уровень общности результатов. Иными словами, потеря общности в выводах и результатах прикладных системно-аналитических исследований есть неизбежная плата за персонализм.

2.5. Сохранение и развитие

Всем объектам нашего мира, несмотря на их многочисленные и существенные различия, присуща общая целевая стратегия с противоположными тенденциями – тяготение к сохранению и склонность к развитию.

Тенденция к сохранению многоаспектна. В частности, в физических науках она формулируется в виде законов сохранения вещества и энергии. В кибернетике она выражается в виде гомеостазиса – способности динамических объектов сохранять своих функций, свойств и структуры.

Однако, если бы в нашем мире действовала только тенденция к сохранению, то он представлял собой нечто застывшее и неизменное. Все то, что появилось в нем, сохранялось бы вечно. Это был бы мир целостного и нерасчленимого, в котором нет ни времени – ни пространства, ни смерти – ни бессмертия, ни движения – ни покоя. Однако такого не наблюдается: наш мир – это сфера дифференцированного, динамичного и проходящего. Все, что проявлено в нем, движется и развивается. Кто и зачем сделал так, что в нашем мире все не только сохраняется, но и развивается, мы не знаем. Вместе с тем совершенно точно установлено, что без внутренней активности никакое развитие невозможно. Признать иное – значит постулировать, что все мы (люди, животные, растения и др.) всего лишь марионетки в руках неких эгрегоров – мистических существ, проживающих в иных мирах и управляющих нашим поведением.

Конечно, развитие объектов нашего мира управляемо извне. Но это управление носит не абсолютный, а координирующий и ограничительный характер, предполагающий «свободу воли» у тех, кем управляют, и ответную реакцию того, кто управляет.

Закономерное стремление к развитию и «свобода воли» могут зажечь в каждом из нас, хотим мы того или нет, тот самый внутренний свет, о котором говорил Будда: «*Вы – соль Земли*».

*Когда великий Будда мир сей покидал,
Он лучшего ученика к себе призвал.
Хотел услышать от него обет,
Что отрок выполнит Учителя завет.*

*Но тот, припав к слабеющим рукам,
Лишь горько плакал и рыдал:*

*– О, горе нам – пришел несчастья срок!
Зачем ты покидаешь нас Пророк?
Ты путь к спасенью многим указал,
Учением своим ты нам дорогу озарял!
Кто будет путь нам дальше освещать,
Дорогу к счастью проторять?
Как жить мы будем без тебя?
Ведь пропадём теперь зазря.*

*Тут Будда не смолчал,
Того, кого учил, прервал:
– Твои слова печальны и глупы.
И низведут тебя они в рабы.
Ведь соль земли не я, а ты.
Не требуй же поводыря,
Свет мира в сердце у тебя.
Тебе дорогу к счастью должно проторять,
И блага для себя и для семьи своей искать.*

*С сим Будда и ушёл туда,
Где правит вечность, а не суета.*

** * **

*С тех пор воды бессчетно утекло,
И много поколений в мир иной ушло.
А мы все ищем мудрого вождя
И в грош не ставим свое собственное «Я».*

[Новосельцев, 2012]

Почему в своем подавляющем большинстве люди не внимают совету Будды, как и не следуют заповеди Иисуса Христа: «*Вы – свет мира*»? Внутренняя активность всегда опасна, поскольку чревата разрушением и гибелью. Поэтому она подавляется инстинктом самосохранения. Инстинкт порождает логику самосохранения, а уже совместно они (инстинкт и логика) формируют стратегию сохраняющегося поведения. Вместе с тем внутренняя активность в человеке никогда не затухает полностью. Внутри и вокруг нас все время происходит борьба двух начал – сохранения и развития. Эта борьба составляет основное содержание динамики социального бытия. Человек, который только сохраняется или только развивается, обречен. По законам нашего мира ему нет в нем места. Поэтому даже в самом осторожном из нас периодически вспыхивает этот опасный «свет», необходимый для развития, но угрожающий сохранению. Гуманитарные системы (включая человека) существуют только потому, что в ходе эволюции научились совмещать способность к самосохранению со способностью к саморазвитию. Это же утверждение остается справедливым по отношению к биологическим и физическим системам. Речь идет о динамическом совмещении тенденций к самосохранению и к саморазвитию, когда траектория системы приобретает квазипериодический характер.

2.6. Содержательность

В нашем мире нет пустоты и бессодержательности.

Следствия:

а) любой процесс в нашем мире непременно сопровождается факторами, препятствующими его развитию, а в любом виде человеческой деятельности присутствуют обстоятельства, затрудняющие достижение желаемого результата;

б) в реальных процессах нет лакун – безысходных (тупиковых) состояний, если ситуация созрела, то реакция последует

обязательно – адекватная или неадекватная, конструктивная или деструктивная, разрушающая или созидаящая.

По-видимому, первыми, кто обратил внимание на то, что содержательность значительно усложняет нашу жизнь, были философы-математики античности. В частности, предпринимаемые ими попытки создания геометрии на базе содержательного восприятия мира, не привели к конструктивным результатам – измерение площадей долгое время осуществлялось не по формулам, а с помощью мерных квадратов. И только отказавшись от содержательности и перейдя к абстракции, Евклиду удалось создать геометрию, формулами которой мы до сих пор пользуемся в своей повседневной деятельности.

Если говорить в более общем плане, то такие базовые математические понятия, как «нуль», «точка», «прямая», «плоскость», «бесконечно малая величина» и другие – есть абстракции. Соответственно, построенные на них конструкции – тоже абстракции. И такое абстрагирование потребовалось для того, чтобы, уйдя от содержательности, создать математический инструментарий, позволяющий разрешать утилитарные проблемы.

Какое отношение содержательность имеет к теории системного анализа? Во-первых, практически вся теория системного анализа строится на том, что именно содержательность служит фундаментальным конфликтогенным фактором нашего бытия, суть которого либо конфликт, либо подготовка к конфликту, либо устранение последствий конфликта. Во-вторых, в отличие от гуманитарных наук, системный анализ изучает содержательную реальность не умозрением, а с помощью абстрактного математического инструментария. При этом, как и в любой другой математизированной науке, возникает две проблемы: идеализации – перевода реалий в абстракции, и интерпретации – перевода абстрактных результатов и выводов, полученных с помощью математических моделей, на язык реальности. Корректное решение этих проблем составляет существенную часть теории системного анализа.

2.7. Управляемость

В нашем мире нет неуправляемых объектов – все объекты, так или иначе, управляемы.

Согласно этой аксиоме в любом объекте нашего мира можно выделить управляющую и управляемую части, соединенные каналами прямой и обратной связи. В свою очередь, как управляющая, так и управляемая части представляют собой аналогичную структуру более низкого или более высокого уровня, и так до бесконечности вверх и вниз.

При анализе объектов биологической и социальной природы механизмы управления выделяются сравнительно легко. Иная ситуация имеет место при изучении объектов неживой природы. Для большинства из них пока не ясна структура управления и не вскрыты собственно механизмы управления, но это вовсе не означает, что функционирование объектов косной природы происходит без какого-либо управления. Из того, что мы чего-то не знаем, вовсе не следует, что этого не существует.

В физике – науке, изучающей объекты неживой природы, все представляется так, как будто бы эти объекты движутся сами по себе (без управления), подчиняясь лишь определенным принципам. Так, предполагается, что механические системы в своем движении следуют траектории, на которой действие за конечный интервал времени минимально (принцип Гамильтона). Термодинамические системы стремятся к состоянию с максимальной энтропией (второе начало термодинамики).

Казалось бы, все ясно и понятно: управление здесь не причём, его попросту не существует. Однако, это не так. С точки зрения кибернетики, названные принципы можно рассматривать в качестве решающих правил, которые иницируют в движущейся системе появление информации двух родов: об отклонении текущей траектории от заданной (информация обратной связи) и о корректировке траектории (информация прямой связи). При этом механизм управления выглядит следующим обра-

зом. Как только система под действием каких-либо сторонних сил отклоняется от обусловленной траектории, так тут же формируется информация обратной связи, сигнализирующая об этом отклонении. Далее «принимается решение» и вырабатывается информация прямой связи, которая «подключает» силы, возвращающие систему на траекторию с параметрами, удовлетворяющими принципу Гамильтона или второму началу термодинамики. Где же происходят эти информационные процессы? В самой движущейся системе, точнее в той ее части, которая называется информационной субстанцией.

Принятие аксиомы управляемости означает, что при проведении системно-аналитических исследований следует исходить из того, что развитие и движение систем – это не предопределённые свыше, не спонтанные и не беспорядочные, а управляемые процессы. Причем вне зависимости от того, имеем ли мы дело с живой или косной природой, понимаем ли мы структуру и механизмы управления, или эти знания пока скрыты за «семью печатями».

2.8. Синэкстремальность

Наш мир – не лучший из миров, в нем не все подчинено экстремальному принципу, то есть не всегда можно ответить на вопрос: «Что есть хорошо?».

Эта аксиома антагонистична по отношению к мировоззренческой позиции Готфрида Вильгельма Лейбница, который утверждал, что мы живем в лучшем из миров, в котором все подчиняется экстремальному принципу. При этом под экстремальностью он понимал возможность найти в любой проблемной ситуации наилучший вариант ее разрешения, а далее, если и не достичь этого варианта, то, по крайней мере, стремиться к этому.

Соответственно такому воззрению Лейбницем и его последователями был создан математический инструментальный, полу-

чивший в наше время обобщенное название «методы математической оптимизации». Инструментарий изящный, прочный и добротный, но пригодный для познания не реалий, а скорее тех иллюзий, которые имел в виду Лейбниц, утверждая, что мы живем в лучшем из миров.

На языке прикладной математики это означает:

а) функции, правдоподобно описывающие поведение объектов нашего мира и функциональные связи между переменными, характеризующими свойства этих объектов, как правило, не дифференцируемые (имеют точки разрыва и скачки);

б) критерии экстремальности, определяющие целевую направленность движения объектов нашего мира, ситуативные (то, что сегодня считается хорошим, завтра может стать плохим) и противоречивые (то, что хорошо для одних, может быть плохим для других и очень плохим – для третьих);

в) целевые функции объектов и ограничения, определяющие область допустимых значений оптимизируемых параметров объектов, априори неопределимы, поскольку задаются не кем-то сверху, а формируются в ходе взаимодействия объектов между собой и с их окружением.

Очевидно, что в этих условиях свести практическую проблему к какой-либо классической оптимизационной задаче или к ее модификации становится невозможным, даже если исходить из того, что все параметры, характеризующие объект оптимизации, можно выразить в числовом виде. Приходится изыскивать иные подходы, в которых оптимальность понимается уже в другом смысле, нежели нахождение максимума или минимума математической функции в условиях заданных ограничений.

Одним из таких подходов, получивших развитие в последнее время, является синэкстремальный подход, базирующийся на использовании критериев не экстремального типа. Смысл этих критериев в их нестрогом (не формализованном) понимании можно выразить так:

- а) для каждого хорошим будет все то, что не является плохим для всех;
- б) не ищите лучшего, а постарайтесь найти не худшее;
- в) не стремитесь ответить на вопрос, что делать, а попытайтесь ответить на вопрос, что не надо делать.

*Не бойтесь ни мора, ни глада,
Но страшитесь того мерзкого гада,
Что к власти рвётся весь дрожа,
И кличет, слюнями брызжа:
— Я знаю, что вам, люди, надо.
Идите за мной, и всё будет ладом!*

*Плевать он хотел на наши беды,
У него своё потаенное кредо.
Ему всё равно, что с нами будет,
Сам он, если что, за границу отбудет.
Это — волк хищный в овечьей шкуре,
Это — лжепророк по своей натуре.*

*Верьте лишь тому,
Кто властью не горит,
И, обращаясь к людям,
Без всякого надрыва говорит:
— Я не ведаю, что для счастья вашего надо,
Но знаю, что для этого делать не надо.*

[Новосельцев, 2012]

Можно назвать и другие критерии синэкстремального типа. Например, лучшими можно считать такие соотношения между различными по своей природе сущностями, количественные характеристики которых соответствуют пропорции: целое (100%) = часть первая (62%) + часть вторая (38%), названной, с легкой руки Леонардо да Винчи, «золотым» сечением.

Как следует из приведенных критериев, это уже не модернизация классики, а принципиально иной подход, предполагающий применение специальных исследовательских процедур и технологий, основанных, в частности, на понимании «оптимальности» в смысле Парето [Подиновский, Ногин, 1982].

В целом следует заключить, что реальные проблемные ситуации характерны тем, что в них не только не представляется возможным корректно определить понятие оптимальности, но даже на вербальном уровне задать достаточно полную модель явления. По существу, для любой системной проблемы свойственно отсутствие какой-либо модели, устанавливающей исчерпывающим образом причинно-следственные связи между ее компонентами, а о существовании критериев оптимальности можно говорить только после разрешения проблемы.

Интересное замечание по этому поводу сделал известный математик Никита Моисеев. Отмечая несостоятельность экстремального подхода к решению проблем планирования экономики, он пишет: *«Первое сомнение в нас зародили сами экономисты-оптимизаторы: никто из них не смог объяснить, что такое оптимальный план. Разговор проходил обычно в таком ключе: «Оптимальный план? Ну, как вы не понимаете, – это самый хороший план, ну самый оптимальный план. Это когда достигается общехозяйственный, а не только локальный оптимум». А – оптимум чего? И далее начинается путаное объяснение того, что оптимум всегда есть. И главный аргумент – ведь не может же быть, чтобы его не было»* [Моисеев, 1979].

Условность оптимального варианта разрешения скольконибудь значимой практической проблемы – факт общепризнанный. Достаточно назвать вариант, претендующий на эту роль, как не составит большого труда найти ряд обстоятельств, которые не были учтены при его обосновании, и тем самым продемонстрировать условность оптимальности. То есть сделать вывод о том, что данный вариант можно признать оптимальным при условии, если ... и далее следует перечень ограничений и

допущений, позволивших свести реальную проблему к оптимизационной математической задаче. Конечно, можно модифицировать метод и снять ряд ограничений и допущений, но тогда вскроются новые неучтенные обстоятельства, и такой процесс можно повторять неограниченно долго, всякий раз констатируя условную оптимальность. Условная оптимальность приемлема в теории, но не на практике, где она проявляется в виде ошибочных решений и неверных действий.

Традиционно считалось, что все неудачи экстремального подхода к разрешению практических проблем связаны с недостаточным развитием математических методов оптимизации или обусловлены неадекватностью математической модели объекту исследования. Но оказывается, что дело не в математике и не в способах моделирования, а в принципе: в человеческой деятельности не существует оптимальных (абсолютно верных) решений – так же, как не бывает неразрешимых проблем (абсолютно тупиковых ситуаций).

Этот мировоззренческий принцип восходит корнями к одному из центральных положений древнеиндийской философии ведийского периода – наш мир устроен таким образом, что его первоосновы эффективны своей простотой, но недоступны для управления со стороны какого-либо субъекта. Для этого существует много различных барьеров, но основным, преграждающим доступ к познанию начала начал, является барьер непознаваемости. При любом способе познания законов природы и общества всегда остаются некие «белые пятна», имеющие тенденцию к расширению. Чем глубже вникает человек в возникшую проблему, тем все в большей мере перед ним разворачивается бездонная глубина ее сущности, и он начинает осознавать относительный характер тех решений, которые раньше ему казались оптимальными. При этом неважно, идет речь о «большой» или «малой» проблеме, – для сформулированного принципа все проблемы одинаковы и равны по своей значимости.

В то же время в нашей жизни все движется и развивается. Одна проблемная ситуация сменяет другую. Решения принимаются, реализуются или не реализуются, снова принимаются, и так до бесконечности. В круговороте бытия не наблюдается естественных лакун (тупиковых ситуаций) – если ситуация созрела, то решение должно быть обязательно принято. Другой вопрос: какое оно, это решение, – хорошее или плохое, правильное или неправильное, обоснованное или волюнтаристское? Ответ на этот вопрос всегда относителен и субъективен, поскольку нет «высшего судьи», способного однозначно сказать: что – плохо, а что – хорошо.

Как же относиться к классическим методам математической оптимизации, построенным на принципе экстремальности? Как показывает исследовательская практика, ни один из таких методов, взятый в отдельности, не позволяет разрешить сколько-нибудь значимую системную проблему. Те отдельные успехи, когда удалось свести реальную проблему к задаче математической оптимизации, решить ее и получить результаты, удовлетворяющие практическим нуждам, – уникальны и заслуживают всеобщего восхищения. В большинстве же случаев желаемое выдается за действительное, а изъяны столь тщательно скрываются и маскируются, что у лица, принимающего решение на основе результатов такой «оптимизации», остается только один «непоколебимый» аргумент: для обоснования решения использовались математические модели. Тем не менее, оптимизационные методы занимают и будут занимать важное место, как в теории, так и в практике системно-аналитических исследований. Их следует рассматривать в качестве «кирпичей», из которых складывается общее здание теории системного анализа, но их не нужно использовать в качестве концептуальной основы разрешения какой-либо серьезной системной проблемы, особенно связанной с явлениями конфликтного типа.

2.9. Разрывность

В нашем мире будущее не содержится в качестве составной части в настоящем, и всякое данное состояние не может быть объяснимо только из непосредственно предшествующего ему состояния.

Эта аксиома накладывает существенное, если не решающее, ограничение на выбор математических методов моделирования и анализа систем. Дело в том, что почти все современные математически теории, по крайней мере, доступные для практических приложений (дифференциальное и интегральное исчисление, теория марковских процессов, теория рядов и математической индукции, математическая статистика и корреляционно-регрессионный анализ) построены на противоположном принципе. Их основу составляет принцип *lex continui* (непрерывности), формулировка которого, данная самим Лейбницем, такова: «Все во вселенной находится в такой связи, что настоящее всегда скрывает в своих недрах будущее, и всякое данное состояние объяснимо естественным образом только из непосредственно предшествовавшего ему» [Leibnitz, 1906].

Согласно взглядам Лейбница, наш мир устроен таким образом, что: а) в текущем состоянии его объектов сосредоточена вся их предыстория; б) будущее состояние объектов зависит только от того, в каком состоянии они находятся сейчас, и не зависит от того, каким путем они попали в это состояние; в) заранее известен полный перечень возможных состояний и появление новых состояний противостоит естественному (будет, то, что уже было, и ничего нового не будет).

Мы же исходим из того, что наш мир — это вовсе не такой мир, в котором все события прошлого сконцентрированы в текущем, и которое детерминированным, вероятностным или каким-либо другим образом предопределяет будущее. Наш мир — это мир конфликтов, разрывающих и деформирующих связь между текущим и будущим состоянием объектов, и порождаю-

щих принципиально новые состояния, которых никогда в прошлом не было. Посему: сколько не всматривайся в текущее, будущего там не увидишь, а то, что будет, такого никогда еще не было. Отсюда – лучший способ предвидеть то, что будет, помнить о том, что было, знать, что происходит сейчас, и исходить из того, что все, бывшее прежде нас, уже никогда не повторится с абсолютной точностью.

В связи со сказанным, можно утверждать, что применение упомянутых математических теорий для анализа и моделирования систем должно быть строго локализовано и допустимо лишь тогда, когда удастся выделить те стадии процессов, применительно к которым справедлив принцип *lex continui*.

Практически это означает, что методы, развиваемые в рамках этих теорий, могут и должны служить инструментом для моделирования и анализа отдельных сторон явлений и процессов, но при этом всегда надо помнить, что в этом случае нарушается целостность изучаемого явления, которую нужно будет восстанавливать с помощью других методов.

Тем самым при проведении системно-аналитических исследований устанавливается приоритет существа изучаемых явлений над методами их моделирования и анализа: не следует «подгонять» реалии под метод, а надлежит подбирать метод, адекватный реалиям.

2.10. Конечность

Любой процесс в нашем мире имеет начало и конец, а все его объекты вне зависимости от их субстанциональной сущности обладают конечным жизненным циклом, или: «Все рожденное достойно умереть» (Йоганн Вольфганг Гете).

Что приводит к тому, что объекты нашего мира становятся конечными? На этот счет существует множество самых разнообразных мнений. С системно-аналитической позиции, конечность порождает конфликты. Причина начала – конфликт, при-

чина конца, тоже конфликт, а между концом и началом происходит множество конфликтов, каждый из которых может стать последним. Фактически аксиомой конечности задается обобщенная модель жизненного цикла любого объекта нашего мира: зарождение, становление, развитие, расцвет, регресс, упадок и гибель. Только приняв такую модель, можно понять ту фундаментальную роль, которую играют конфликты в мироздании: они создают объекты нашего мира, движут процесс их развития, а затем разрушают (дезинтегрируют) все то, что возникло под их же влиянием, и снова создают новые объекты. И такой, никогда не повторяющийся, ветвящийся и циклический процесс будет длиться до тех пор, пока существует наш мир.

Возникает естественный вопрос, является ли конечным наш мир? Да, наш мир конечен. Он возник с появлением человека и канет в лету тогда, когда по какой-либо причине исчезнет человеческая цивилизация. А вот когда это произойдет, не знает даже тот, кто проектировал и создавал то, что мы называем нашим миром.

2.11. Время

В нашем мире время не есть Абсолют, спущенный свыше и не константа, неподлежащая изменению ни при каких обстоятельствах, – это одна из его функциональных характеристик, несущая в себе тройственный смысл.

Во-первых, время – это своеобразный «координатор событий», обеспечивающий за счет введения единой событийной метрики согласованное функционирование объектов в масштабе их окружения. Это привычное для нас время, которое называется астрономическим. Его понимание базируется на семи аксиомах: абсолютности, единственности, инвариантности, неразрывности, гомогенности, необратимости и бесструктурности.

Согласно аксиоме абсолютности все сущее связано со временем, а само время ни с чем не связано и, как говорят филосо-

фы, представляет собой форму бытия материальных объектов. Другими словами, не может быть такого положения, чтобы время отсутствовало.

В соответствии с аксиомой единственности считается, что в мире существует одна ось времени, и все объекты, независимо от их природы, «живут» в этом едином времени.

Аксиомой инвариантности отражается тот повсеместно наблюдаемый факт, что ход времени инвариантен по отношению к совершающимся событиям, происходящим явлениям и протекающим процессам. Ньютон по этому поводу писал: *«Абсолютное, настоящее, математическое время само по себе и своей природе течет безотносительно всему окружающему»* [Ньютон, 1989]. Прибавив к равномерно текущему абсолютному времени неподвижное абсолютное пространство, Ньютон придал им, по сути дела, свойства атрибутов Бога.

Аксиома неразрывности постулирует отсутствие на оси времени точек разрыва: любой сколь угодно малый временной интервал может быть разбит на еще более малые интервалы, а эти интервалы – на еще меньшие, и так до бесконечности.

Согласно аксиоме гомогенности считается, что время «течет» равномерно, не замедляясь и не ускоряясь. Поэтому временная ось разбивается на строго одинаковые отрезки, привязанные к каким-либо регулярно повторяющимся событиям, например, к колебаниям маятника, обращениям Земли вокруг своей оси или вокруг Солнца и т.п.

Аксиома необратимости утверждает, что ось времени представляет собой вектор, направленный от прошлого к настоящему и в будущее: возврат в прошлое – невозможен, время не «течет» вспять.

Аксиома бесструктурности постулирует, что время не расчленяется на части и не составляется из частей.

Собственно, эти аксиомы и есть те столпы, на которых зиждется наше обыденное восприятие и понимание времени. Сами того не замечая, мы, опираясь на перечисленные аксиомы,

абсолютизируем представление о времени, превращая его в нашем сознании в нечто безусловное, безотносительное и неограниченное. Для большинства из нас время – это Абсолют или «мировая константа». Вместе с тем, нетрудно заметить характерную особенность перечисленных аксиом – их субъективность в том смысле, что все они «привязаны» к одной системе – человеку, и в обобщенном виде отражают нашу человеческую точку зрения на окружающую действительность. В самом деле, согласно перечисленным аксиомам характеристики времени эмпирически установлены так, чтобы человеку как системе было удобно существовать в мире подобных ему объектов и реализовывать в нем свои функции. Иными словами, принятая временная аксиоматика является не абсолютной, а договорной. Она справедлива постольку, поскольку соответствует чувственным ощущениям человека и отвечает его коммуникационным и иным потребностям. Стоит изменить точку отсчета и привязать время к какой-либо другой системе, например к атому вещества, как большая часть человеческих аксиом времени утратит свой смысл, а другая часть не будет соответствовать реалиям.

Во-вторых, время – это физический параметр, отражающий частоты происходящих событий, их взаимную корреляцию и изменения под давлением внешних и внутренних обстоятельств. Такое, персонифицированное для каждого объекта время, – это внутреннее время-параметр, связанное с пространством и согласовывающее функционирование внутренних компонентов объекта. Также как и астрономическое, внутреннее время можно измерять по обычным наручным часам или с помощью любого другого динамического устройства, функционирующего с определенной периодичностью. Суть дела не в измерительных приборах, а в том, что внутреннее время имеет совершенно иные свойства, нежели привычное для нас астрономическое время: оно может замедляться, ускоряться и двигаться в обратном направлении. Когда система погибает, ее внутреннее время сжимается до точки, в которой плотность событий бесконечно

мала, а следовательно, нет ни прошлого, ни настоящего, ни будущего. Нет системы – нет и внутреннего времени. Об этом писал еще Аристотель в своем сочинении «Физика»: *«Без души не может существовать время»*.

В-третьих, время выступает оператором преобразования – неким «устройством» в структуре любого объекта нашего мира, воспринимающим сигналы из будущего и преобразующим их в управляющие воздействия, изменяющие текущее состояние объекта и, соответственно, траекторию его движения. Формально время T , как оператор преобразования, можно записать в виде следующего отображения: $T: S(t + \tau) \rightarrow s(t)$, где $s(t)$ – текущее состояние объекта, то есть его состояние в момент времени t ; $S(t + \tau)$ – множество будущих состояний объекта, то есть его возможные состояния в момент времени $t + \tau$. Читается эта запись так: время – это такой оператор, который каждому будущему состоянию объекта ставит в соответствие его текущее состояние. В обычной жизни зависимость настоящего от будущего обнаруживается в тех или иных формах опережающего отражения или, как принято говорить, виртуального предвидения. Например, возможность рождения нового человеческого существа (скажем, «наследника»), как известно, заранее учитывается и, значит, оказывает влияние не поведение людей, коллективов или даже государств.

По-видимому, первым, кто высказал мысль о таком столь необычном понимании времени, был Илья Пригожин. Он же в своих работах показал конструктивность использования времени-оператора на примере моделирования и анализа процессов термодинамического типа [Пригожин, 1985; Пригожин, Стенгерс, 1986]. Применительно же к социально-экономическим и биологическим процессам механизмы и свойства этого времени пока не изучены, но ясно одно: в процессах этого типа наблюдается разрыв или деформация однозначной связи между прошлым, настоящим и будущим. Выявить механизм этих явлений невозможно, если не предположить, что они происходят под

действием конфликтов, которые, через изменение времени, определяют текущее состояние социального, биологического или экономического процесса.

Тройственное понимание времени позволяет разрабатывать более адекватные математические модели социальных, биологических и других процессов, в которых существенную роль играет самоорганизация и конфликтность. А это открывает дорогу к более глубокому познанию себя и окружающего нас мира.

2.12. Пространство

Объекты нашего мира «живут» в бесконечном разнообразии пространств, причем переход объекта из одного пространства в другое не изменяет его свойств.

В теории системного анализа считается, что пространство, как и время, не есть некий Абсолют, независимый от чего бы то ни было. При проведении системно-аналитических исследований пространство рассматривается в качестве областей или сфер, в которых моделируются процессы функционирования изучаемых систем. Перефразируя упомянутые выше слова Аристотеля, можно сказать, что не было бы человека, не было бы и пространства.

В настоящее время человек познал, освоил и использует в практических целях два типа пространств – метрические пространства и пространства состояний.

Метрические пространства характеризуют положение объекта на некоторой «сетке», линии или координаты которой размечены каким-либо образом: рисками, числами, интервалами. Эти пространства позволяют определить расстояние между парой любых объектов и выразить его в какой-либо метрике (шкале): отношений, интервалов, порядка или наименований. К таким пространствам относятся: одномерное, двухмерное, привычное для нас трехмерное или евклидово, n -мерное и, наконец, бесконечномерное или гильбертово пространство.

Пространства состояний отражают такие положения объекта, которые по ряду наблюдаемых признаков можно отличить от других положений без использования какой-либо количественной метрики. Примерами таких признаков могут служить: степень разрушения объекта, уровень его организованности, готовность выполнять те или иные функции, отдаленность объекта от какого-либо ориентира, его ценность и т.п.

Как те, так и другие типы пространств, отражая наше восприятие и понимание действительности, по своему структурному устройству подразделяются на векторные, матричные и тензорные.

Использование векторных пространств позволяет получить самое примитивное и упрощенное представление о положении и динамики объектов. Более полное представление получается при использовании матричных пространств. И, наконец, наиболее совершенное и всестороннее представление об изучаемом объекте достигается на тензорных пространствах.

Заметим, что мышление человека характеризуется аналогичными уровнями, но называются они по-иному: векторное – линейным или одномерным (D), матричное – плоским или двумерным (2D), тензорное – объемным или многомерным (3D и выше).

Почему при проведении системно-аналитических исследований приходится обращаться к такой фундаментальной категории, как «пространство»? Это не прихоть и не стремление к наукообразию. Обращение к этой категории обусловлено тем очевидным обстоятельством, что без использования всей палитры существующих представлений о пространствах можно лишь бесконечно говорить об изучаемых системах, но невозможно понять их устройство и адекватно моделировать процессы их функционирования.

Резюме. Сформулированные аксиомы абсолютно субъективны в том смысле, что отображают экзистенциалистское понимание автором этой книги всего того, что он наблюдал в прошлом, видит в настоящем и надеется увидеть в будущем. Они очевидны в той же мере, что и утверждение о возможности пересечения двух бесконечных параллельных прямых или физический постулат о том, что скорость любого вещественно-энергетического преобразования не превосходит скорости света.

Доказать рациональность, полноту и логическую непротиворечивость этих аксиом невозможно, как, впрочем, нельзя доказать и обратное. Их можно либо отвергнуть, на том основании, что они не соответствуют наблюдениям или не отвечают чьим-то убеждениям, либо принять, дополнить и уточнить на противоположных основаниях. Такое положение не есть нонсенс для научной теории, авторы которой не стремятся к ее канонизации. Ибо, как справедливо отмечал Карл Поппер: *«Любая теория может быть научной, лишь тогда, когда есть возможность ее принципиального опровержения»* [Поппер, 2004].

Прагматика рассмотренной аксиоматики отражает три утилитарных императива, которые автор ставит во главу угла развиваемой теории:

а) понимания системно-аналитических исследований как никогда не прекращающегося поиска компромисса между возрастающими потребностями общества и возможностями их удовлетворения на базе новых гуманитарных, промышленных, информационных, экономико-финансовых и других технологий;

б) доминирования системного понимания происходящего над несистемным, и признания конструктивности конфликтологического взгляда на природу вещей;

в) безусловного приоритета модельных методов изучения природных и общественных явлений над эмпиризмом и умозрительностью.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ

ГЛАВА 3. ПРИЗНАКИ СИСТЕМЫ

Слово «система» – древнегреческого происхождения. Считается, что оно образовано от глагола *synistemi* – ставить вместе, приводить в порядок, основывать, соединять [Дворецкий, 1958]. В античной философии им подчеркивалось, что мир не есть хаос, а обладает внутренним порядком, собственной организацией и определенной целостностью.

В современной науке существует достаточно много различающихся между собой определений и трактовок понятия системы, которые обстоятельно проанализированы в работах В.И. Садовского [Садовский, 1974] и А.И. Уемова [Уемов, 1978]. Вот некоторые из них.

Система – совокупность взаимодействующих разных функциональных единиц (биологических, человеческих, машинных, информационных, естественных), связанная со средой и служащая достижению некоторой общей цели путем действия над материалами, энергией, биологическими явлениями и управления ими [Вернадский, 1926].

Система – множество объектов вместе с отношениями между ними и между их атрибутами [Холл, Фейджин, 1969].

Система – комплекс взаимодействующих компонентов или совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом [Берталанфи, 1969].

Система – любая сущность, концептуальная или физическая, состоящая из взаимодействующих частей [Акоф, Эмери, 1974]

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство (Советский энциклопедический словарь, 1979).

Приведенные выше и все иные, известные на сегодняшний день, определения и трактовки понятия «система» обладают двумя неоспоримыми качествами. Во-первых, в них в явном или

в неявном виде отражается то известное утверждение Аристотеля, что целое есть нечто большее, чем сумма частей, и не более того. Во-вторых, каждое из них обладает очевидной ограниченностью и неполнотой. Попытки расширения, дополнения и уточнения формулировок только усложняют ситуацию и по сути ничего нового в знания о системах не приносят. Подтверждая лишь то, что изучая значения слов, можно познать все что угодно, но только не суть явлений, которые обозначаются этими словами; назвать – не значит понять.

В теории системного анализа утверждается, что сущность такого предельно широкого и емкого понятия, как «система», невозможно раскрыть через другие более частные сущности, и соответственно, определить его в виде одной, пусть даже сколь угодно сложной синтагмы. Иными словами, понятие «система» признается открытым, непрерывно развивающимся понятийным объектом, не определяемым исчерпывающим образом в рамках каких бы то ни было логических построений или языковых конструкций.

Каким же образом можно развивать теорию, базовое понятие которой является неопределимым?

Мы будем исходить из того, что при проведении системных аналитических исследований сущность понятия «система» может быть раскрыто только через выработанные практикой неформальные признаки, характеристики и классификации. Причем эти признаки, характеристики и классификации не следует воспринимать как догму – в зависимости от целей и задач исследования они могут пополняться, уточняться и модифицироваться.

В настоящее время общепризнано (с учетом сделанной выше оговорки), что неформальными, содержательными признаками, позволяющими назвать изучаемый объект системой, и с приемлемой для практики достоверностью идентифицировать системные объекты на множестве других объектов, являются: расчленимость, целостность, связанность и неаддитивность.

3.1. Расчленимость

Изучаемый объект расчленим, если существует возможность выделить в нем фиксированное число составных частей первого уровня, а в них – части второго уровня и так далее вплоть до последнего уровня, состоящего из неделимых далее частей. Составные части представленного таким образом объекта, кроме частей последнего уровня, называются подсистемами. Части последнего или низшего уровня принято именовать элементами (от лат. *elementum* – первоначальное вещество). Элементы и подсистемы обозначаются обобщающим термином «компоненты» (от лат. *componens* – составляющий).

Понятие элемента играет в системном анализе ключевую роль, подобную роли математической точки в геометрии или бесконечно малой величины в дифференциальном исчислении. Этим сходство понятий и ограничивается. Элементом системы считается такой ее компонент, который в рамках данного исследования не разделяется на составные части, но задается своими внешними характеристиками без описания того, как и за счет чего они получаются. Таким образом, элемент системы в отличие от математической точки или бесконечно малой величины не есть абстракция. Это вполне реальный объект, который можно, если на то существует необходимость и возможность, вскрыть и представить в виде сколь угодно сложной системы. Все объекты нашего мира бесконечно структурируемы – в нем не существует неделимых объектов и невозможно найти первооснову строения.

Во все времена ученые и философы пытались отыскать первоэлемент – «кирпич мироздания». Долгое время считалось, что таким элементом является атом вещества (от греч. *atomos* – неделимый). Только в начале двадцатого столетия выяснилось, что атом делим, и представляет собой сложную систему, состоящую из положительно заряженной частицы – ядра – и движущихся вокруг него отрицательно заряженных частиц – электронов.

Ученые-позитивисты пытались трактовать эти частицы как наконец-то найденные действительно «последние кирпичи мироздания». Их ждало глубокое разочарование – оказалось, что компоненты атома имеют достаточно сложную структуру и обладают способностью делиться. Сегодня известно достаточно много элементарных частиц, и физики продолжают открывать новые. Но, пожалуй, самое удивительное достижение современной физики – это открытие новой формы (или точнее – уровня) существования материи – физического вакуума, того самого «ничто», «пустоты небытия между атомами бытия», чьи свойства волновали философов и естествоиспытателей еще со времен античности. Физический вакуум оказался «пустотой» лишь до некоторого энергетического, пространственно-временного и временного порога. Но как только этот порог пройден, вакуум видится разбушевавшимся океаном процессов порождения и исчезновения всевозможных элементарных частиц от самых легких – фотонов и электронов – до самых тяжелых ядерных частиц – нуклонов и гиперонов. Оказалось, что физический вакуум обладает сложнейшим строением, до сегодняшнего дня скрытым от нас и наших приборов. Представление о нем можно получить пока только по косвенным признакам или с помощью теоретических моделей.

Уже первый шаг членения системы может привести к ситуации, когда каждая из частей будет элементом. Например, когда дальнейшее расчленение не требуется для решения конкретной научной или познавательной задачи либо когда этого еще не умеют делать. В этом случае говорят, что такая система обладает элементарной организацией. Примерами таких систем могут служить: простые числа в арифметике; гелиоцентрическая система Коперника в ее первоначальном варианте; механистическая «планетарная» модель атома вещества.

Однако вера в простоту устройства нашего мира ушла ныне в невозвратное прошлое. Все объекты окружающей нас действи-

тельности демонстрируют многоуровневый принцип своей организации.

Понятие «уровень» употребляется в системном анализе в четырех значениях (рис. 3.1). Во-первых, уровень трактуется в организационном плане. Так, рассматривая какое-либо производственное предприятие, выделяют следующие организационные уровни: предприятие в целом, службы, отделы, цеха, бригады, отдельные специалисты. Анализируя какое-либо техническое устройство, мы приходим к выводу, что оно состоит из ком-

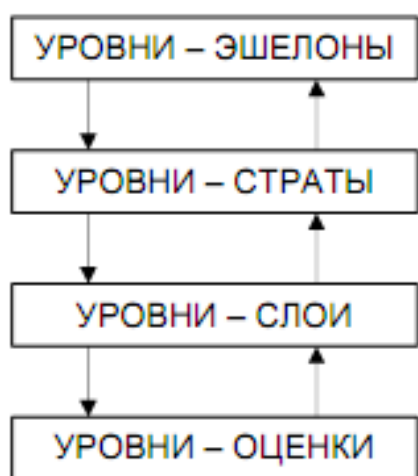


Рис. 3.1. К понятию «уровень»

плексов, комплексы – из блоков, блоки – из модулей, модули – из плат, платы – из деталей и т.д. Такого типа уровни называются эшелонами.

Во-вторых, уровнем фиксируется определенная общность законов функционирования, единство пространственно-временной топологии и субстанционального построения определенных компонентов изучаемой системы. С этой позиции то же самое производственное предприятие может рассматриваться на социальном, экономическом, информационно-управленческом, технологическом и иных уровнях. Другой пример. Для обычного персонального компьютера характерно как минимум два уровня представления и анализа: технический и программный. На техническом уровне компьютер представляет собой систему, образованную электронными платами, блоками, микросхемами, конденсаторами, резисторами, соединительными шинами и другими устройствами, обеспечивающими преобразование электрических сигналов. На программном уровне тот же компьютер выглядит иначе, а именно как совокупность программ, подпрограмм, программных модулей и блоков, выполняющих логические операции над двоичными символами, несущими опреде-

ленную информацию. Уровни такого типа принято называть стратами (от лат. *stratum* – настил).

В-третьих, понятием уровня выражается точка зрения исследователя на различные аспекты изучаемой системы. В этом случае говорят о слоях. Уровни-слои не обязательно свойственны реальным объектам, они скорее отражают отношение исследователя к данному объекту, фиксируя способы познания его характеристик, глубину проникновения в сущность изучаемого объекта. В качестве типового примера можно назвать детерминистический и вероятностный слои представления одного и того же явления. Зачастую слоями называют структурные компоненты системы, выделенные по временному признаку или по типу решаемых задач. Такими слоями могут быть: прогнозирование, текущее планирование, оперативное управление и регулирование [Алиев, Либерзон, 1987]. В частном случае эшелоны, страты и слои могут совпадать.

Кроме того, понятием уровня часто выражается оценочная характеристика анализируемого объекта или явления. Например, «уровень образования», «уровень духовного развития», «жизненный уровень». Такого рода уровни принято называть уровнями-оценками.

Принятая в системном анализе концепция многоуровневого представления изучаемых объектов предопределяет комплексный многоаспектный характер постановки и решения проблем. При этом принципиальным является положение о взаимосвязанности различных уровней. Еще Гегель отмечал, что «...мы должны рассматривать природу как систему ступеней, каждая из которых необходимо вытекает из другой и является ближайшей истиной той, из которой она проистекала» [Гегель, 1934]. Выделение уровней в изучаемой системе с учетом взаимосвязей между ними называется стратификацией.

В системном анализе не ставится задача определения фундаментальных уровней организации живой и неживой природы. Выделение эшелонов, страт и слоев в изучаемом объекте произво-

дится исходя из целей и задач исследования, и не формализуется, а осуществляется на основе опыта и знаний исполнителей.

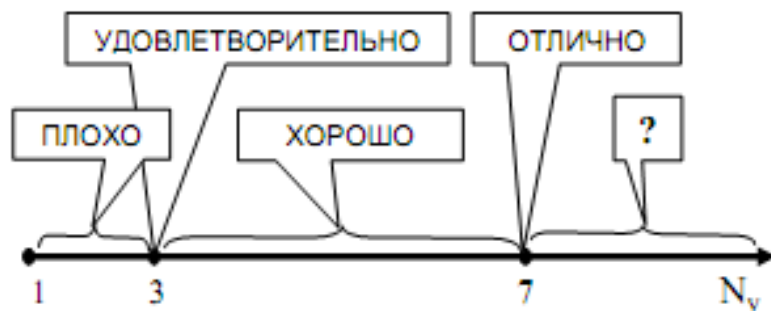


Рис. 3.2. Оценка качества стратификации изучаемого объекта по числу выделяемых страт (слоев)

При этом, производя стратификацию изучаемого объекта, можно руководствоваться следующим спорным, но полезным правилом (рис. 3.2).

Пусть N_y – количество уровней-страт (слоев), которые удалось выделить в изучаемой системе исходя из тех или иных соображений. Тогда, если окажется, что $N_y = 7$, то проведенная стратификация объекта исследования устойчива. Исследовательская модель будет соответствовать общепринятым нормам, и можно надеяться на получение достаточно корректных результатов и рекомендаций, воплощение которых в практику, скорее всего, не приведет к негативным последствиям.

При $3 \leq N_y < 7$ проблемная ситуация стратифицирована недостаточно полно, вероятнее всего в изучаемом объекте пропущены какие-то важные уровни его устройства, что впоследствии обязательно повлияет на обоснованность выдаваемых рекомендаций. Может оказаться, что некоторые теоретические выводы как бы повиснут в воздухе, опираясь на весьма сомнительную и недостаточно исчерпывающую аргументацию. Скорее всего, возникнут трудности внедрении научных результатов.

Если $N_y < 3$, то проблема практически не стратифицирована или стратифицирована минимально возможным образом. Не выявлено место изучаемой системы в надсистеме, или не вскрыто ее внутреннее устройство. Исследования нельзя в полной мере признать системными.

Когда $N_y > 7$, возможны два варианта: либо один и тот же уровень выделен несколько раз, но под разными названиями,

либо сделан существенный шаг в познании структурного устройства изучаемой системы. Такая ситуация должна стать предметом более глубокого и обстоятельного изучения.

В основе этого правила лежит принцип семеричности, известный еще со времен античности (семь дней в неделе, семь музыкальных нот, семь цветов радуги, семь кругов ада и т.п.). Согласно этому принципу, возможности человека по одновременному и согласованному восприятию наблюдаемых явлений ограничиваются семиуровневым порогом. Явления, представленные числом уровней, большим семи, воспринимаются и, следовательно, осознаются плохо, а явления, описанные менее чем на трех уровнях, считаются не доопределёнными.

Фактически, принципом семеричности фиксируется развитость мыслительного аппарата человека по восприятию и осмысливанию структурных свойств окружающего мира. Как известно, психологи различают у человека кратковременную и долговременную память, причем вся информация о внешнем мире поступает в долговременную память через кратковременную [Линдсей, Норман, 1974]. Это означает, что целостное восприятие базируется на информации, содержащейся в кратковременной памяти. Экспериментально установлено, что у современного человека она имеет семь блоков, которые обеспечивают хранение не более семи структурных массивов однородной информации [Миллер, 1964; Клацки, 1970].

3.2. Целостность

Целостность исторически выступает родовым признаком системы. Формальное содержание этого признака заключается в следующем. Объект, состоящий из нескольких выделенных частей, обладает целостностью, если: а) в нем в результате взаимодействия частей образуется новое качество (общесистемное свойство), отсутствующее у частей; б) каждая составная часть приобретает иные качества (системные свойства компонентов)

по сравнению с качествами, присущими этим же частям вне данного объекта.

Таким образом, признак целостности отражает особенность не всякого, а определенного целого, такого, где достаточно выражено единство и где обязательно имеются выделенные части, влияющие друг на друга. Простое механическое вычленение какого-либо объекта из такого целого приводит к тому, что исследователь получает другой объект, но не тот, который он намеревался изучать. Еще Аристотель образно указывал по этому поводу, что рука, отделенная физически от тела, – это уже не рука.

С целостностью тесно связано понятие эмерджентности (произв. от лат. *emergo* – возникаю). Эмерджентностью называется возникновение новых связей и свойств при объединении элементов в подсистемы, подсистем в систему. Сущность этого явления заключена в накоплении и усилении одних свойств компонентов одновременно с нивелированием, ослаблением и скрыванием других свойств за счет их взаимодействия. Эмерджентность можно трактовать как механизм, обуславливающий проявление гегелевского закона перехода количества в качество.

Интуитивное осознание целостности окружающего нас мира воплощено в художественных творениях великих мастеров эпохи Возрождения Микеланджело Буонарроти и Леонардо да Винчи. Попытки научного осмысления феномена целостности находят свое отражение в философских учениях Эммануила Канта и Георга Вильгельма Фридриха Гегеля. Эмпирическое понимание целостности природы присутствует в трудах естествоиспытателей девятнадцатого столетия Чарльза Дарвина и Александра Гумбольдта. Однако фундаментальные исследования механизмов образования и сохранения целостности в системах живой и неживой природы начались только в первой четверти XX века.

Загадочные механизмы целостности психологического восприятия человеком внешнего мира подверглись экспериментальному и теоретическому изучению в системном направлении психологии – гештальтпсихологии [Вертгаймер, 1980, 1987]. В

результате этих исследований были выявлены более ста штампов (гештальтов восприятия), с помощью которых человек преобразует в своей психике отдельные сигналы внешнего мира в целостные образы. Далее было доказано, что люди и животные, организованные в систему, воспринимают внешнюю ситуацию и ведут себя совершенно иначе, чем в случае их разобщенности. Другими словами, системные психологические механизмы и коллективное поведение формируются и развиваются по иным законам, чем индивидуальная психика и персональное поведение. Вместе с тем, они коррелированы, обуславливая и определяя, друг друга, – формируя то, что называют целостностью социальных и биологических систем.

Механизмы образования целостности физических объектов были вскрыты Нильсом Бором в результате анализа взаимодействий внутри многоатомных молекул вещества. Оказалось, что при образовании химических соединений электроны атомов не локализуются вокруг ядер, а распределяются особым вероятностным образом по всей системе. Каждый электрон можно обнаружить в любой точке химического соединения с определенной, пусть ничтожно малой, вероятностью. В результате все электроны веществ, вступающих в химическое взаимодействие, становятся как бы «коллективизированными», принадлежащими уже не одному какому-то определенному атому индивидуально, а всей образовавшейся молекуле, всем составляющим ее атомам сразу. Именно в этом современная квантовая химия видит главную причину особой целостности даже самых простейших – двухатомных молекул [Акчурин, 1974].

Начало изучения целостности экологических систем, то есть систем, образованных взаимоотношениями человека с объектами живой и неживой природы, было положено трудами В.И. Вернадского [Вернадский, 1926]. В них убедительно показано, что человек и природа не только взаимосвязаны, но в этой системе уже совсем скоро не останется «резервных» элементов, то есть природных объектов, исчезновение которых из-за деятель-

ности человека не вызовет обратной реакции со стороны природы. Именно эта ответная реакция составляет основу механизма восстановления целостности экосистем, возможно, с самыми негативными последствиями для человечества.

Любое системное исследование, так или иначе, связано с нарушением целостного представления изучаемой системы. Не расчленив систему на части, невозможно понять сути целого, но всякая декомпозиция приводит к потере целостности и требует немалых сил и умений, чтобы восстановить целостный взгляд на сущность изучаемого объекта. В конечном счете, потеря целостности выливается в дополнительные объемы исследовательских работ, требующие сверхнормативного финансирования. В реальной жизни это означает, что перед заказчиком всегда стоит дилемма: повременить с принятием окончательного решения по данной проблеме и продолжить исследования или прекратить их, ограничившись полученными результатами, и выбрать предпочтительный курс действий на свой страх и риск.

3.3. Связанность

Связанность рассматривается как признак, свидетельствующий о том, что целостные свойства изучаемого объекта и особые свойства его частей формируются за счет межкомпонентных (внутриуровневых и межуровневых) отношений, взаимодействий и связей. Уточним, что имеется в виду под понятиями «отношение», «взаимодействие» и «связь».

Отношение – общенаучное понятие, используемое в системном анализе для соотнесения одного объекта с другим. Количество типов взаимоотношений между объектами различных систем бесконечно велико. В табл. 3.1 и 3.2 приведены типологии отношений с точки зрения логики-лингвистики и формальной логики, соответственно [Поспелов, 1975, 1981].

**Типология отношений с точки зрения
логико-лингвистики**

№ пп	Наименование и содержание	
1.	Падежные	Связывают предикат как основу действия, определяемого предложением, с остальными словами. Например, в предложении «вынуть мяч из корзины» слово «вынуть» – предикат, им устанавливается предикатное отношение «вынимать» между двумя объектами (понятиями) – «мяч» и «корзина»
2.	Характеристические	Связывают характеристику с объектом и характеристику с ее значением. Например, в предложении «температура воздуха 5 ⁰ С», характеризуемым объектом является «воздух», характеристикой – «температура», а значением характеристики – «5 ⁰ С». Они связаны отношениями «быть характеристикой» и «иметь значение»
3.	Причинно-следственные	Связывают понятия, одно из которых является причиной, а другое следствием и выражаются словами: если «А», то «В» или из «А» следует «В»
4.	Временные	Абсолютные устанавливаются между объектами и отрезками (точками) временной оси
		Относительные устанавливаются между объектами связками «быть раньше», «одновременно», «быть позже» и др.
5	Топологические	Связывают объекты с точками какой-либо системы координат либо указывают на их взаимное расположение: «быть впереди», «быть сзади», «располагаться левее» и т.д.
6	Иерархические	Указывают на то, что один объект является составной частью другого объекта или что одно понятие определяется через другие понятия. Выражаются словами «принадлежать к классу», «быть частью» и т.п.

Т а б л и ц а 3.2

Типология отношений с точки зрения формальной логики

№ пп	Наименование взаимоотношения	Формальная запись
1.	Логическое «И»	$A \& B$ или $A \wedge B$
2.	Логическое «ИЛИ»	$A \vee B$
3.	Логическое отрицание	$\neg A$
4.	Логическое следование или импликация	$A \rightarrow B$
5.	Равносильность или эквивалентность	$A \sim B$ или $A \equiv B$

Когда отношения между субъектами рассматриваются обоюдно, термин «отношение» заменяется на – «взаимоотношение». В табл. 3.3. приведена типология взаимоотношений между системами эргодического типа, построенная на основе информационно-функционального подхода к анализу явлений [Дружинин, Конторов Д., Конторов М., 1989].

Т а б л и ц а 3.3

**Информационно-функциональная типология
взаимоотношений**

Запаздывающие	Опережающие	Одновременные
Стабильные	Нестабильные	
Детерминированные	Стохастические	
Стационарные (установившиеся)	Переходные (неустановившиеся)	
Симметричные	Асимметричные	
Затухающие	Постоянные	Периодические
С памятью	Без памяти	Смешанные
Частично открытые	Открытые	Закрытые
Программные	Адаптивные	Рефлексивные

Типы взаимоотношений, приведенные в табл. 3.3, по-видимому, не нуждаются в особых пояснениях. Объясним лишь некоторые из них. Взаимоотношения считаются открытыми, если все функции общающихся сторон (кроме текущих управле-

ний) заданы точно и полностью известны всем сторонам, а закрытыми – если каждая сторона знает все о себе, но ей неизвестны цели и намерения других сторон. Программными называются взаимоотношения, при которых стороны действуют строго плану или следуя какому-либо закону. В случае адаптивных взаимоотношений стороны приспособляются друг к другу, а при рефлексии они навязывают друг другу линии поведения или траектории движения.

В табл. 3.4 приведена критериальная типология взаимоотношений [Дружинин, Конторов Д., Конторов М., 1989], которая в разделе 6.3 получит свое формальное выражение и будет использована для моделирования динамики конфликтов.

Т а б л и ц а 3.4

Критериальная типология взаимоотношений

Тип	Разновидность	Форма проявления взаимоотношения
Противодействие	антагонизм	Достижение цели одной стороной исключает достижение цели для другой стороны
	строгое	Стороны оказывают отрицательное влияние друг на друга
	нестрогое	Стороны оказывают отрицательное влияние друг на друга, но способны на основе компромисса достичь своих целей, хотя возможно не в полной мере
	одностороннее	Одна сторона оказывает негативное влияние на другую сторону, а она не оказывает никакого влияния на первую
Содействие	единство	Цели сторон сливаются в одну общую цель
	симбиоз	Стороны объединены единством цели, но вклад в ее достижение у каждого из них различен
	содружество	Цели сторон различны, но эти различия не выходят за рамки договоренностей
	коалиция	Допускается частичная противоречивость интересов сторон по второстепенным вопросам
	одностороннее	Одна сторона оказывает позитивное влияние на другую сторону, а другая не оказывает влияния на первую

Эксплуатация	нормальная	Несмотря на существующие разногласия, стороны достигают целей, но одна сторона за счет другой
	антагонистическая	Несмотря на наличие содействующего компонента, стороны не могут совместно достичь своих целей (одна из сторон выигрывает, другая проигрывает)
	доброжелательная	Обе стороны выигрывают, но одна больше другой, то есть за счет другой
	злобная	Каждая из сторон предпочитает проиграть в расчете на то, что другая сторона проиграет еще больше
Нейтралитет	полный	Стороны не оказывают взаимного влияния друг друга
	фиктивный	Отсутствует непосредственное взаимовлияние сторон, но существует опосредованное взаимовлияние через третью сторону

В табл. 3.5. приведена типология отношений с точки зрения управления в системах организационного типа, которая используется для построения моделей анализа и оптимизации организационно-управленческих структур [Баркалов и др., 2009].

Т а б л и ц а 3.5

**Типология отношений с точки зрения управления в
системах организационного типа**

№ пп	Отношение	Между кем и кем?
1.	Командования	Начальник – подчиненный
2.	Руководства	Руководитель – исполнитель
3.	Координирования	Координатор – координируемый
4.	Согласования	Начальник – начальник Руководитель – руководитель
4.	Контролирования	Контролер – контролируемый
5.	Информирования	Источник – потребитель информации
6.	Связывания	Отправитель – получатель сообщений

Взаимодействие (взаимное воздействие) – процесс перемещения вещества, энергии и информации между объектами, имеющий результат. Современная наука выделяет следующие виды взаимодействий (см. табл. 3.6): вещественно-энергетические (механическое, гравитационное, электромагнитное, ядерное слабое, ядерное сильное) и информационное.

Т а б л и ц а 3.6

Виды взаимодействий

Название		Между кем и кем?	Частицы – переносчики (виртуальные частицы)
Вещественно-энергетические	Механическое	Между всеми макрообъектами	Сами объекты
	Гравитационное	Между объектами, имеющими массу	Гравитоны
	Электромагнитное	Между объектами, имеющими заряд	Фотоны
	Ядерное - слабое	Между микрочастицами со спином 1/2	Бозоны
	Ядерное - сильное	Между кварками и другими глюонами	Глюоны
Информационное		Между всеми объектами	Информоны

Механическое взаимодействие известно с глубокой древности, но только в XVII веке Исааку Ньютону удалось сформулировать три закона, или принципа, которым подчиняются движения тел в результате этого взаимодействия [Ньютон, 1989]. В их основе лежат универсальные категории силы и массы, природа которых не имеет значения, важно, что они есть и могут быть измерены каким-либо способом.

Гравитационное взаимодействие (тяготение) – взаимодействие, проявляющееся в том, что обычные тела и любые физические поля влияют на траекторию друг друга. Если влияние относительно слабое и тела движутся медленно по сравнению со скоростью света в вакууме, то сила F взаимного притяжения материальных точек с массами m_1 и m_2 , находящихся на расстоянии r друг от друга, рассчитывается по формуле $F = Gm_1m_2/r^2$,

где G – гравитационная постоянная (закон всемирного тяготения Ньютона). В случае сильных полей и скоростей, сравнимых со скоростью света, гравитационное взаимодействие описывается созданной Альбертом Эйнштейном общей теорией относительности, в которой тяготение понимается как воздействие физических тел на топологию пространства-времени, приводящее к их искривлению. В свою очередь, это искривление влияет на движение тел и другие физические процессы. В сильном гравитационном поле геометрия трехмерного пространства оказывается неевклидовой, а время «течет» медленнее, чем вне поля. Субстанциональная природа гравитационного поля не выяснена, но в квантовой механике считается, что переносчиком гравитационной силы является частица, которая называется гравитоном.

Электромагнитное взаимодействие – взаимодействие, в котором участвуют частицы, имеющие электрический заряд или магнитный момент. Переносчиком электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами является электромагнитное поле, точнее, кванты поля – фотоны. Оно определяет взаимодействие между ядрами и электронами в атомах и молекулах вещества, поэтому к электромагнитному взаимодействию сводится большинство сил, проявляющихся в макроскопических явлениях: силы упругости, трения, химической связи и т.д. Электромагнитное поле было открыто в опытах Х.К. Эрстеда и М. Фарадея, описывается уравнениями Дж. К. Максвелла.

Ядерные взаимодействия подразделяются на сильные и слабые. Сильное ядерное взаимодействие представляет собой взаимодействие, которое удерживает кварки внутри протона и нейтрона, а протоны и нейтроны внутри атомного ядра. Переносчиком сильного взаимодействия считается частица, которая называется глюоном. По «силе» оно превосходит электромагнитное взаимодействие примерно в 100 раз. Радиус его действия около 10^{-13} см. Процессы сильных взаимодействий протекают за время, равное примерно 10^{-24} с.

Слабое взаимодействие имеет радиус действия менее 10^{-15} см. Время протекания процессов за счет слабых взаимодействий составляет порядка 10^{-10} с. Оно гораздо слабее не только сильного, но и электромагнитного взаимодействия, однако неизмеримо сильнее гравитационного. Слабое взаимодействие отвечает за радиоактивность (самопроизвольное превращение одного атомного ядра в другое) и существует между всеми частицами вещества со спином $1/2$, но в нем не участвуют частицы со спином 0, 1, 2 – фотоны и гравитоны. До 1967 года слабое взаимодействие было плохо изучено. Но в 1967 г. Абдус Салам, теоретик из Лондонского Империял-колледжа, и Стивен Вайнберг из Гарвардского университета одновременно высказали предположение о том, что в дополнение к фотону существуют еще три частицы со спином 1, которые все вместе называются тяжелыми векторными бозонами, и именно они являются переносчиками слабого взаимодействия. Когда Вайнберг и Салам выдвинули свою теорию, им мало кто верил. Однако через десять лет предсказания, полученные в этой теории, настолько хорошо подтвердились экспериментально, что Вайнбергу и Саламу была присуждена Нобелевская премия [Hawking, 1988].

Информационное взаимодействие стало объектом пристального изучения с того момента, когда человек начал осознавать, что в нашем мире, кроме вещества и энергии, существует еще одна особая субстанция – информация (от лат. *information* – разъяснение, изложение). Первоначально под информацией понимались сведения, передаваемые между людьми устным, письменным или другим способом. Однако с середины XX века благодаря работам Норберта Винера стало ясным, что информационные взаимодействия существуют не только между людьми, но и свойственны всем живым и неживым объектам [Винер, 1964]. Сегодня общепринятым считается положение о том, что информационное взаимодействие составляет основу процессов управления в системах любой природы.

Для понимания единой сущности разнообразных форм информационного взаимодействия (а количество таких форм, по видимому, бесконечно велико) введем в рассмотрение условные частицы – переносчики этого взаимодействия, которые назовем информонами, и отметим их своеобразные свойства, без учета которых едва ли можно рассчитывать на адекватное постижение природы информационного взаимодействия.

Свойство 1. Если рассматривать информоны как частицы, образующие информационную субстанцию и не нуждающиеся в вещественно-энергетическом носителе, то в тех преобразованиях, где участвуют только они, нарушаются законы сохранения, те краеугольные столпы, на которых строится вся физическая картина мира. Иными словами, на информационное взаимодействие не распространяются законы сохранения, свойственные вещественно-энергетическим видам взаимодействия.

Свойство 2. Информоны не связаны ни с астрономическим, ни с внутренним временем, их событийная метрика характеризуется только временем-оператором. Отражением этого свойства является тот факт, что благодаря информонам мы можем заглянуть как в прошлое («увидеть» с той или иной степенью достоверности то, что было), так и в будущее («увидеть» то, что с большей или меньшей вероятностью может быть).

Свойство 3. Информоны инвариантны к пространству в его вещественно-энергетическом понимании. Грубо говоря, ни евклидовой, ни римановой, ни какой-либо другой из известных геометрий в мире инфомонов нет. Вероятно, эти частицы существуют в каком-то своем особом пространстве, имеющем свою геометрию, но оно напрямую не связано с пространствами, характерными для мира вещественно-энергетических преобразований. Прослеживается лишь косвенная связь, обусловленная тем, что информоны связаны с вещественно-энергетическими объектами (источниками, получателями и переносчиками информации).

Из свойств 2 и 3 непосредственно следует, что информационное взаимодействие происходит вне привычного для нас пространства и времени, и связано с ними постольку, поскольку с пространством и со временем связаны источники, переносчики и получатели информации.

Свойство 4. Влияние информонов на вещественно-энергетические взаимодействия заключается в том, что они выступают своеобразным «пусковым крючком», запускающим взаимодействия вещественно-энергетического типа. Отражением этого свойства является «не силовой» характер информационного взаимодействия, при котором объекты – источники информонов оказывают воздействие на объекты – получатели информонов, явно не соизмеримое с их собственной энергетикой.

Из этого свойства следует, что универсальная мера вещественно-энергетических взаимодействий – сила (точнее энергия), не может служить мерой информационного взаимодействия. Поэтому «сила» информационного воздействия измеряется опосредовано через те изменения, которые возникают в вещественно-энергетической сфере вследствие поступления той или иной порции информонов.

Свойство 5. Информоны не обладают набором характеристик, свойственных частицам, участвующих в вещественно-энергетических взаимодействиях: массой, импульсом, физическим объемом, плотностью, напряжением и др.

В силу этого наши органы чувствования, построенные на вещественно-энергетических механизмах, не способны непосредственно (напрямую) воспринимать информоны. Более того, если мы вооружимся любыми самыми экзотическими приборами, построенными из вещества и приводимыми в движение энергией, то все равно не воспримем информоны в чистом виде.

При информационном взаимодействии «человек-человек» и «человек-природа» основными переносчиками информонов выступают звуковые и электромагнитные волны. Информоны «сажаются» на них путем так называемой модуляции, то есть за счет

изменения частоты, амплитуды или фазы основного (несущего) колебания. Мы воспринимаем волны-носители с помощью зрения и слуха, затем их детектируем («ссаживаем» информоны с носителя), и далее, применяя, хранящиеся в нашей памяти, кодировочные программы, получаем порции информонов, с которыми производим различные преобразования: анализируем на предмет достоверности, узнаем образы, устанавливаем смысл и т.д. У каждого из нас свои кодировочные программы, формируемые в процессе обучения и социализации. Поэтому каждый из нас реагирует на порции полученных информонов по-разному.

В целом следует заключить, что информационное взаимодействие еще мало изучено. Здесь все еще впереди. Но бесспорен тот факт, что наука стоит на пороге, за которым находится интереснейший и необычный мир, познание которого выведет человечество на новый виток эволюции, подобно тому, как это произошло после изобретения паровой машины, появления рукотворного электричества и открытия ядерной энергии.

Какие же конкретные результаты можно получить при таком субстанциональном подходе к изучению информационного взаимодействия?

Во-первых, такой подход позволит не на умозрительном, а на научном уровне понять, почему в конце XX века мы стали называть себя информационным обществом. Действительно, сегодня мы наблюдаем беспрецедентное внедрение информационных технологий в нашу жизнь. Мы уже не мыслим себя без телевидения, радио, компьютера, интернета, сотовой связи. Но это все частности и не более чем начальный шаг постижения и практического использования информационной субстанции. Общая тенденция заключается во все более полном вхождении человечества в мир информационной субстанции, когда к информационным преобразованиям мы начинаем относиться так, как относимся к преобразованию вещества и энергии. Изобретая механизмы преобразования информации, и, используя их в своих целях, человек без применения силовых воздействий начина-

ет управлять движением вещей. В частности: возникают информационные биржи и торговые площадки, формируются и функционируют информационные банки валют и расчетные карточки, создаются виртуальные библиотеки и музеи. Особое место в этом ряду занимают информационные войны, цель которых обеспечить превосходство в управлении и тем самым способствовать победе над противником или конкурентом.

Во-вторых, такой подход скорректирует направления генетических исследований. В настоящее время методами генной инженерии пытаются клонировать человека. Спрашивается, что клонируют? Клонировут тело, вещество, оставляя в стороне вопрос, а какие при этом трансформации происходят с информационной сущностью клонируемого объекта. Ученые-генетики изучают молекулы, их состав, особенности, связи и все прочее, но не постигают информационную сущность процесса передачи наследственности. А ведь, по сути дела, гены – это только носители наследственной информации, которая передается от родителей к детям, от клонируемых к клонируемым. Именно информационные, а не молекулярно-генные преобразования, является тем механизмом, который собственно и реализует процесс наследования свойств и качеств. А если наследуемая информация обладает свойством мутации. Что тогда? Неизвестно. Следовательно, изучив человека на молекулярно-генетическом уровне, нельзя считать научно обоснованными рекомендации по его клонированию. Последствия такой операции непредсказуемы и могут оказаться губительными для всего человечества.

В-третьих, представление информации как субстанции даст толчок к созданию принципиально нового более эффективного программно-математического обеспечения компьютеров. Сегодня разработчики такого обеспечения идут по пути паллиатива, ориентируясь на понимание психики в основном как интеллекта. Однако наша психика содержит не только интеллектуальные механизмы обработки информации. В ней присутствуют, по меньшей мере, еще и инстинктивные, рефлексные и интуитив-

ные механизмы, позволяющие человеку совместно с интеллектом ориентироваться и принимать решения в очень сложных ситуациях. Пока эти механизмы не имитируются компьютерными программами, в результате чего уровень развития компьютерных информационных технологий существенно уступает уровню развития информационных технологий, реализуемых в психике человека.

В-четвертых, субстанциональное понимание информации откроет путь к более полному пониманию экологических проблем, стоящих перед человечеством. Во всех экосистемах, помимо вещественных и энергетических взаимодействий, присутствует информационное взаимодействие. Намеренное или ненамеренное нарушение этого взаимодействия ведет к экологическим катаклизмам, которые негативно отражаются не только на природе, но и нас с вами. Возникает проблема информационной экологии, то есть защиты природных экосистем от вредного информационного воздействия со стороны человека, и соответственно, – человека от негативных информационных воздействий со стороны природы. В настоящее время эта проблема не осознана и научных исследований в этом направлении практически не ведется.

В-пятых, субстанциональный подход к пониманию информации позволит вывести одну из важнейших наук о человеке – психологию на более высокий уровень развития, позволяя перейти от методологии «черного ящика» к построению моделей анатомии и физиологии психики (подробнее см. прилож. «Б»).

Связь – общенаучное понятие, трактуемое в системном анализе трояким образом: а) как ненасыщенное физическим содержанием взаимодействие; б) как коммуникационный канал, с помощью которого реализуются отношения между объектами; в) как способ отображения функциональных зависимостей между состояниями объектов.

Возможная (далеко не полная) типология связей представлена в табл. 3.7.

Типология связей

Однозначные	Многозначные	Неопределенные
Прямые	Обратные	
Непосредственные	Опосредованные	
Линейные	Нелинейные	
Облигатные	Не облигатные	
Явно выраженные	Неявно выраженные	
Элементарные	Составные	
Рациональные	Иррациональные	
Непрерывные	Разрывные	
Односторонние	Двухсторонние	Многосторонние

* * *

Итак, отношения, взаимодействия и связи представляют собой различаемые по формальному признаку, но взаимно образующие и взаимно обуславливающие понятия, образующие предметный базис системно-аналитических исследований. Можно даже сказать, что системный анализ – это наука о межсистемных и внутрисистемных связях, взаимодействиях и отношениях, а также об их влиянии на эффективность и качество функционирования систем.

В системных аналитических исследованиях не ставится и не решается задача описания (моделирования) изучаемых явлений и процессов с точностью до видов взаимодействий, но агрегированное понимание физической сущности анализируемых связей и отношений необходимо. Иначе теряется содержательный аспект исследований. Модель явления становится либо абстрактной (как в математике), либо приобретает черты неопределенности и неоднозначности, как это имеет место в гуманитарных науках, которые называются неточными не потому, что в них нет математики, а потому, что в них отсутствует понимание физической сущности взаимодействий в изучаемых объектах и явлениях.

3.4. Неаддитивность

Неаддитивность (произв. от лат. *additivus* – получаемый путем сложения) как признак системы проявляется в том, что свойства изучаемого объекта невозможно свести к свойствам его частей, а также вывести лишь из них. Этот признак в несколько иной интерпретации можно выразить формулой: если изучаемый объект представляется в данном исследовании как система, то при любом способе разделения такого объекта на части невозможно выявить его целостные свойства.

Формально признак неаддитивности может быть истолкован следующим образом. Пусть движение некоторого объекта задано семейством уравнений $dx_i/dt = f_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $i, k = 1, \dots, n$, где $x_i \in X$ – переменные n -мерного пространства X , в котором происходит движение объекта; $x_i = x_i(t)$. Тогда, если функцию $f_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$ можно разложить в сходящийся функциональ-

ный ряд вида $\sum_{j=1}^{\infty} u_j^k(x_1, x_2, \dots, x_n)$, то такой объект по определе-

нию не может быть отнесен к классу реальных систем. В этом случае говорят, что объектом изучения выступает суммативная или интегрируемая система. Физики и математики всегда стремились свести задачу моделирования реальных систем к интегрируемым системам. И это понятно – стоит найти преобразование, приводящее исходные уравнения к семейству функциональных рядов, как задача интегрирования (решения уравнений) становится тривиальной. Однако на практике такие модели как правило не адекватны действительности, и результаты расчетов приходится дополнять эвристическими соображениями.

В исследовательской практике нарушение признака неаддитивности имеет место при попытках оценить эффективность системы (E_C) в виде суммы взвешенных частных эффективностей

ее компонентов (E_i): $E_C = \sum_{i=1}^N K_i \times E_i$, где K_i – нормированные ко-

эффиценты, учитывающие «вклад» каждого компонента в эффективность системы ($\sum_{i=1}^N K_i = 1$), N – количество компонентов, составляющих данную систему. Такой подход к пониманию эффективности – грубое упрощение, справедливое только применительно к суммативным системам. Эффективность любой реальной системы представляет собой весьма сложную функцию от частных эффективностей ее компонентов, которую можно выразить в аналитической форме лишь в исключительных случаях. Как правило, задать такую функцию удастся только в модельном виде.

Неаддитивность является следствием так называемого синергетического эффекта (от греч. *synergeia* – содружественное, совместное), физический смысл которого состоит в следующем. В процессе взаимодействия объектов, объединенных в систему, происходит их самосинхронизация: под воздействием либо внешних, либо внутренних факторов они начинают вести себя таким образом, что поведение каждого отдельного компонента приобретает согласованную направленность. Их действия становятся когерентными (от лат. *cohaerentia* – сцепление, связь), или кооперативными (от лат. *cooperatio* – сотрудничество). Результирующий эффект такого когерентно-коллективного действия получается иным, нежели простая сумма эффектов действий каждого компонента в отдельности. Так, если речь идет о синергетическом «сложении» мощностей, то когерентность выражается в том, что система начинает черпать дополнительную энергию из окружающего пространства и концентрировать ее в нужном направлении. В результате суммарная сила действия превышает сумму действий частей.

В социологических исследованиях известен так называемый фактор толпы, представляющий собой не что иное как проявление синергетического эффекта в системе, состоящей из множества людей с самогенерируемым кооперативным поведением.

Простейшим примером, объясняющим возникновение синергетического эффекта в технике и в природе, может служить резонанс – явление резкого возрастания амплитуды электрических, механических и других колебаний в системе, когда частота ее собственных колебаний совпадает с частотой колебаний внешней силы. Резонансы нарушают простоту движения систем, и приводят к тому, что периодическое или почти периодическое движение переходит то в случайное, то в детерминированное. Описать такое движение аналитическими функциями классической динамики становится уже невозможным.

Такое математическое явление получило специальное название – «катастрофа Пуанкаре» [Пригожин, 1985]. Физический смысл этого явления заключается не только в нарушении регулярности движения и в образовании «случайной» траектории. В тех областях фазового пространства, где математические модели динамики претерпевают катастрофу Пуанкаре, присутствуют зоны кризиса с «аномальными» свойствами. Проходящие через них траектории никогда не пересекаются. В сколь угодно близких точках этих зон можно наблюдать различные типы движений. Траектории, выходящие из близких точек, могут со временем разойтись сколь угодно далеко (нарушается эргодичность движения), и наоборот, удаленные траектории могут сойтись сколь угодно близко (восстанавливается эргодичность движения). Зоны кризиса – *«это мир Процесса, а не окончательного мертвого равновесия, к которому ведет Процесс, и это вовсе не такой мир, в котором все события заранее predetermined вперед установленной гармонией, существовавшей лишь в воображении Лейбница»* [Винер, 1967]. Катастрофа Пуанкаре наблюдается в подавляющем большинстве динамических процессов и играет важную роль в понимании того, что движение – не просто атрибут материи, а тройственный процесс взаимодействия эволюции, самоорганизации и конфликтности.

Неаддитивный характер взаимодействия компонентов, образующих систему, порождает известный парадокс: не расчленив

систему на части, очень трудно ее изучать, но, обособив составные части, можно легко потерять суть целого и неправильно установить свойства частей. Выход из такого положения, который предлагает теория системного анализа, состоит в организации исследовательского процесса в виде поэтапного разукрупнения изучаемого объекта на эшелоны, страты и слои с одновременным установлением связей между ними за счет организации итеративных циклов (подробнее см. раздел 9.3).

Резюме. Можно считать, что изучаемый объект представлен в данном исследовании как система, если он идентифицируется по признакам расчленимости, целостности, связанности и неаддитивности, а само исследование относится к классу системно-аналитических, если процедурно оно строится без нарушения положений этих признаков.

Об указанных признаках написано немало научных трудов, но всякий раз необходимо возвращаться к этим фундаментальным понятиям, уточняя их содержание и сверяя трактовку с вновь получаемыми научными и практическими результатами. Как подтверждает опыт исследований, независимо от природы системы, а также от позиции исследователя, забвение любого из четырех признаков, их недоучет или несвоевременный учет влекут за собой ошибки и просчеты. Они проявляются в том, что, казалось бы, правильно поставленная и верно разрешенная проблема «вдруг» начинает порождать новые еще более сложные проблемы. Причем, чем выше уровень проблемы и ее социальная значимость, тем тяжелее последствия промахов.

ГЛАВА 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

В практике системно-аналитических исследований термин характеристики трактуется как набор означенных параметров, позволяющих получить достаточно полное представление об изучаемой системе. При этом степень достаточности и полноты заранее не устанавливается, а определяется в процессе исследования исходя из поставленных целей и задач, а также соотносясь с природой объекта изучения. Однако это не освобождает теорию от обобщающего рассмотрения вопроса о характеристиках системы, то есть выделения тех из них, которые присущи любой системе и не связаны с ее природой. К числу таких характеристик относятся: функции, эффективность, состав, иерархия, морфология, структура, состояние и поведение системы.

4.1. Функции и эффективность

Функцией системы (от лат. *functio* – отправление, деятельность) называется совокупность результатов воздействий, оказываемых данной системой на среду, на другие системы и на саму себя. Этой характеристикой определяются роль, которую играет система в надсистеме, и место, которое она занимает среди окружающих объектов.

Будем различать основную и неосновные функции системы (рис. 4.1). Основная функция – это предназначение системы. Сам факт существования системы предполагает наделение ее основной функцией или предназначением. По мере развития у системы могут возникать другие функции, непосредственно не связанные с ее предназначением, но оказывающие на нее то или иное влияние. Такие функции называются неосновными. Неосновные функции – ситуативные и преходящие, а основная функция – постоянная и непреходящая. Она проявляется в различных формах и свойственна до тех пор, пока существует сама система. Смена основной функции означает коренное изменение

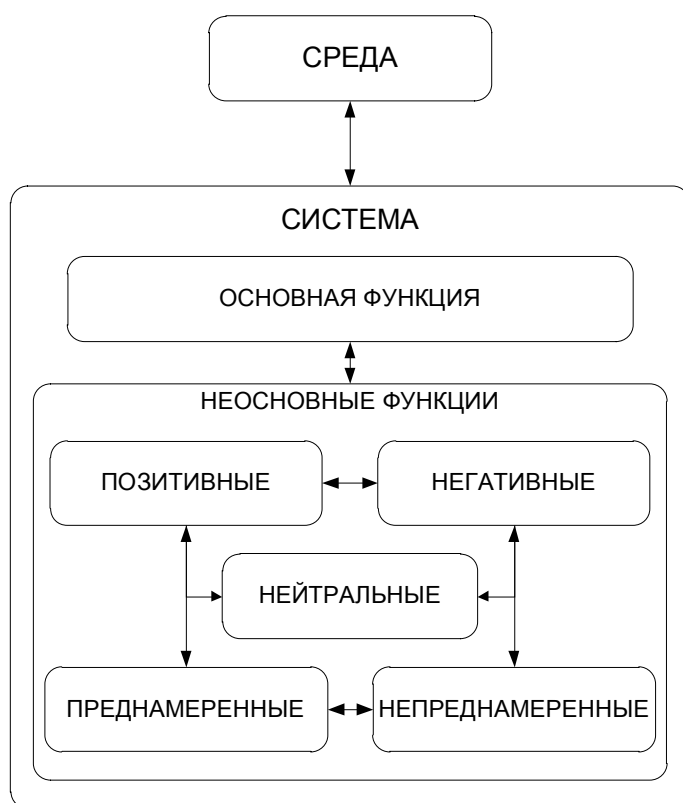


Рис. 4.1. К понятию функции системы

системы и свидетельствует либо о превращении данной системы в другую, либо о том, что она погибла.

По тому, как влияют неосновные функции на способность системы выполнять свою основную функцию, их можно разделить на позитивные и негативные. Позитивные неосновные функции способствуют отправлению системой своего предназначения. Негативные неосновные функции про-

являют себя в том, что препятствуют выполнению системой своей основной функции. Помимо этого целесообразно выделить нейтральные неосновные функции, которые до поры до времени не оказывают существенного влияния на основную функцию, однако следует всегда предвидеть возможность изменения ситуации в ту или иную сторону. В нейтральных функциях скрывается позитивный или негативный потенциал системы, который может проявляться при определенных условиях. Механизм влияния неосновных функций может быть двояким: опосредованным – через среду, когда система провоцирует (преднамеренно или непреднамеренно) негативное или позитивное влияние внешнего окружения на саму себя, и непосредственным, когда система (преднамеренно или непреднамеренно) оказывает негативное или позитивное влияние сама на себя, не затрагивая среду. Чем сложнее система, тем полнее палитра ее неосновных функций, тем более многообразными становятся их взаимосвязи с основной функцией.

Пример. Рассмотрим конкретную систему – персональный компьютер. Его основная функция (по замыслу создателей) состоит в получении, обработке и выдаче разнородной информации, используемой человеком в своей практической деятельности. В частности, при проведении расчетов, печатании и хранении текстов, управлении технологическими процессами и т.п. Но у компьютера в процессе реализации этой, достаточно широкой функции, возникла другая – неосновная, однако не менее значимая функция – экономическая. Содержание этой функции заключено в способности компьютеров приносить доход тем лицам, которые занимаются их производством, обслуживанием и ремонтом. В целом – это позитивная функция. Она способствует развитию компьютерной индустрии и стимулирует повышение потребительских характеристик компьютеров. Как выяснилось уже в ходе эксплуатации персональных компьютеров, у них проявляются негативные неосновные функции непреднамеренного характера. В частности, компьютеры могут наносить вред здоровью пользователя (при долгой работе у монитора снижается острота зрения, появляются головные боли и другие недомогания), или служить источником несанкционированного доступа к информации конфиденциального характера. У компьютера как программно-технической системы отсутствует преднамеренная негативная функция. Однако если рассматривать компьютер совместно с пользователем, то такая функция наблюдается. Речь идет о компьютерных «вирусах», уже сегодня существенно усложняющих «жизнь» почти всем абонентам компьютерной сети Internet. В качестве нейтральной функции можно указать использование компьютеров в качестве интерьера офиса руководителя.

В теории системного анализа постулируется: любая система, вне зависимости от ее природы, обладает основной и неосновными функциями – позитивными, негативными и нейтральными, преднамеренными и непреднамеренными. Причем часть из них проявлена, а другая часть скрыта как от самой системы, так

и от исследователя. Чаще всего в изучаемой системе скрыты какие-то неосновные функции или неясны их связи с основной функцией. Однако нередко ситуации, когда неизвестна или априори неверно определена ее основная функция. Поэтому любое системное исследование начинается с установления (уточнения) основной функции изучаемой или проектируемой системы, когда она рассматривается как «черный ящик», функционирующий в составе надсистемы и заданный характеристиками, известными на данный период времени. Более того, уточнение функций и выявление характера их взаимосвязей должно проводиться на всех этапах системного анализа и только по его завершении представляется возможным ответить на вопросы: «Какое место занимает данная система в надсистеме? Каково ее истинное предназначение? Какие дополнительные взаимоотношения могут существовать между объектом анализа и окружающей средой? Каков характер их влияния на основную функцию системы? Каким образом можно снизить негативные проявления неосновных функций? Как можно повысить влияние позитивных составляющих?».

Эффективность. С функциями системы тесно связано такое понятие, как ее эффективность (от лат. *effectus* – исполнение). Под эффективностью системы понимается количественная или качественная характеристика, позволяющая судить о степени выполнения системой присущих ей функций. В частном случае, когда основная функция системы выражается через ее целевую направленность, эффективность отражает степень достижения системой своих целей. Частность следует понимать в том смысле, что понятия функции системы и цели системы не являются синонимами. Конечно, целенаправленность (в ее широком, а не в узком социальном смысле) есть атрибут любой системы. Но процесс функционирования системы определяется не только ее целями, то есть заданными каким-либо образом состояниями, в которые она стремиться попасть, а еще целым рядом других факторов. К ним относятся: условия функционирования систе-

мы; ресурсные возможности, которыми она располагает для совершения действий; возможные способы действий и временной интервал, в течение которого система реализует свои функции. Кроме того, понятием цели не охватываются все многообразие функций системы, в частности, остаются в стороне неосновные функции непреднамеренного характера, весьма существенно влияющие на ее эффективность. Не менее важным является также и то, что существует достаточно большой класс систем, обладающих вполне определенной основной функцией, но не имеющих постоянных целей функционирования. Это – самоорганизующиеся системы. Попытки оценить эффективность самоорганизующихся систем только с целевых позиций приводят к несостоятельности выводов, вытекающих из результатов оценки. Так, может оказаться, что вполне процветающая система будет обладать нулевой целевой эффективностью. Или, наоборот, система, достигающая своих целей с очень высокой эффективностью, может оказаться несостоятельной в плане выполнения своей основной функции – предназначения. Поэтому в общем случае эффективность системы предпочтительнее связывать не с ее целенаправленностью, а со всем комплексом присущих ей функций. В том же случае, когда эффективность системы из каких-либо соображений выражается через ее цели, необходимо специально оговаривать, какие функции имеются при этом в виду, а также выбирать интервалы времени, на которых цели функционирования системы остаются неизменными.

Эффективность анализируемой системы характеризуется показателями – количественными величинами или качественными понятиями, с помощью которых можно оценивать системы и сравнивать их между собой. В системном анализе показатели эффективности не выводятся (например, аналитически), а подбираются и назначаются в результате поиска компромисса между заказчиком и исполнителем. Субъективизм при этом неизбежен. Проблема состоит в устранении не субъективизма, а произвола при назначении показателей. Для устранения произ-

вола выбираемые показатели должны удовлетворять условиям представительности, чувствительности и полноты. Представительность означает, что показатель эффективности должен предоставлять заказчику возможность осознанно принимать решения относительно линии своего поведения после получения результатов научных исследований. Выбранный показатель эффективности обладает свойством полноты, если в нем находят свое отражение наиболее существенные стороны изучаемой системы, как по представлениям заказчика, так и исполнителя. Под чувствительностью понимается способность показателя эффективности реагировать на изменения характеристик объекта изучения в рамках заданных вычислительных погрешностей.

Категория эффективности системы имеет двойственную природу. С одной стороны, эффективность имманентно присуща самой системе, а с другой – связана со свойствами надсистемы и является характеристикой, внешней по отношению к данной системе. Двойственная природа эффективности определяет два подхода к формированию показателей эффективности – телеологический (от греч. *teleos* – достигший цели) и естественно-физический. При телеологическом подходе оцениваемая система рассматривается с позиции интересов надсистемы. Ее эффективность трактуется как мера влияния (положительного или отрицательного, преднамеренного или непреднамеренного), оказываемого системой на функционирование надсистемы. Конкретное содержание системы при таком подходе уходит на второй план, и показатели эффективности носят, как говорят, функциональный характер. Примерами показателей этого вида могут служить: процент выполнения планового задания предприятием, вероятность достижения цели воинским подразделением в бою, математическое ожидание успеха финансовой операции и т.п. В сущности, при телеологическом подходе задача выбора показателей эффективности системы переносится в исследование надсистемы. К достоинствам функциональных показателей относят их интуитивную приемлемость для заказчика и однознач-

ность связи с функциями системы, а к недостаткам – неоднозначность связи с внутренними характеристиками системы и отсутствие инвариантности, то есть зависимость эффективности от условий функционирования системы (одна и та же система может иметь разную эффективность в зависимости от того в состав какой надсистемы она входит).

Что касается естественно-физического подхода, то в его основе лежит очевидная схема: если взаимодействия между компонентами системы и между системой и надсистемой имеют физическую природу, то практически приходится иметь дело с физическими величинами, которые можно измерять. А это означает, что показатели эффективности должны иметь конкретное и вполне реальное физическое содержание (вещественное, энергетическое, информационное). В такой постановке выбор показателей эффективности состоит в сведении многообразия факторов взаимодействия к нескольким, достаточно представительным физическим величинам (например, количеству особей в популяции, коэффициенту полезного действия механизма, весогабаритным параметрам объекта и т.п.). Такие показатели трактуют как переменные или выходные состояния системы. Достоинствами показателей этого типа являются их измеримость и инвариантность по отношению к надсистеме, а недостатки связаны с трудностями установления зависимости между физическими показателями и функциями системы. В практике системно-аналитических исследований используются оба подхода.

Наряду с показателями в системных исследованиях широко используется термин «критерий эффективности». Показатели и критерии эффективности – родственные взаимосвязанные категории. Поэтому часто они употребляются как синонимы, что приводит к путанице. Если показатель – это число или понятие, характеризующее эффективность системы, то критерий эффективности – это правило, позволяющее судить о степени достижения системой поставленных целей либо о качестве выполнения ею своих функций.

Пример. Пусть эффективность системы характеризуется единственным показателем – временем ее реакции $\tau = t_1 - t_0$, где t_0 – момент времени, когда возникла необходимость совершения действия, t_1 – момент исполнения действия. Будем полагать, что чем меньше τ , тем выше качество функционирования системы. Тогда критерий эффективности может быть выражен в виде: система функционирует эффективно, если $\tau < \tau_{кр}$, где $\tau_{кр}$ – критическое время реакции, то есть максимально допустимое время, при котором реагирование еще имеет практический смысл.

Заметим, что одному и тому же показателю могут соответствовать различные критерии эффективности. Так, для рассмотренного примера можно ввести следующий критерий:

$$\begin{aligned}\tau_{\min} < \tau \leq \tau_{кр}^1 &\rightarrow \text{эффективная;} \\ \tau_{кр}^1 < \tau \leq \tau_{кр}^2 &\rightarrow \text{низкоэффективная;} \\ \tau_{кр}^2 < \tau &\rightarrow \text{неэффективная,}\end{aligned}$$

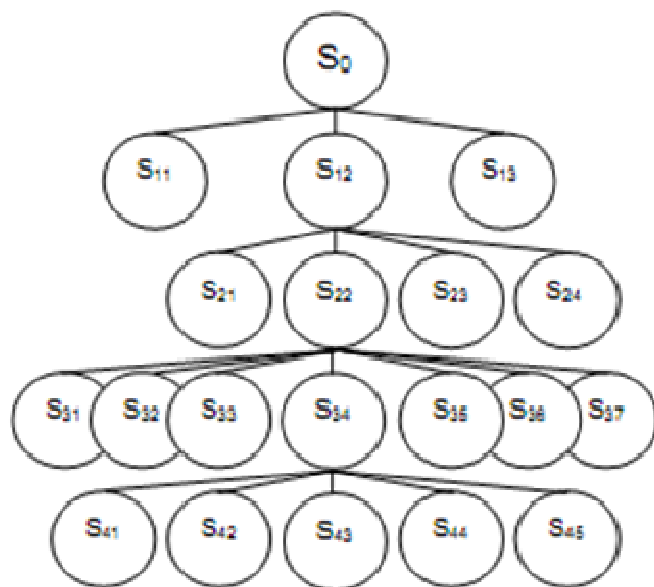
где $\tau_{кр}^1, \tau_{кр}^2$ – критические времена реакции, τ_{\min} – минимально возможное время реакции.

Субъективизм при выборе критериев неизбежен: для любой системы можно всегда подобрать такие критерии, что по одному из них она будет эффективной, а по-другому неэффективной. Поэтому, как и при назначении показателей, речь может идти лишь об устранении произвола при выборе критериев эффективности, ориентируясь при этом на их представительность, полноту и чувствительность, а также соотносясь с конкретными целями и задачами исследования.

4.2. Состав, морфология и иерархия

Состав – это перечень компонентов системы с указанием отношений «часть – целое». Его описывают многоярусным древовидным графом, ярусы которого соответствуют эшелонам, корневые вершины – элементам, промежуточные вершины – подсистемам, наивысшая вершина – всей системе в целом, а ре-

бра – отношения «часть – целое». На рис. 4.2 приведен иллюстративный (упрощенный) пример представления состава такой системы, как персональный компьютер, в виде такого графа. В практике системных исследований подобные описания иногда



Обозначения: S_0 – компьютер; S_{11} – монитор; S_{12} – системный блок; S_{13} – клавиатура + мышь; S_{21} – блок питания; S_{22} – материнская плата; S_{23} – дисководы для дискет; S_{24} – жесткий диск; S_{31} – слот процессора; S_{32} – слот оперативной памяти; S_{33} – сопроцессор; S_{34} – контроллеры и порты; S_{35} – постоянная память (BIOS); S_{36} – AGP и PCI слоты; S_{37} – миниаккумулятор; S_{41} – контроллер клавиатуры и мыши; S_{42} – контроллер дисков и дискет; S_{43} – видеоконтроллер; S_{44} – параллельные порты; S_{45} – последовательные порты.

Рис. 4.2. Пример описания состава компьютера (фрагмент)

называют предметной иерархией. Следует отметить, что без указания страты или слоя анализируемой системы невозможно однозначно установить ее состав. Так, в приведенном примере компьютер рассматривался на технической страте, но если тот же компьютер попытаться представить на программной страте, то его состав изменится. Компьютер будет состоять из различных операционных программ, программы – из подпрограмм, подпрограммы – из блоков, блоки – из модулей и т.д. вплоть до отдельных операций над двоичными символами. Знание состава позволяет ответить на вопрос: «Из каких частей (подсистем и элементов) состоит система на каждом из выделенных уровней?».

В состав изучаемой системы могут включаться пользователи, заказчики, разработчики, а также исследователи. В этом случае они рассматриваются уже не как среда, взаимодействующая с изучаемой системой, а как ее неотъемлемые компоненты. Это необходимо делать тогда, когда отношения, связи, взаимодействия между изучаемой системой и указанными объектами

определяют их эмерджентные свойства. В частности, если речь идет, например, о проектировании специализированной компьютерной сети, то она должна рассматриваться как человеко-машинный комплекс. То есть в ее состав, помимо технических средств, необходимо включать операторов-пользователей и обязательно учитывать их психофизиологические характеристики. В противном случае в результате проектирования может получиться система, не способная эффективно выполнять свои функции. При исследовании этой же сети на экономической страте в ее состав необходимо включать будущего производителя с его производственными и технологическими возможностями, иначе созданная сеть может не соответствовать тому, что было заложено в проект.

Иерархией (от греч. *hieros* – священный + *arhe* – власть) называется многоуровневое представление анализируемой системы с указанием отношений соподчиненности между уровнями (внешняя иерархия) и между компонентами внутри каждого уровня (внутренняя иерархия). Соподчиненность – это особое отношение, указывающее на то, что нижестоящие уровни (компоненты) влияют на деятельность вышестоящих, а последние оказывают организующее воздействие на нижестоящие уровни (компоненты).

Примером, иллюстрирующим сказанное, может служить иерархия биологических систем. Напомним, что в биологии выделяют семь основных уровней организации живой природы: молекулярный, клеточный, тканевый, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный. Кроме того, иногда сюда включают ноосферный уровень. В этой иерархии белковые молекулы являются элементами клеток. В свою очередь, клетки представляют собой элементы тканей, ткани – организмов, организмы – популяций, популяции – биогеоценозов. Различные биогеоценозы образуют биосферу в целом. Для этой иерархии характерным является то, что каждому последующему уровню свойственны свои особые закономерности, не

сводимые к закономерностям предыдущего, низшего уровня. Помимо этого, между всеми смежными уровнями существуют отношения соподчинения. Так, белковые молекулы не только образуют клетки, но формируют их функции. В свою очередь, клетки определяют характер межмолекулярных взаимодействий. Аналогичная по существу картина наблюдается на организменном уровне: клетки и ткани не только образуют организмы, но формируют их функции, а организмы влияют на работу клеток и тканей. Достаточно нарушить работу какой-либо части организма, как происходит перестройка функционирования каждой отдельной клетки.

Для социальных систем также характерно иерархическое многоуровневое построение. Каждая социальная система, например государство, может рассматриваться с точки зрения внешней и внутренней политики, экономики, обороны, национальных особенностей, религии, физико-географических и климатических условий, принятых правовых норм и других. По терминологии, используемой в системном анализе, – это страты. Помимо этого, государству присуще эшелонированное строение: государство в целом, республики, края, области, районы и т.п. Эти уровни существуют не сами по себе, а связаны отношениями соподчинения. Так, политикой в значительной мере определяется экономика данного государства, но одновременно экономика формирует линию поведения высшего политического руководства. В свою очередь, экономикой определяется развитие оборонного комплекса государства, а оборонный комплекс может стимулировать развитие экономики.

Знание иерархии выступает следующим шагом познания изучаемой системы и позволяет ответить на вопросы: «Из каких уровней (страт, слоев, эшелонов) состоит данная система? Какие подсистемы и элементы образуют каждый уровень и как они соподчинены?».

Следует подчеркнуть, что иерархический принцип построения систем вовсе не означает жесткого, беспрекословного под-

чинения низшего высшему. Каждый низший по иерархии компонент должен обладать определенной свободой в выборе своего поведения, соотносясь не только с системными интересами, но и исходя из своих внутренних потребностей. Именно такая свобода есть имманентный фактор развития систем и основное условие, открывающее дорогу их эволюции. Другими словами, иерархия – это планомерное сотрудничество более организованных частей системы с ее менее организованными частями, направленное на их совместное совершенствование.

Морфологией (от греч. *morphe* – форма + *logos* – понятие) называется совокупность компонентов системы с указанием отношений и связей между ними. Иначе, морфология – это характеристика системы, отражающая ее состав, иерархию и связи, реализующие отношения, между уровнями и компонентами. Морфологическое строение систем обычно отображается в виде достаточно сложных схем и формализованных описаний, способы построения которых рассматриваются в специальной литературе [Кузнецов, 1994].

При разработке морфологических описаний систем особое внимание уделяется так называемым обратным связям. Обрат-

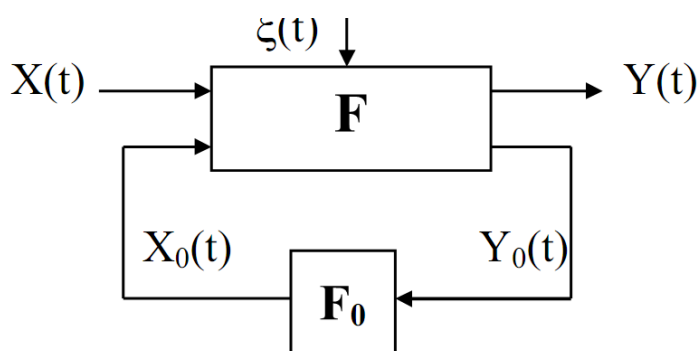


Рис. 4.3. Иллюстрация принципа обратной связи

ная связь – это влияние результатов функционирования системы на характер самого функционирования. Принцип действия обратной связи поясняется схемой, приведенной на рис. 4.3.

На этой схеме символами обозначены: $X(t)$ – входное воздействие, $\xi(t)$ – отклоняющее воздействие, $Y(t)$ – выход (реакция) системы, F – оператор преобразования входного и отклоняющего воздействий в реакцию, $X_0(t)$ – выход обратной связи, $Y_0(t)$ – вход обратной связи, F_0 – оператор обратной связи. Для

простоты будем считать, что $Y_0(t) = Y(t)$, то есть вход обратной связи есть выход системы. Тогда можно записать: $Y(t) = F[X(t), \xi(t), X_0(t)]$, но $X_0(t) = F_0[Y(t)]$, а следовательно, $Y(t) = F\{X(t), \xi(t), F_0[Y(t)]\}$, что означает: при наличии обратной связи выход системы (ее реакция) определяется не только входными и отклоняющими воздействиями, но характером действия обратной связи.

По характеру своего действия обратные связи бывают отрицательными и положительными (рис. 4.4). Отрицательные обратные связи стремятся вернуть систему в устойчивое состояние после отклоняющих воздействий и составляют основу так называемых адаптивных механизмов функционирования систем любой природы. Наличие положительной обратной связи не

устраняет возникающих в системе изменений после отклоняющих воздействий, а напротив, приводит к еще более сильному отклонению системы от своего устойчивого состояния.

Как положительные, так и отрицательные обратные связи бывают детерминированными и случайными, стабильными и нестабильными, сосредоточенными (кумулятивными) и рассредоточенными, запаздывающими и опережающими, усиливающими и ослабляющими (компенсирующими), транслирующими и пре-



Рис. 4.4. Классификация обратных связей

образующими. Содержательная сторона перечисленных типов обратных связей очевидна из их названий. Комбинируясь и наполняясь конкретным содержанием, обратные связи образуют бесконечное множество механизмов, которые формируют целостные свойства систем, а также определяют характер их поведения. Целевое регулирование обратных связей есть управление поведением системы. Это значит, что путем организации новых обратных связей и исключением действующих обратных связей, а так же изменением их характера действия и точек подключения можно формировать потребные свойства системы и устанавливать нужную траекторию ее движения. Так, например, если в какой-либо экономической системе начинают лавинообразно развиваться инфляционные процессы, то это свидетельствует о возникновении в ней положительных обратных связей кумулятивного характера. Прекратить развитие такого процесса можно за счет организации новых отрицательных обратных связей компенсаторного типа. На практике эта операция выливается в комплекс серьезных финансово-экономических и социальных мероприятий по сокращению оборотной денежной массы, перераспределению инвестиционных финансовых потоков, снижению уровня централизации управления экономикой и т.п.

Присутствие в изучаемом явлении обратных связей нарушает причинно-следственную логику его анализа. В таком явлении причина становится следствием и, наоборот, следствие становится причиной. Непонимание такой взаимосвязанности зачастую приводит к постановке вопросов типа «что первично – курица или яйцо» или к возникновению парадоксов, подобных парадоксу «лжеца». На эту особенность природных и общественных явлений указывал еще Сократ. Он говорил, что, следуя формальным правилам логики, можно в любом споре одинаково строго доказать как прямое, так и обратное утверждение. Ошибка заключена не в самой логике, а во взаимосвязанной сущности предмета спора. Для того чтобы правильно ставить и решать взаимосвязанные проблемы, необходимо направить логику рас-

суждений не на победу в споре, а на познание истинного характера связей обратного влияния сущностей, составляющих предмет спора. Следуя Сократу, системные аналитики считают некорректными вопросы типа: «Что первично – бытие или сознание?». Для системного аналитика такие понятия как «бытие», «сознание», «материя», «душа», «дух» не являются предметами политической борьбы или идеологической спекуляции. Они выступают как различные, но причинно взаимосвязанные уровни одного и того же явления – жизни. А потому подлежат не противопоставлению, а изучению модельными, экспериментальными и другими доступными способами. При этом важно, что ситуация причинно-следственной инверсии свидетельствует о существовании в изучаемом объекте самоорганизующихся процессов, иначе – там, где «не работает» линейная причинно-следственная логика, следует ожидать самоорганизацию.

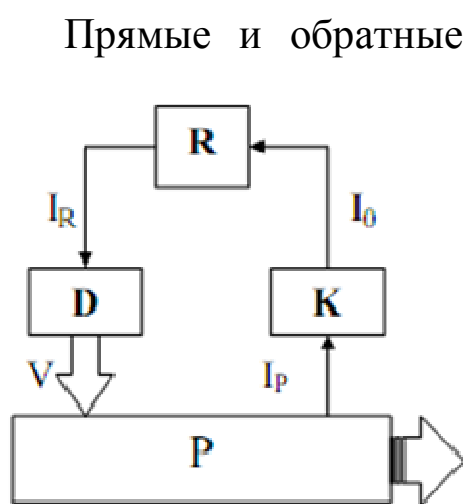


Рис. 4.5. Элементарный контур управления

Прямые и обратные связи реализуются в виде контура управления. В простейшем варианте контур управления состоит из четырех компонентов: управляемого объекта (Р), решателя (R), исполнителя (D) и информатора (K), связанных так, как показано на рис. 4.5. Исполнителями называются компоненты, основная функция которых состоит в непосредственном воздействии на управляемый процесс. Решатели –

это компоненты, которые на основе поступающей к ним осведомительной информации (I_0) принимают решения и вырабатывают распорядительную информацию (I_R). Эта информация в виде команд и распоряжений доводится до исполнителей и преобразуется в воздействия (V), которые изменяют состояние управляемого процесса согласно принятому решению. Информаторами называются компоненты, основная функция которых состоит в добывании первичной информации о состоянии управляемого

процесса (I_p), ее обработке и преобразовании в осведомительную информацию, а также в доведении этой информации до решателя.

В качестве управляемого объекта в социальных системах рассматриваются производственные, технологические, научные, учебные и другие процессы. В биологических системах – это процессы добывания пищи, размножения, поиска места обитания и т.п. В физических системах управляемыми объектами выступают процессы взаимодействия вещества, энергии и информации, обуславливающие движение систем. В любом случае управляемый объект – это процесс, связанный с предназначением данной системы.

При анализе социальных и биологических систем названные компоненты выделяются сравнительно легко. Иная ситуация складывается при изучении физических систем. Для большинства из них пока не найдены «решатели», «информаторы», «исполнители» и, соответственно, не ясна структура контуров управления. В теоретической физике изучаемые системы моделируются так, как будто бы они движутся сами по себе (без управления), подчиняясь лишь определенным принципам. Так, например, предполагается, что движение механических систем происходит согласно принципу Гамильтона. Траектория термодинамической системы определяется вторым началом термодинамики. При этом считается, что отклонения от заданных траекторий вызваны действием случайных факторов [Пригожин, 1985]. Утверждение сомнительное, как будет показано далее, характер движения систем обусловлен не столько случайными, сколько конфликтными факторами.

В зависимости от того, каким образом реализуются связи между компонентами системы, контур управления может быть замкнутым или разомкнутым. Замкнутый контур реализует управление по состоянию управляемого процесса, то есть система управления реагирует на изменения, происходящие в управляемом процессе. В случае разомкнутого контура система

управления может реагировать на все что угодно, только не на состояние управляемого процесса. В социальных системах замыкание контура происходит чаще всего из-за подмены объекта управления. По недомыслию или сознательно в качестве такового выбирается не основной процесс, а, например, деятельность подчиненных (исполнителей) или собственные интересы решателя. Такая система «больна», по сути, она неуправляема. Ее временная жизнеспособность обеспечивается или за счет инерционности основного процесса, из-за отсутствия возмущений этого процесса. Как только исчерпываются силы инерции либо возникают достаточно сильные возмущения, такая система претерпевает катастрофу. Для того чтобы предотвратить катастрофу, требуется перестройка ее морфологии в направлении замыкания контура управления. В социальных системах это всегда трудный и болезненный процесс, связанный с заменой старого управленческого аппарата на новый, но не любой, а способный вывести систему из структурного кризиса.

Помимо крайних (контур управления замкнут или разомкнут), возможны многочисленные промежуточные варианты, когда система реагирует не на все, а лишь на некоторые из возможных состояний управляемого процесса. В этих случаях говорят, что такая система ограниченно управляемая.

Причинами, ограничивающими управляемость, могут быть:

- неполнота первичной или недостоверность осведомительной информации о состоянии управляемого процесса (плохо работает информатор);
- неадекватность решений по управлению процессом его реальному состоянию (плохо работает решатель);
- невосприимчивость исполнителя к распоряжениям решателя и недоступность некоторых параметров управляемого процесса для регулирования (плохо работает исполнитель);
- недопустимо большие задержки во времени реагирования системы на изменения, происходящие в управляемом процессе (плохо организованы информационные коммуникации между

информатором, решателем и исполнителем, или все они работают слишком медленно).

Ограниченная управляемость может быть выгодна некоторым компонентам системы управления (например, тем, кто, находясь в системе, сознательно преследует свои частные цели). О таких компонентах говорят, что они рубят сук, на котором сидят. В любом своем варианте ограниченная управляемость негативно сказывается на функционировании системы. Попадая в сферу действия естественного отбора или конфликта, системы с ограниченной управляемостью не способны выдержать конкуренцию со стороны систем с более высокой управляемостью, а потому часто претерпевают катастрофу или гибнут. В связи со сказанным можно сформулировать следующее утверждение: любая система стремится в процессе своего функционирования обрести морфологию с максимально замкнутыми контурами управления. Не следует, однако, упрощенно понимать это утверждение. Им выражается организационная тенденция, которая далеко не всегда воплощается в конечном результате, поскольку может быть замаскирована или парализована другими тенденциями, вытекающими из конкретных условий.

Итак, знание морфологии еще больше расширяет представления о внутреннем устройстве изучаемой системы и позволяет получить ответы на следующие вопросы: «Из каких частей (уровней, подсистем и элементов) состоит рассматриваемая система? В каких отношениях друг к другу находятся составные части? Какими типами связей реализуются эти отношения? Каким образом управляется система и каково качество контуров управления?».

4.3. Структура

Под структурой (от лат. *structura* – строение, устройство) понимается совокупность устойчивых отношений, связей и взаимодействий между уровнями и компонентами системы, обеспечивающих сохранение ее целостности в условиях внешних и

внутренних возмущений. Это наиболее общая характеристика системы, охватывающая иерархию и морфологию. Соответственно усложняется ее отображение. Поэтому в практике системного анализа, наряду с разработкой структурных моделей систем (отражающих каким-либо способом их полное строение), часто используют типологию структур по: пространственной топологии, характеру развития, типам отношений, видам взаимодействий и характеру связанности (рис. 4.6).

По пространственной топологии выделяют объемные и плоские, рассредоточенные и сосредоточенные структуры. Для



Рис. 4.6. Классификация структур

систем с рассредоточенной структурой характерно равномерное распределение компонентов в пространстве, тогда как в системах с сосредоточенной структурой наблюдаются области сгущения и разрежения. Системы с плоской структурой имеют двухмерную пространственную топологию, а системы с объемной структурой – трех- и более мерную.

Человек воспринимает окружающее пространство как трехмерное. До недавнего времени

считалось, что в этом (евклидовом) пространстве можно описать поведение любого объекта – от галактики до электрона. Однако эксперименты по изучению квантово-релятивистских взаимодействий опровергли эту «непреложную истину». Оказалось, что структуру систем, образованных такого вида взаимодействиями, можно описать достаточно адекватно и логически непротиворечиво только после введения так называемого гильбертова пространства. Это пространство отличается от привычного трехмерного тем, что имеет бесконечное число координат, то есть оно бесконечномерное. Гильбертово пространство – не математическая абстракция. Оно имеет глубокий физический смысл, связанный со спектральными свойствами элементарных частиц. Как уже отмечалось, элементарная частица имеет двойственную природу: корпускулярную и волновую.

Волновое представление частицы означает, что она может рассматриваться как негармоническое периодическое колебание. Такое колебание представимо в виде бесконечной суммы так называемых спектральных компонентов, то есть гармонических колебаний разной амплитуды с частотами, кратными основной частоте данной частицы. Это операция в математике называется разложением функции в ряд Фурье. Она широко используется в статистической радиотехнике при изучении процессов прохождения сигналов через фильтры. Если представить спектральные компоненты осями координат, то становится ясной связь между спектральными составляющими микрочастицы и её представлением в гильбертовом пространстве.

По характеру развития выделяют экстенсивные и интенсивные, редуцирующие и деградирующие структуры. Для систем с экстенсивной структурой характерен рост количества связей, отношений и взаимодействий между компонентами, а для систем с редуцирующей структурой свойственен обратный процесс. У систем с интенсивной структурой в ходе развития наблюдается качественное изменение связей, отношений и взаимодействий. Повышается интенсивность взаимодействий,

углубляется характер отношений, увеличивается пропускная способность коммуникационных каналов и т.п. Противоположный характер развития присущ системам с деградирующей структурой.

По типу отношений структуры бывают: предметные, функциональные, организационные и временные. Предметная структура – это состав системы. Функциональная структура отражает отношения связанности компонентов системы по входам и выходам. Входы, через которые воздействия среды передаются системе, называют рецепторами. Выходы, через которые система воздействует на среду, называются эффекторами. Множество рецепторов и эффекторов образуют поверхность системы.

Организационная структура отражает такие специфические отношения между компонентами системы, как: «начальник – подчиненный», «управляемый – управляющий», «прямое подчинение – непосредственное подчинение», «координатор – координируемый», «руководитель – исполнитель». Структуры такого типа являются основными объектами изучения при анализе систем управления предприятиями, фирмами, учреждениями, воинскими формированиями и т.п. Существует достаточно много классификаций организационных структур, основу которых составляет множество содержательных признаков. Нас же будут интересовать разделение организационных структур только по принципу их построения с точки зрения эволюционного формирования организаций.

Согласно этому признаку можно выделить четыре типа организационных структур: неиерархические, иерархические одноуровневые, иерархические многоуровневые, матричные и смешанные.

Неиерархические организационные структуры (рис. 4.7) являются началом эволюционного формирования организаций. Они характерны тем, что в них отсутствует руководящее звено, лидер или Центр. Такие организации целиком состоят из субъектов (руководителей и исполнителей в одном лице), взаимо-

действующих между собой по различным вопросам, но не связанными отношениями «начальник-подчиненный». Типичными примерами организаций, имеющих подобную структуру, могут

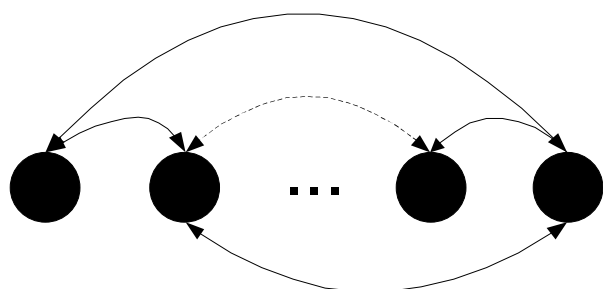


Рис. 4.7. Неиерархическая организационная структура

служить: свободный нерегулируемый государством рынок; некоторые творческие организации (например, оркестр, играющий без дирижера); организации по интересам. Примечательным в этой структуре является то,

что управление реализуется в коллективе автономных субъектов, получающих информацию о действиях друг друга только через среду. И, тем не менее, такое весьма простое в структурном отношении и почти хаотическое управление приводит не только к удовлетворению локальных интересов субъектов, но и обеспечивает некоторый выигрыш всего коллектива [Варшавский, Поспелов, 1989]. Поведение такой организации весьма критично к внешним воздействиям. Негативным является также и то, что при определенных условиях такая организация может легко разрушиться. Хотя у каждого субъекта и есть представление о некотором рациональном значении эффективности (каждый знает, что для него «хорошо», а что «плохо»), но, ни организации, ни ее субъектам неизвестны понятия глобальной цели, целевой функции, оптимальности. Им недоступен многоаспектный анализ ситуации, а индивидуальный и групповой выбор поведения опирается, как правило, на подражательный механизм. Это означает, что в неблагоприятно сложившихся обстоятельствах такая «целенаправленность» может действовать как во вред самой организации, так и ее субъектам.

Иерархические одноуровневые организационные структуры (рис. 4.8) являются вторым шагом эволюционного формирования организаций. Они состоят из руководящего звена (Центра, лидера) и подчиненных ему активных или пассивных субъектов

– исполнителей, функционирующих в условиях полной или неполной информированности обо всех существенных внешних и внутренних по отношению к данной организации параметрах. Этот тип организационной структуры явился результатом

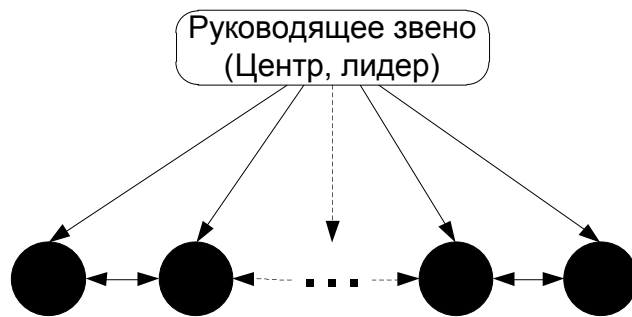


Рис. 4.8. Иерархическая одноуровневая организационная структура

дифференциации управленческого труда, его выделения в особый вид человеческой деятельности. В настоящее время такие организационные структуры характерны для мелких фирм и других малочисленных организаций.

Накладные управленче-

ские расходы организаций с такой структурой, как правило, не велики, что и является их конкурентным преимуществом. Кроме того организации с одноуровневыми структурами наиболее приспособлены к деятельности в быстро меняющейся внешней среде, они постоянно ищут и оперативно используют открывающиеся в ней новые возможности. Такие организации вполне адекватны динамической, развивающейся, плохо формализуемой среде. Не имея возможности существенно снижать производственные издержки, они в своей деятельности ориентируются, как правило, на минимизацию упущенной выгоды. В этих условиях они акцентируют внимание на качестве выпускаемых товаров, оказываемых услуг, выполняемых работ, сокращении производственного цикла и развитии инфраструктуры, связанной с обслуживанием клиентов. Такие ориентиры определяют приемлемые для организаций с иерархической одноуровневой структурой типы конкуренции: качеством, временем, сервисом.

Иерархические многоуровневые организационные структуры (рис. 4.9) выступают третьим шагом эволюционного формирования организаций. Этот тип организационной структуры явился результатом дальнейшей дифференциации управленче-

ского труда, выразившимся в повышении степени функциональной специализации руководителей. Таким образом, зона ответственности каждого руководителя становится относительно более узкой, а это приводит к тому, что в рамках своей ограниченной компетенции каждый руководитель исполняет свою функцию на более высоком профессиональном уровне.

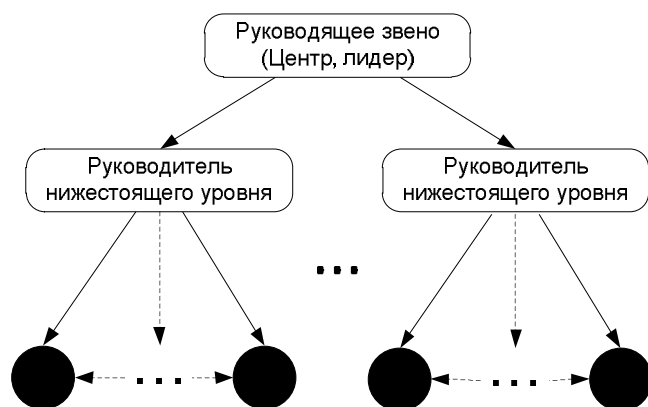


Рис. 4.9. Иерархическая многоуровневая организационная структура

В настоящее время такие организационные структуры характерны для некоторых крупных фирм, многочисленных партийных и общественных организаций. Накладные управленческие расходы организаций с такой структурой, как правило, велики, что компенсируется объемом производств или захватом больших сфер влияния. Такие организации не очень приспособлены к деятельности в быстро меняющейся среде, в силу управленческой инерции они не способны оперативно использовать открывающиеся в ней новые возможности.

Матричные организационные структуры являются третьим шагом на пути эволюционного формирования организаций и примерно с середины 80-х годов прошлого века составляют организационную основу почти всех ведущих фирм мира. Принцип построения матричной организационной структуры показан на схеме рис. 4.10, где, как и ранее, кружками обозначены исполнители. Основной особенностью таких структур является органичное сочетание двух типов управления: линейного и функционального (проектного). Это, с одной стороны, обеспечивает гибкое реагирование на изменения конъюнктуры рынка и вообще на колебания внешней среды, а с другой – позволяет вести глубокие и продолжительные научно-технические проработки

перспективных проектов и программ. Недостатки матричных структур связаны с необходимостью постоянного согласования линейного управления и функционального руководства.

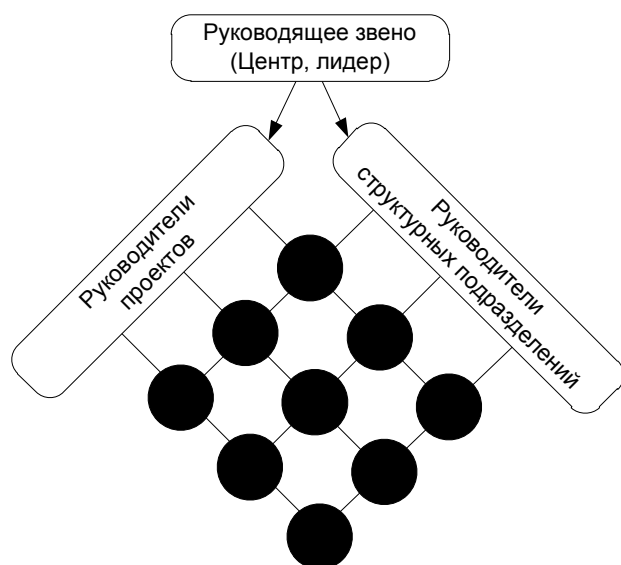


Рис. 4.10. Матричная организационная структура

Смешанные организационные структуры являются своеобразным компромиссом между тремя предыдущими вариантами. В них сочетаются как иерархические, так и матричные принципы организации управления, когда одна часть функциональных областей (например, кадровая и продвижения товаров на рынок) организована по одноуровневой структуре,

другая часть (например, производственная и сбытовая) по многоуровневому принципу, а третья часть (например, НИОКР и логистики) – по матричному принципу.

В особый класс выделяются временные структуры, отражающие порядок выполнения операций компонентами системы. Эти структуры задаются отношениями типа «начинаться раньше», «начинаться позже», «выполняться одновременно», «завершаться до...», «завершаться после...» и другими. Схематичное изображение временной структуры системы называют алгоритмом ее функционирования. Типичным примером отображения временной структуры служат сетевые графики выполнения работ, используемые на производствах и в научно-исследовательских учреждениях.

По виду взаимодействий структуры подразделяются на вещественные, энергетические и информационные. В системах с вещественной структурой взаимодействия между компонентами реализуются главным образом путем обмена различного

рода предметами, вещами, продуктами производства. Примером здесь могут служить железнодорожные, авиационные, автомобильные и другие транспортные сети. Для систем с информационной структурой характерны межкомпонентные взаимодействия преимущественно информационного свойства. Примерами таких систем служат компьютерные и радио-телекоммуникационные сети. Системы, в которых межкомпонентные взаимодействия выражаются преимущественно в виде взаимобмена энергией, называются системами с энергетической структурой. Типичный пример такой системы – городская сеть электроснабжения. Поскольку реальным системам в той или иной мере свойственны все перечисленные типы структур, то говорят о смешанных структурах, в которых межкомпонентные взаимодействия реализуются за счет вещественного, энергетического и информационного обмена.

Взаимообмен веществом, энергией и информацией между компонентами системы, а также между системой и средой называется метаболизмом (от греч. *metabole* – перемена, превращение). Выделяют вещественную, энергетическую, информационную, вещественно-энергетическую, вещественно-информационную, информационно-энергетическую и вещественно-информационно-энергетическую формы метаболизма. Кроме того, различают внутренний и внешний метаболизм. Внутренний метаболизм играет важную роль при формировании целостных свойств систем, а внешний – определяет степень открытости системы.

По характеру связанности различают линейные, централистские, сетевые, сотовые, скелетные, полносвязанные и другие структуры, образованные их сочетаниями. Эти типы структур характеризуются своей информативностью. Как показали расчеты [Дружинин, Конторов Д., Конторов М., 1989], при однородности элементов оптимальной по информативности является сотовая структура. Централистские структуры неравномерны в распределении информационной нагрузки. В полносвязанных и

сетевых структурах с увеличением загрузки происходит катастрофический рост количества ретранслируемой информации. Информативность линейных и скелетных структур заведомо минимальна.

4.4. Состояние и поведение

Состояние системы на понятийном уровне характеризует ее положение, которое по ряду наблюдаемых признаков можно отличить от других положений. Для более точного определения этого понятия рассмотрим абстрактную систему, имеющую вход (рецептор) и выход (эффектор), функционирование которой происходит в N -мерном функциональном пространстве, с осями координат X_1, X_2, \dots, X_N . Для каждого момента времени $t = t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K$ поставим в соответствие рецептору вектор входа $X^{BX}(t) = (x^{BX}_1, x^{BX}_2, \dots, x^{BX}_i, \dots, x^{BX}_N) \big|_t$, а эффектору – вектор выхода $X^{BYX}(t) = (x^{BYX}_1, x^{BYX}_2, \dots, x^{BYX}_i, \dots, x^{BYX}_N) \big|_t$, где x^{BYX}_i и x^{BX}_i – точки на оси X_j . Кроме того, предположим, что задан оператор преобразования F , связывающий $X^{BX}(t)$ и $X^{BYX}(t)$ так, что $X^{BYX}(t) = F[X^{BX}(t - L(t)), t]$, где $L(t)$ – запаздывание во времени реакции (инерционность).

Если теперь зафиксировать момент времени $t = t_1$, то $X^{BYX}(t_1)$ будет определять состояние системы в данный момент времени. Другими словами, состояние системы – это точка в N -мерном функциональном пространстве с координатами $(x^{BYX}_1, x^{BYX}_2, \dots, x^{BYX}_i, \dots, x^{BYX}_N) \big|_t$.

Тогда поведение системы есть не что иное, как траектория движения этой точки в данном функциональном пространстве в течение определенного интервала времени.

Пример. Предположим, что система не имеет инерции, то есть $L(t) = 0$, и оператор F линейный. Тогда можно записать:

$$X^{BYX}(t) = A \cdot X^{BX}(t),$$

где $A = \|a_{ij}\|$ – матрица линейного преобразования, $i = 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, \dots, N$, или, в развернутом виде:

$$\begin{aligned} x^{BYX}_1 &= a_{11} x^{BX}_1 + a_{12} x^{BX}_2 + \dots + a_{1N} x^{BX}_N \big|_t; \\ x^{BYX}_2 &= a_{21} x^{BX}_1 + a_{22} x^{BX}_2 + \dots + a_{2N} x^{BX}_N \big|_t; \\ &\dots \\ x^{BYX}_N &= a_{N1} x^{BX}_1 + a_{N2} x^{BX}_2 + \dots + a_{NN} x^{BX}_N \big|_t \end{aligned}$$

Задавшись значениями входных переменных, можно для каждого момента времени t определить выходные параметры системы и тем самым охарактеризовать ее поведение на временном интервале $[t_0 - t_K]$.

В том случае, когда компоненты вектора $X^{BYX}(t)$ дискретны, поведение системы интерпретируется как последовательность смены состояний. Если компоненты вектора $X^{BYX}(t)$ – случайные величины, то состояние системы задается не точкой, а N -мерной функцией распределения вероятностей $F_x(t) = P(x^{BYX}_1 < x_1, x^{BYX}_2 < x_2, \dots, x^{BYX}_i < x_i, \dots, x^{BYX}_N < x_N) \big|_t$, где x_i – любое вещественное число. Если компоненты вектора $X^{BYX}(t)$ выражены в понятийной форме, то состояние и поведение системы описывается с использованием языковых средств мягких вычислений.

Рассматривая и определяя поведение системы, мы исходили из того, что источником, побуждающим систему изменять свое состояние, служит внешнее (стороннее) воздействие. То есть молчаливо предполагалось, что смена состояний и, соответственно, поведение системы формируются по принципу «внешний стимул – внутренняя реакция». Однако невозможно отрицать и те наблюдаемые ситуации, когда в природных и общественных системах изменение их состояний происходит безотносительно к воздействиям со стороны, то есть под давлением внутренних факторов. Следовательно, помимо механизмов «стимул – реакция», определяющих поведение систем в результате принуждающего воздействия среды, существуют механизмы собственной регуляции, отражающие внутренние потребности развития самих систем. Процесс, в основе которого лежат

механизмы, обуславливающие самостоятельное развитие систем без вмешательства извне, получил название самоорганизации.

Самоорганизация играет существенную роль в формировании функций, свойств и структуры систем любой природы, а потому будет предметом нашего постоянного рассмотрения. Пока же отметим, что включение в сферу системного анализа самоорганизации позволяет представить поведение системы как развернутый во времени процесс смены состояний, инициируемый ее внутренними потребностями.

Такое представление требует уточнения сложившихся взглядов на цели поведения системы. Традиционно под целью понимается желаемое состояние, к которому стремится система в своем развитии (движении) [Афанасьев, 1980]. При этом предполагается, что это состояние определяется надсистемой, а его достижение обеспечивается адаптационными механизмами, действующими в данной системе. Другими словами, цель выступает спущенным сверху предписанием, которое должно быть неукоснительно исполнено к определенному сроку, и одновременно является специфическим внешним воздействием, навязывающим системе структуру и функционирование. *«Цели – это планы, выраженные в виде результатов, которые должны быть достигнуты. Цели – это связь настоящего с будущим и обратная связь будущего с настоящим»* [Черняк, 1975].

Для систем с внешним целеобразованием и адаптивным механизмом, обеспечивающим достижение цели, будущее действительно содержится в настоящем и полностью определяет (детерминирует) линию их поведения. Это жестко ориентированные системы, в которых отклонение от целевого курса недопустимо и подлежит ликвидации каким-либо способом.

В системах с жесткой целеориентацией часто проявляется так называемый эффект Эдипа, по-другому – «самосбывающийся прогноз». Его суть заключается в том, что определение цели и вера в ее позитивные качества вызывают поведение, ведущее к выполнению этой цели [Гендин, 1970]. Этот эффект объясняется

доминирующим действием адаптационных механизмов, стремящихся вернуть систему к избранному курсу при различных отклонениях, вне зависимости от того, является выбранный курс ложным или истинным. Возможен вариант антиэдипова эффекта, когда неуверенность в возможности достижения поставленной цели стимулирует поведение, отклоняющее от цели. В этом случае вступают в действие положительные обратные связи, уводящие систему от намеченного курса. Практическая сторона эффекта Эдипа хорошо известна политикам и вождям разных уровней. Его умелая реализация позволяет при минимальных затратах мобилизовать общественные массы и направить их энергию на выполнение очень трудных, подчас бредовых идей. С теоретической стороны этот эффект изучен недостаточно. Но известно, что в общественных системах сбывающиеся сами собой прогнозы – это ошибочная концепция, постоянно кажущаяся правдой [Плаус, 1998].

Другое поведение характерно для самоорганизующихся систем. Цели их поведения не назначаются сверху, а формируются внутри системы, исходя из её собственных потребностей, и могут меняться в зависимости от этих потребностей. Образно говоря, самоорганизующиеся системы живут своими интересами, самостоятельно определяя свои локальные цели на каждом очередном шаге движения, сообразуясь при этом с внешними обстоятельствами. Траектория их движения не детерминирована конечной целью, а следовательно, не работают глобальные адаптационные механизмы, свойственные строго целевым системам. Процесс поведения самоорганизующихся систем характеризуется множеством локально-устойчивых целевых состояний, которые заранее неопределимы. Конечно, в этих системах также присутствуют механизмы адаптации, но сфера их проявления ограничена областями локальной устойчивости.

Таким образом, для самоорганизующихся систем понятие цели приобретает более широкий смысл – это перманентный, никогда не прекращающийся процесс формирования множества

локальных устойчивых состояний в соответствии с внутренними потребностями развития системы с учетом внешних ограничивающих факторов. Последнюю часть этого утверждения следует понимать в том смысле, что самоорганизующиеся системы так же, как и все другие системы, управляемы извне. Однако управление не носит характера принуждающего задания цели и других параметров, а реализуется в виде пространственно-временных, ресурсных и иных ограничений.

Возникает естественный вопрос: что заставляет самоорганизующиеся системы менять время от времени устойчивые состояния, вновь изыскивать такие состояния и снова их покидать?

Ответ на этот очень важный вопрос далеко не очевиден и заслуживает отдельного рассмотрения (см. раздел 7.3). Здесь же ограничимся следующим.

Во-первых, переходы системы из одного устойчивого состояния в другое обуславливаются внешними воздействиями, навязывающими ей структуру и функционирование целевыми или ограничительными способами.

Во-вторых, смена состояний происходит под действием внутренних и внешних флуктуаций случайного характера, которые хотя и не задают цель развития системы, но влияют на траекторию ее движения, отклоняя ее в ту или иную сторону. При определенных условиях флуктуации могут инициировать развитие системных процессов, ведущих к неустойчивости.

В-третьих, основным источником самодвижения выступает конфликтность, имманентно присущая всем системным образованиям, которая может порождать системные кризисы, уводящие систему из равновесного состояния и в то же время приводящие ее к некоторому новому равновесию. Совместное действие конфликтности, случайных факторов и внешних сил обуславливают сложное, трудно предсказуемое поведение самоорганизующихся систем.

Резюме. Сказанное выше подводит к пониманию того, что описать систему – значит установить ее функции, эффективность, структуру (состав, иерархию, морфологию), возможные состояния и характер поведения, а также ее отношения, связи и взаимодействия со средой. Кроме того, необходимо задать ее временную и пространственную метрику, то есть условиться о системе координат, в рамках которой следует проводить анализ. Такие описания называются системными. Они разрабатываются (с разной степенью детализации) на всех этапах системно-аналитических исследований и рассматриваются как развивающиеся, последовательно углубляющиеся знания об изучаемой системе. С одной стороны, они выступают исходными представлениями, необходимыми для разработки математических и других моделей систем, а с другой стороны, являются обобщенным результатом модельных исследований.

Отражая устройство и функционирование изучаемых объектов, системные описания в свою очередь образуют иерархию функциональных, морфологических, структурных, информационных, алгоритмических и других видов описаний. Попытки подробного и всестороннего представления объекта изучения в виде единственного описания квалифицируются с позиции системного анализа как вредящие успеху исследований, ограничивающие инициативу исследователей и ведущие к вырождению системной проблемы. При проведении системных исследований объект изучения или проектирования всегда представляется в виде взаимосвязанного комплекса вербальных, математических, алгоритмических, программных и других моделей, отражающих его различные стороны, существенные с точки зрения проектных и других решений.

Некоторое представление о сложности описания реальных систем можно получить из следующих данных. Типовое техническое задание на опытно-конструкторскую разработку такой системы, как многодиапазонный комплекс радиоразведки и радиоэлектронного подавления, содержит около 300 характери-

стик, определяющих его будущий облик, объединенных в группы по: назначению; надежности; живучести и стойкости к внешним воздействиям; скрытности и маскировке; безопасности; обслуживанию и ремонту; экономичности; конструктивности; технологичности; мобильности и транспортабельности; стандартизации и унификации; эргономичности и технической эстетике. Типовой технический проект того же комплекса, передаваемый из опытно-конструкторского бюро на завод, включает в себя более полутора тысяч характеристик, а номенклатура характеристик, содержащихся в техническом описании уже готового комплекса, превышает 2500 наименований. При этом только 60% из них заданы в числовой (количественной) форме (мощности передатчиков, частотные избирательности приемников, диапазоны рабочих частот, коэффициенты усиления антенн и др.), а остальные 40% выражаются в виде качественных понятий (режимы работы, способы управления, организация боевого дежурства, охраны, обороны и др.).

Не меньшим объемом данных описывается противостоящий этому комплексу противник – линии и каналы разведываемой и подавляемой радиосвязи, а также среда его «обитания» – боевые действия. Если учесть, что выбранный для примера комплекс – не самая сложная из современных военно-технических систем, то можно представить себе тот поистине громадный объем разнородной информации, с которым приходится иметь дело главным конструкторам таких объектов, как атомные подводные лодки, зенитно-ракетные комплексы, военные системы космической разведки и радиосвязи. Добавьте к этому то, что перечисленные системы функционируют в условиях активного противодействия со стороны не менее сложных систем вероятного противника. Тогда утверждение о неконструктивности представления реальной системы в виде единственного описания, всесторонне воспроизводящего ее строение и функционирование, не покажется голословным.

ГЛАВА 5. КЛАССЫ СИСТЕМ

Системный анализ начинается не с измерений и вычислений, а с классификаций систем – объектов своего изучения. Однако используемые системные классификации имеют свою специфику. Во-первых, они не являются ни целью, ни результатом, а выступают лишь вспомогательным приемом, позволяющим анализировать изучаемую систему с различных сторон за счет выделения в ней различных аспектов. При этом допускается существование ряда классификаций, которые заимствуются или создаются по мере возникновения конкретных задач анализа. Во-вторых, системные классификации никогда не бывают полными и непротиворечивыми, они всегда открыты для изменений, дополнений и уточнений. Поэтому в рамках теории системного анализа можно указать только типовые классификации, выработанные опытом предшествующих исследований, которые, с одной стороны, полезны для общей ориентировки в многообразном мире систем, а, с другой, служат исходным основанием для формулирования некоторых положений концептуального и общеметодологического плана.

Мы будем классифицировать системы по следующим признакам: форме движения (существования) материи; характеру взаимодействия с окружающей средой; предсказуемости поведения; способу существования; субстанциональному строению; компонентному составу; реакции на внешние воздействия; характеру развития и внутреннему устройству.

5.1. Физические, биологические и социальные системы

Такая классификация систем основана на принятых в философии представлениях о возможных формах движения (существования) материи: физической, биологической и социальной.

Физические системы образованы компонентами неживой природы различных уровней организации – от элементарных ча-

стиц до метagalактики. Изучением этих систем занимается физика со всеми ее многочисленными разделами (астрофизика, геофизика, ядерная физика, физика твердого тела, термодинамика и т.д.). В зависимости от законов, определяющих поведение физических систем, они подразделяются на механические, термодинамические, электромагнитные, релятивистские (от лат. *relativus* – относительный), квантово-механические. В такой, очевидно, неполной классификации прослеживается эволюция взглядов на картину мира, воспроизводимую физикой – от механистической концепции до концепции физического вакуума. Суть этих концепций хорошо известна и не нуждается в дополнительных комментариях. Отметим лишь следующее.

Физика составляет основу современного естествознания и оказывает сильное влияние на развитие системных исследований. Все, что попадает в сферу ее познания, приобретает черты определенности и доказательности. В физике нет фантазий, но есть гипотезы, наблюдения, эксперименты, расчеты и законы. Ее структура прагматична в том смысле, что вновь открываемые физические законы не отрицают, а дополняют уже известные. Так, например, законы Ньютона «мирно соседствуют» с аксиоматикой, принятой в теории относительности Эйнштейна, законы электромагнитной динамики, сформулированные Максвеллом, «содружествуют» с началами термодинамики и т.д. Борьба же, и весьма ожесточенная, ведется вокруг и около физических теорий. Чаще всего противоборствуют и выясняют отношения те, кого можно назвать «политиками от науки». Проецируя физические концепции на общественные отношения и прикрывая наукой свои истинные цели, весьма далекие от научных, они втягивают в эту борьбу ученых. Почти вся история науки представляет собой ожесточенные столкновения людей, отстаивающих свои индивидуальные или корпоративные интересы под прикрытием различных физических теорий (материалисты – идеалисты, фаталисты – индетерминисты и т.д.).

Физические законы формулируются в количественных категориях. В физике существует много шкал, позволяющих измерять и соотносить между собой изучаемые процессы и явления, но все они количественные. Использование качественных шкал (например, «полезно-вредно», «хуже-лучше») неприемлемо по определению. В этом кроется одновременно как сила, так и слабость физического подхода к изучению явлений. Стремление оперировать количественно измеряемыми понятиями придает физическим теориям устойчивость, однозначность и определенность, а также позволяет широко использовать математический аппарат для описания изучаемых объектов. Вместе с тем, это же стремление сужает область действия физических теорий и концепций, поскольку все то, что не измеряется числом, автоматически исключается из сферы интересов физики. В частности, так произошло с информацией – основной системообразующей субстанцией, участвующей во всех процессах управления системами. Ограничившись негоэнтропийным пониманием информации, классическая физика изгнала смысл из этого понятия, в результате чего физические системы оказались неуправляемыми.

В физике все представляется так, как будто бы изучаемые объекты движутся сами по себе (без управления), подчиняясь лишь определенным принципам. Такое представление упрощает и одновременно обедняет физический подход к изучению систем. Вне сферы физики остался тот факт, что все наблюдаемое многообразие живых, неживых, микроскопических, планетарных и галактических систем создано, сохраняется, движется и разрушается благодаря информации. Конечно, в этих процессах участвуют различные физические силы, но программа их действий задается информационной средой. Удивительно, но об этом говорится в первых строках Библии: вначале было слово (читай – информация) и слово (информация) было Богом (то есть тем, кто все создал).

Итак, мир физических систем – это сфера вещественных и энергетических преобразований, в которой «правят» не объекты

и субъекты, а законы и количественные соотношения. Эта сфера сложна и пока слабо изучена, но в принципе, все, что в ней происходит, поддается инструментальному измерению и количественному описанию.

Биологические системы образованы огромным разнообразием живых существ, начиная с уровня молекулярных белковых соединений и заканчивая уровнем биосферы. Их изучением занимается биология, которая всегда занимала и занимает ведущее место в области системных исследований. Можно даже сказать, что первые представления о системах и уровнях их организации были заимствованы из опыта живой природы. Поэтому будет полезным кратко рассмотреть развитие системных концепций биологической науки.

Первоначально биология развивалась как описательная наука о многообразных формах и видах растительного и животного царства. Важнейшее место в ней занимали методы полевых наблюдений, систематизации и классификации огромного эмпирического материала, накопленного натуралистами. Первые искусственные классификации растений и животных были разработаны К. Линнеем и Ж. Бюффеном. За ними последовали естественные классификации Ж.Б. Ламарка и Э.Ж. Сент-Илера, учитывающие происхождение новых видов. Эти классификации стали фундаментом, на основе которого Чарльзом Дарвином была создана теория эволюции, а также сформировался современный взгляд на многообразный, но целостный мир живых систем.

Основная ограниченность естественных классификаций состояла в том, что, давая наглядное представление о составе и генезисе (происхождении) живой природы, они не объясняли механизмы развития видов. Эту ограниченность восполнила теория эволюции Дарвина. С появлением дарвинизма концепция эволюции получила в биологии общеметодологическое значение: все биологические объекты стали рассматриваться как исторические и развивающиеся в реальном масштабе времени. Со-

временная теория органической эволюции представляет собой синтез основных эволюционных идей Дарвина (прежде всего идеи естественного отбора) с новыми результатами биологических исследований в области наследственности и изменчивости. В ней отражается общий поворот естествознания от изучения биологических объектов самих по себе (вне взаимосвязи с другими объектами) к их изучению как компонентов более обширных систем. В основе синтетической теории эволюции лежит представление о том, что элементарной «клеточкой» эволюции является не организм и не вид, а популяция. Именно популяция – та реальная целостность, которая обладает всеми условиями для саморазвития, прежде всего способностью наследованного изменения в смене биологических поколений. Элементарной единицей наследственности и изменчивости выступает ген (участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК, отвечающий за развитие определенных признаков организма). Наследственное изменение популяции происходит под воздействием так называемых эволюционных факторов: мутационного процесса, поставляющего элементарный эволюционный материал; популяционных «волн», периодических колебаний численности популяций, происходящих под действием случайных факторов среды; изоляции, закрепляющей различия в наборе генотипов и способствующей делению исходной популяции на несколько самостоятельных популяций; естественного отбора, или биологического конфликта, – основного механизма, направляющего и движущего эволюционный процесс.

Синтетическая теория эволюции опирается на методологические концепции системного характера. К их числу относятся.

Концепция систем. На все изучаемые в биологии объекты распространяются признаки целостности, расчленимости, связанности и неаддитивности, то есть они признаются системами. Наряду с эволюционной теорией, эта концепция сыграла решающую роль в становлении современной биологии как комплексной естественнонаучной дисциплины, изучающей не только и не

столько феномены природы, но главным образом присущие ей закономерности в устройстве и развитии.

Концепция уровней организации. Признание многоуровневого и иерархического устройства природных систем позволило выделить биологический спектр уровней – таких, как белковая молекула (ген), клетка, организм, популяция, сообщество (биогеоценоз), биосфера. Эти образования взаимодействуют с внешней (по отношению к ним) средой, обеспечивающей их веществом и энергией, образуя соответствующие системы – генетические, клеточные и пр. Соответственно выстраивается структура функциональной (динамической) биологии, изучающей общие принципы организации жизни – молекулярная генетика, цитология, гистология, физиология, экология сообществ и т.д. Приложения этих фундаментальных дисциплин к различным группам организмов, находящихся на разных уровнях эволюционного родства, составляют таксономические дисциплины биологии: микологию, микробиологию, ботанику, зоологию и другие. В пределах этих дисциплин обособляются (путем проекции фундаментальных дисциплин на таксономические ранги) такие разделы, как, например, генетика простейших, цитология растений, эмбриология животных.

В целом концепция уровней организации объектов своего изучения позволила создать единую систему биологического знания, воспроизводящую законы развития и функционирования органического мира как неразрывного целого.

Концепция комплексного исследования биосистем. Эмпиризм как основная методологическая концепция биологических исследований ушел ныне в невозвратное прошлое. Его место заняли математические методы количественного моделирования, полевые инструментальные наблюдения и лабораторные эксперименты, интегрированные в единый комплекс биологического исследования на основе системного подхода. Именно системный подход позволил превратить современную биологию из описа-

тельной в точную науку, по своему математическому оснащению сравнимую с теоретической физикой.

Успехи в развитии биологической науки очевидны. Поэтому неоднократно предпринимались попытки заимствовать накопленный в биологии методический опыт для построения математических моделей социальных систем. Однако в своем большинстве они оказались неконструктивными. Дело в том, что при исследовании биологических систем мы имеем дело с массовыми неперсонифицированными объектами, и именно это дает основание использовать математический формализм для описания биологических процессов. Мир биосистем – это сфера усредненного, унифицированного и стандартизированного. Однотипные обитатели этой сферы (микробы, животные, насекомые, растения и др.) в принципе одинаковы, по крайней мере, такими они представляются человеку. В человеческих же сообществах все объекты, так или иначе, персонифицированы, каждый социальный объект уникален – имеет имя, и именно он, а не какой-либо другой, есть предмет моделирования. Поэтому, если на основе биологического подхода построить математическую модель, например, динамики человечества, то с ее помощью можно получить лишь усредненные оценки развития этой «популяции», позволяющие сделать парадоксальные выводы типа: девять женщин за один месяц могут родить в среднем одного ребенка.

Социальные системы – это системы, в которых в качестве главных компонентов рассматриваются люди (в статусе социальных единиц) и образованные ими различного рода общности (цивилизации, национальности, движения, партии, трудовые коллективы, семьи и т.п.). Кроме того, в эти системы включаются объекты биологической и неживой природы, наиболее тесно связанные с деятельностью человека.

Социальные системы классифицируются по многочисленным и весьма разнообразным признакам. В частности, выделяют экономические, финансовые, военные, политические, религиозные, этнические и другие системы, выступающие объектами

изучения соответствующих дисциплин. Часто такие системы называют гуманитарными (от лат. *humanus* – человеческий), подчеркивая тем самым, что их свойства, поведение и развитие определяются главным образом человеческим фактором. Присутствие человеческого фактора существенно ограничивает применение математических методов для построения моделей гуманитарных (социальных) систем. *«По своей сути обычные количественные методы анализа систем непригодны для гуманитарных систем и вообще для любых систем, сравнимых по сложности с гуманитарными системами»* [Заде, 1974]. В качестве причин, почему при изучении гуманитарных систем количественные методы теряют свою конструктивность, можно назвать следующие.

Гуманитарные системы, как правило, не имеют четко выраженных критериев управления, строго определенных целевых функций и явно сформулированных ограничений на выбор способов действий. Основные функции большинства гуманитарных систем (их предназначенность) неизвестны. В частности, ни одна из наук не может убедительно и обоснованно ответить на вопрос о предназначенности человека как основного элемента любой гуманитарной системы. Кроме того, решения, принимаемые людьми, часто продиктованы не только логикой и точным расчетом, но чувствами, страстями и эмоциями, возникающими под давлением как настоящего, так и далекого прошлого. Когда мысли и действия людей приобретают точные очертания, а чувства и эмоции отбрасываются в сторону, гуманитарная система перестает существовать как таковая и превращается в механическую систему.

Информация, циркулирующая между компонентами гуманитарных систем, несет прагматическую (целевую) нагрузку, слабо и неоднозначно связанную с ее количественным объемом. Сообщения, малые по объему, могут содержать в себе чрезвычайно важную информацию, и наоборот, в огромном потоке сообщений может отсутствовать полезная информация. Прагмати-

ческую сторону информации пока не удастся измерить с использованием какой-либо количественной шкалы. Попытки отождествить прагматику информации с ролью, которую играет данный пакет сообщений в контуре управления, приводят к чрезмерному упрощению гуманитарной системы и к ее трансформации пусть в сложную, но, по сути, кибернетическую систему.

Семантику (смысл) большинства гуманитарных понятий пока (пока ли?) невозможно адекватно выразить в количественных категориях, а главное – обеспечить каким-либо образом их единообразное понимание. Предпринимаемые попытки навязать гуманитарной системе унифицированные или стандартизированные категории и понятия приводят к ее вырождению и превращению в биологическую (неперсонифицированную) систему.

Итак, мир гуманитарных систем – это сфера количественно неизмеримых чувств, страстей и эмоций, размытых, нечетких категорий и понятий, в которой причудливым образом переплетаются прошлое, настоящее и будущее. В этой сфере обитают уникальные, строго персонифицированные субъекты, стандартизация и унификация которых недопустима. Развитие гуманитарных систем происходит только потому, что их топология, хронология, свойства компонентов и взаимоотношения не сводятся к количеству и не подчиняются строгой логической реконструкции. Процессы функционирования гуманитарных систем менее всего соответствуют представлениям Ньютона и Лейбница о гармоничности мироустройства, которые были положены ими в основу ведущего метода современной математики – теории дифференциального и интегрального исчисления. Поэтому математика (по крайней мере, в ее классическом виде) не пригодна для построения моделей гуманитарных систем, адекватных наблюдаемым реалиям. При традиционном математическом моделировании гуманитарных систем все сводится к количеству, в результате чего происходит выхолащивание существа изучаемых процессов, в то время как качественный, интуитивный анализ обретает большую практическую значимость. Из

эффективности известных математических методов при исследовании физических и биологических систем вовсе не следует, что они будут также эффективны при изучении гуманитарных систем. Поэтому известное утверждение Галилея о том, что природа выражает свои законы на языке количества, по существу – иллюзия, стремление выдать желаемое за действительное.

Будучи одним из основателей физикализма, Галилей в своей работе «Пробирных дел мастера» утверждал: *«Философия написана в той величественной книге, которая постоянно открыта у нас перед глазами (я имею ввиду Вселенную), но которую невозможно понять, если не научиться предварительно ее языку и не узнать те письма, которыми она начертана. Ее язык – язык математики, и эти письма суть треугольники и другие геометрические фигуры, без которых невозможно понять в ней ни единого слова: без них мы можем лишь вслепую блуждать по беспросветному лабиринту»*. (Galileo Galilei, Il Saggiatore. В кн. Le Opera di Galileo Galilei. – Edizione Nazionale, Firenze 1890-1909, v. VI, 272). Несомненно – Галилей прав, но лишь отчасти. Сущность природы – многогранна и отражается она в нашем сознании не только с помощью треугольников и других геометрических фигур, то есть количественных категорий, но всей палитры языковых средств, которыми владеет человек на данном этапе своей эволюции. В этой палитре есть два крайних полюса: язык классической математики, оперирующий количеством, и естественный язык, оперирующий качественными категориями. Между этими полюсами располагаются многочисленные языки, известные и еще не открытые, которые дополняют математику и лингвистику, позволяя в совокупности описывать различные грани явлений, происходящих в природе и в обществе.

Трудности, возникающие при формализации гуманитарных систем, вовсе не означают, что уделом гуманитарной сферы знаний остаются умозрительность и эмпиризм. В последние десятилетия быстрыми темпами идет развитие так называемых «мягких вычислений», или математики на базе нечетких катего-

рий [Аверкин, Батыршин и др., 1986]. Возникновение такого раздела математики отражает насущную необходимость создания методологии и аппарата описания и исследования нечетких, размытых, нестрогих категорий и понятий, свойственных гуманитарным системам. Элементы такого аппарата и примеры его использования для анализа систем рассматриваются далее. Здесь же обратим внимание на то, что развитие нечеткой логики, нечетких моделей и мягких вычислений не принесет желаемых результатов до тех пор, пока на эмпирическом уровне познания не будет вскрыто структурное устройство гуманитарных систем, в том числе их центрального звена – человека.

Современная философия, естественные, гуманитарные науки и религиозные учения во всей совокупности не способны убедительно ответить на извечные вопросы: Откуда мы пришли, куда идем, какая цель существования человека на Земле? Является ли жизнь случайным даром или же в ее беспрерывном круговороте таится какой-нибудь глубокий смысл? Какой резон в кратковременном человеческом существовании, завершением которого должна быть неизбежная смерть? Какова духовная сущность человека и общества? Имеет ли человеческая душа какую-либо структурную и субстанциональную основу или же душа – это плод фантазий самого человека? Что нравственно и что безнравственно? Что есть божественное и что есть мирское? Ответы на эти вопросы чрезвычайно важны, поскольку формируют мировоззренческие позиции людей, определяющие политические, экономические, управленческие и другие решения, которые затем воплощаются в действия.

Философия сегодня – это скорее историческая дисциплина, повествующая о борьбе различных философских течений за овладение умами человечества, чем стройная система взглядов, концентрирующая в себе последние научные достижения и позволяющая непротиворечивым образом объяснять реальные явления, а также предвосхищать основные тенденции развития природы и общества. Завязнув в идеологических путах и поте-

ряв свой операционный компонент, философия ушла от ответов на вопросы, волнующие обывателя, предоставив ему возможность самостоятельно искать истину в нарастающем потоке научных открытий, в условиях массированного нашествия псевдорелигиозных и псевдонаучных учений (типа сахаджи-йоги, аум-синрикё, дианетики и саентологии Л.Р. Хаббарда, примитивистской психологии К. Кастаньеды и Д. Карнеги). Философия с катастрофической скоростью теряет своих сторонников и потребителей еще и потому, что она, основываясь на политических соображениях, совершенно неоправданно отмежевывалась от традиционных религиозных учений, признав второсортными содержащиеся в них знания. Кроме того, идеологизированность философской мысли препятствовала восприятию новых научных направлений (генетики, тектологии, кибернетики, гештальтпсихологии, синергетики, теории искусственного интеллекта).

Естественные и гуманитарные науки также не стали источником формирования устойчивых мировоззренческих позиций даже для тех людей, которые уверовали во всесильность научных знаний. Дифференциация научных дисциплин привела к тому, что человек изучается как бы по частям, без комплексирования результатов частных исследований. Однако никакое, сколь угодно глубокое, изучение одного аспекта человека – системы (например, биомолекулярного, психофизиологического, социального и т.п.) не может служить основанием для понимания его как «меры всех вещей». Тем не менее, дифференцирующая тенденция сохраняется, и попытки объединения знаний о человеке не дают результата. Можно предположить, что современная наука пока не способна предложить достаточно полное и непротиворечивое описание человека как целостной социо-биоинформационно-физической системы. Еще не вскрыты очень важные уровни в иерархическом устройстве человека, оказывающие сильное влияние на его поведение и развитие.

В конце XX века наметилась еще одна устойчивая тенденция в развитии науки. Как естественные, так и гуманитарные

науки «американизировались», то есть стали на путь решения текущих проблем, сулящих быструю прибыль, но исключили душу человека из объекта своего изучения, фактически отдав этот важнейший системообразующий компонент на откуп религии. Таким образом, наука сама вручила религиозным институтам центральную сферу познания внутренней сущности человека, чем пополнила ряды людей, ищущих в религиозных учениях ответы на волнующие их вопросы.

Способна ли религия удовлетворить потребности человека в знаниях, ответить на загадки его структурного устройства? С уверенностью можно сказать, что нет. Сегодня на Земле помимо трех мировых религий существует сотни локальных религий, религиозных течений, сект и общин, каждая из которых считает свои догмы истинами в последней инстанции и отвергает любые другие учения как неприемлемые почти по определению. Это подрывает надежду многих людей на возможность найти истину в традиционных вероучениях. В результате в сознании людей образуются своеобразные «духовные ниши», которые немедленно заполняются сектантскими доктринами, основанными на конгломерате философских, научных и религиозных знаний, «подкрепленных» парапсихологией, астрологией и шаманством.

Плохо, когда в век тотальной компьютеризации человек разочаровывается в объяснительных возможностях философских знаний. Еще хуже, когда он теряет надежду получить ответы науки на волнующие его вопросы. Совсем плохо, когда люди утрачивают веру и превращаются в сообщество потребителей. Но совершенно неприемлемо доминирование сектантства, примитивистской философии и психологии в духовной сфере человека. Поэтому, хотим мы того или нет, но жизнь заставляет подойти к изучению человека, используя формулу:

целостное познание человека = религиозные сведения + научные методы и знания + философское (системное) обобщение.

Суть этой формулы заключается в том, что религиозные сведения, будучи неполными и весьма противоречивыми, используются как гипотезы, подлежащие не огульному отрицанию, а всесторонней проверке научными методами и средствами. При этом речь идет не о какой-либо одной религии, а обо всей совокупности религиозных учений, начиная с Ведической литературы и заканчивая Кораном. Задача науки состоит в том, чтобы, отталкиваясь от этих гипотез и опираясь на имеющиеся методы и средства, разработать многоаспектные исследовательские модели человека (психологические, кибернетические, физиологические, математические и другие). Тогда задача философии будет заключаться в системном обобщении результатов научных исследований частных моделей и в построении целостной социо-био-информационно-физической модели человека.

5.2. Закрытые, открытые и частично открытые системы

В зависимости от того, каким образом система взаимодействует с окружающей средой, выделяют закрытые, открытые и частично открытые системы.

Закрытые системы не обмениваются с внешним миром ни веществом, ни энергией, ни информацией. Им присущ только внутренний метаболизм. Для открытых систем характерен как внутренний, так и внешний метаболизм, то есть постоянные вещественные, энергетические и информационные взаимодействия их компонентов не только между собой, но и с компонентами других систем. Иногда такие системы называют диссипативными (от лат. *dissipatio* – рассеяние), подчеркивая тем самым, что они образуются и существуют за счет рассеяния вещества, энергии и информации, использованной системой, и получения из окружающей среды свежего вещества, дополнительной энергии и новой информации. В частично открытых системах наблюдается отсутствие отдельных форм внешнего метаболизма. Например, существуют информационно открытые системы,

не обменивающиеся со средой веществом и энергией за исключением той минимальной доли, которая необходима для поддержания информационного метаболизма.

Условность такой классификации состоит в том, что в природе не существует абсолютно закрытых и абсолютно открытых систем. В определенные периоды времени могут создаваться условия, изолирующие систему от внешнего мира. Однако изоляция – это всегда временное состояние. Рано или поздно в системе произойдут конфликты, которые приведут к ее вскрытию и она обретет способность обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей средой.

Несмотря на условность, такая классификация позволяет сформулировать ряд положений концептуального характера.

Положение 1. Саморазвитие закрытых систем идет по пути возрастания дезорганизации и беспорядка. Закрытые системы как бы производят беспорядочность. В конечном счете, будучи предоставлены сами себе, они неминуемо переходят в состояние с максимальной неупорядоченностью, то есть достигают некой точки равновесия, в которой всякое производство работ становится невозможным.

Положение 2. Открытые системы – это системы со слабой или локальной устойчивостью. Они не могут постоянно находиться в точке равновесия, поскольку извлекают порядок из окружающей среды (в форме вещества, энергии и информации), который выводит систему из равновесия. Но внутренняя тенденция к производству беспорядочности возвращает систему к точке равновесия. При определенных условиях в такой системе возникают автоколебательные процессы.

Положение 3. Открытые системы в своем развитии стремятся наикратчайшим путем прийти к состоянию с нулевым производством беспорядочности. Если же внешние условия мешают достичь такого состояния, то открытые системы, близкие к равновесию, переходят в состояние с минимальным производством

беспорядочности, а системы, далекие от равновесия, начинают вести себя непредсказуемым образом.

Положение 4. Самоорганизация может происходить только в открытых и частично открытых системах. Поэтому открытость в любой ее форме есть необходимое (но не достаточное) условие самоорганизации и, следовательно, развития (эволюции) систем различной природы.

Эти положения были впервые сформулированы в термодинамике. В этой науке, возникшей на основе исследования простейших физико-химических процессов, они приобретают статус законов и теорем, поскольку существует возможность количественного выражения беспорядочности через понятие энтропии (от греч. *en* – в + *tropē* – поворот, превращение): $H(p) = k \ln p$, где k – постоянная Больцмана; p – термодинамическая вероятность (например, p может трактоваться как число способов, которыми N молекул можно разделить на две группы, содержащие соответственно N_1 и N_2 молекул, тогда $p = N!/(N_1! N_2!)$). Нетрудно видеть, что максимальное значение $H(p)$ достигается при равномерном распределении молекул по группам, то есть при $N_1 = N_2$. Это – есть точка термодинамического равновесия, к которому стремится изолированная система. Тогда первое из сформулированных выше положение есть не что иное, как формулировка второго начала термодинамики, а третье положение – теорема И. Пригожина «о минимуме производства энтропии» [Пригожин, 1985].

Энтропийный подход трудами К. Шеннона был распространен на технику связи, где энтропия дискретных сигналов выражается в несколько ином виде. Пусть имеется случайный сигнал X_i ($i = 1, 2, \dots, N$), принимающий значение 1 с вероятностью p и значение 0 с вероятностью $(1 - p)$. Тогда энтропия такого сигнала может быть выражена в виде следующей функции: $H(p) = -p \log_2 p - (1 - p) \log_2(1 - p)$, которая называется функцией двоичной энтропии. Физический смысл этой функции заключается в том, что при точном знании сигнала ($p = 0$ или $p = 1$) его энтро-

пия равна нулю, а при максимальной неопределенности сигнала ($p = 0,5$) его энтропия равна единице.

Напомним, что Шеннон рассматривал информацию как негэнтропию, то есть то, что уменьшает неопределенность. Для ее количественной оценки ввел понятие избыточности сообщения R , определив его следующим образом: $R = 1 - H/H_{\max}$, где $H = \sum p_i \ln p_i$ – средняя энтропия, приходящаяся на один символ данного сообщения; p_i – относительная частота появления в сообщении символа i ; H_{\max} – энтропия сообщения при равенстве частот появления символов ($p_1 = \dots = p_N = 1/N$, N – общее количество различных символов, формирующих сообщение).

Характеризуя смысл введенного понятия избыточности на примере английского языка, Шеннон пишет: *«Единица минус относительная энтропия есть избыточность. Избыточность обычного английского текста, если не рассматривать статистическую структуру, относящуюся более чем к 8 буквам, составляет примерно 50 %. Это значит, что когда мы пишем по-английски, то половина знаков текста определяется структурой языка, и лишь половина выбирается свободно»* [Шеннон, 1963]. Отметим некоторые особенности такого понимания информации, важные с точки зрения анализа систем.

Шенноновская информация не связана со смыслом передаваемого сообщения и инвариантна к сущности функционирования системы. Тогда как при анализе конкретных систем смысловая (содержательная) информация зачастую имеет первостепенное значение, а понимание «существа дела» решающим образом определяет характер принимаемых решений.

Негэнтропийная функция аддитивна по своей структуре. Это означает, что с ее помощью можно только в среднем оценить влияние микросостояний компонентов системы на макросостояние системы. Безусловно, есть ситуации, допускающие управление по усредненным оценкам. Они имеют место, когда отклоняющие воздействия представляют собой «шум» – хаотические флуктуации. Например, прием радиосигналов на фоне

естественных шумов. Но есть другие ситуации, когда среда преднамеренно и целенаправленно оказывает воздействие на управляемый процесс, стараясь развернуть его в свою сторону. Это – ситуации противоборства. В них управление, опирающееся на усредненные оценки, ведет к верному проигрышу.

Существуют веские основания считать, что теоретические положения термодинамики и информатики справедливы не только для физических, но также биологических и гуманитарных систем. Наряду с существенными отличиями, между ними есть сродство. Оно объясняется тем, что в эволюционном плане гуманитарные системы есть продолжение биологических, которые, в свою очередь, есть продолжение физических. В системах высшего эволюционного уровня всегда содержатся черты низших уровней, и наоборот, в системах низшего уровня непременно присутствуют зачатки систем высших уровней. Этот принцип недопустимо понимать как возврат к редукционизму или примитивному социал-дарвинизму, но также недопустимо игнорировать законы физики, информатики и биологии при изучении гуманитарных систем. Биологические и физические законы не объясняют исчерпывающим образом свойства и поведение гуманитарных систем, но действуют и в них. Точно так же физическими законами нельзя объяснить особенности строения и функционирования биологических систем, но если их исключить из поля зрения, то биологические системы навсегда останутся *terra incognita*.

5.3. Детерминированные, вероятностные, хаотические и фрактальные системы

До 60-х годов прошлого века предполагалось, что в природе есть два класса систем: детерминированные и вероятностные (стохастические).

Детерминированные системы предполагают полную определенность своего поведения, они точно диагностируемы и пол-

ностью предсказуемы. В таких системах имеет место однозначная зависимость между состояниями входов и выходов, что позволяет при фиксированных внешних условиях сколь угодно точно прогнозировать их движение. Примером детерминированной системы может служить механистическая модель солнечной системы, в которой траектории планет и других объектов описываются законами Кеплера и Ньютона.

Вероятностные системы – это системы, у которых множество выходных переменных связано с множеством входных воздействий вероятностными зависимостями. Их поведение также можно прогнозировать, но с некоторой вероятностной мерой. В физике примером такой системы служит атом вещества. В системе атома невозможно учесть все обстоятельства динамического взаимодействия составляющих его элементарных частиц с внешними и собственными полями не вследствие нашего незнания их свойств, а принципиально – ввиду связности процесса. Каждая элементарная частица создает собственное внутреннее поле. Это поле взаимодействует с полями других частиц, искажая их и искажаясь само. В результате данная частица движется в возмущенном, постоянно формирующемся поле по случайной траектории. Поэтому в квантовой механике поведение частицы описывается не траекторией, а ансамблем траекторий, когда она движется как бы по всем траекториям сразу, но с разными вероятностями.

При анализе систем понятие вероятности используется в субъективном, статистическом и физическом смысле.

Субъективная вероятность связывается с лицом (субъектом), принимающим решение, и выражает степень его уверенности относительно результата наблюдаемого события или меру личного (персонального) доверия к какому-либо утверждению. Такая трактовка вероятности характерна для прогнозных оценок единичных неповторяющихся событий, например, конкретных футбольных матчей или состояния погоды на определенный день. Для оценки субъективной вероятности используются от-

ношения предпочтения. Так, например, если гипотеза H_1 о возникновении некоторого события E является более предпочтительной, чем гипотеза H_2 , то ее субъективная вероятность $P(H_1)$ больше, чем гипотезы H_2 : $P(H_1) > P(H_2)$. Существуют разнообразные способы исследования отношений предпочтения, но мы не касаемся этого вопроса. Важно лишь подчеркнуть, что эти отношения каким-либо образом устанавливаются, и тем самым определяются степени субъективной веры. Субъективную вероятность часто называют бейесовской, поскольку ее оценка нередко связывается с использованием формулы Томаса Бейеса. Согласно этой формуле, апостериорная вероятность гипотезы H после получения эмпирической информации E – $P(H/E)$ определяется выражением: $P(H/E) = P(H) \cdot P(E/H) / P(E)$, где $P(H)$ – априорная вероятность гипотезы H ; $P(E)$ – вероятность эмпирического свидетельствования информации E ; $P(E/H)$ – степень правдоподобия этого свидетельствования.

Формула Бейеса замечательна тем, что, организовав пошаговое обследование ситуации, с ее помощью можно уточнить первоначальное предположение об априорной вероятности гипотезы. Во всяком случае, оценки получаются более точными, чем при однократных статистических расчетах. Эта простая по своей структуре формула примечательна еще и тем, что отражает кусочно-линейную зависимость степени уверенности субъекта в данной гипотезе от поступающей к нему информации. Иначе, с каждым поступлением новой порции информации E , относительно начальной гипотезы H , степень уверенности субъекта в том, что действительно имеет место гипотеза H , изменяется на величину, пропорциональную $P(E/H)$. В зависимости от $P(E/H)$ эта уверенность может как увеличиваться, так и уменьшаться или даже совсем исчезнуть. Заметим, что $P(E/H)$ – субъективная вероятность, зависящая от консерватизма субъекта в плане восприятия им новой информации. Поэтому при высокой степени консерватизма субъект не будет менять свою первоначальную точку зрения независимо от того, какая информация к нему по-

ступает. И наоборот, если субъект неконсервативный, то он может сделать заключения, связанные с завышенной оценкой правдоподобия гипотезы.

Статистическая вероятность применима к событиям, которые могут быть многократно повторены без изменений условий опыта (например, одиночная стрельба по мишени), либо к массовым однократным событиям (типа залпового огня из многих орудий по цели). Она является абстрактным аналогом относительной частоты какого-либо события и количественно оценивается выражением $P = N_1/N_0$, где N_0 – общее количество исходов в данном эксперименте (общее число выстрелов по мишени), N_1 – количество оцениваемых исходов (например, количество попаданий или непопаданий в мишень). Очевидно, что статистическая вероятность имеет смысл, если: а) множество возможных исходов известно заранее и в процессе эксперимента не изменяется; б) каждый отдельный опыт имеет не более одного исхода, то есть не может быть ситуации одновременного попадания и непопадания в мишень; в) N_0 – достаточно велико. Для статистической вероятности характерно то, что она дает некую внешнюю оценку поведения изучаемого объекта, не раскрывая причинно-следственных связей между внутренними процессами и их внешними проявлениями. Другими словами, это взгляд на объект со стороны, позволяющий лишь опосредованно (по входам и выходам) судить о том, что происходит внутри системы в действительности.

Физическая вероятность связывается с процессами, происходящими внутри изучаемого объекта, выступая мерой его внутреннего стохастизма. Различие между физической и статистической вероятностями иллюстрируется на примере радиоактивного распада вещества. Если речь идет о некотором количестве радиоактивного вещества, знание периода полураспада T_{Π} позволяет вычислить статистическую вероятность того, что половина атомов распадется по истечении времени T_{Π} . Если поставить задачу определения отрезка времени, в течение которого

распадется конкретный атом этого вещества, то статистика здесь уже не поможет: достоверно известно только то, что он распадется за время $2T_{\Pi}$, но сам момент наступления такого события непредсказуем. Время жизни атома случайно, и эта случайность не подчинена статистическим законам, а определяется природой атомарных взаимодействий. В этом случае вероятность характеризует неслучайные в своей основе причинно-следственные связи между состоянием атома и процессами, происходящими в нем самом.

Хаотические системы. В 70-е годы прошлого века было установлено, что существует третий, очень важный класс систем, названных хаотическими. В этих системах имеет место не детерминированное, не вероятностное и не смешанное, а некоторое более общее поведение, которое получило название динамического хаоса. В понятных ситуациях оно проявляется в вероятностном или детерминированном виде, но, по сути, представляет процесс более сложный и многообразный. Главная особенность систем этого класса заключена в их способности самостоятельно «выбирать» поведение в процессе функционирования. Выбор поведения происходит не постоянно, а в особых областях, названных бифуркациями [Николис, Пригожин, 1977].

Слово «бифуркация» происходит от лат. *bi...* – дву... + *furcus* – разделенный, разветвленный и обозначает процесс качественного перехода системы от состояния равновесия к хаосу через последовательное очень малое изменение начальных условий. В точке бифуркации происходит качественное изменение свойств системы, так называемый катастрофический скачок.

По-видимому, впервые на возможность возникновения хаоса через бифуркации обратил внимание Митчел Фейгенбаум [Feigenbaum, 1978]. Он анализировал уравнение Мальтуса-Ферхлюста: $X(n) = AX(n - 1) - B[X(n - 1)]^2$, в предположении, что $A = B = C$, где C – параметр, а $n = 1, 2, \dots$, и выяснил, что с решениями этого уравнения происходит нечто удивительное: при $C < 1$ величина X равна нулю; при $1 < C < 3$ значение X

приближается к постоянному значению $(1 - 1/C)$, что является областью стационарных, фиксированных решений; при $C = 3$ появляется первая точка бифуркации и с этого момента функция $X(n)$ уже никогда не сходится к одной точке; при $3 < C < 3.57$ начинают появляться вторичные бифуркации, происходит разветвление каждой кривой на две, и функция $X(n)$ колеблется между этими ветвями; при $C > 3.57$ происходит лавинообразное увеличение точек бифуркации, области решений перекрываются и поведение системы становится хаотическим.

Детальные исследования показали, что решения этого уравнения сильно зависят от начальных условий. При проведенных на компьютере расчетах даже для очень близких начальных значений величины C итоговые значения $X(n)$ могут резко отличаться. Более того, расчеты становятся некорректными, так как начинают зависеть от случайных процессов в самом компьютере (скачки напряжения и т.п.). Тем самым выяснилось, что состояние хаотической системы в момент бифуркации является крайне неустойчивым и бесконечно малое воздействие может привести к резкому изменению дальнейшего пути ее движения. Такой эффект был назван «эффектом бабочки», суть которого в образном стиле выразил известный американский фантаст Рой Брэдбери: «Сегодняшнее трепетание крыльев мотылька в Пекине через месяц может вызвать ураган в Нью-Йорке», а саму эту зависимость иллюстрирует старинная английская песенка:

*Не было гвоздя – подкова пропала,
Не было подковы – лошадь захромала,
Лошадь захромала – командир убит,
Конница разбита, армия бежит,
Враг вступает в город, пленных не щадя,
Оттого что в кузнице не было гвоздя.*

(Перевод С.Я. Маршака)

Фейгенбаум установил универсальные закономерности перехода к динамическому хаосу при удвоении периода, которые были экспериментально подтверждены для широкого класса ме-

ханических, гидродинамических, химических и других систем. Результатом исследований стало так называемое «дерево Фейгенбаума», изображенное на рис. 5.1.

Что же представляют собой бифуркации в системном понимании этого явления? С позиции системного анализа бифурка-

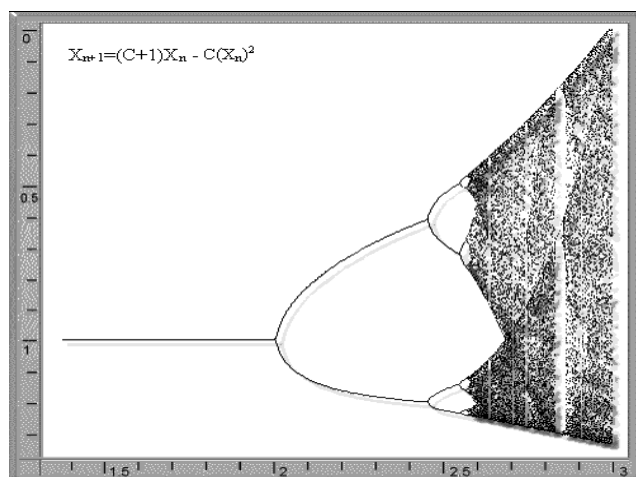


Рис 5.1. «Дерево Фейгенбаума» (расчет произведен на основе несколько измененного уравнения Мальтуса-Ферхлюста)

ция есть не что иное, как ситуация, когда внутри системы происходит кризис. Так, можно говорить о кризисе болезни, когда наблюдаемые симптомы резко меняются, и соответственно, меняется состояние больного в лучшую или в худшую сторону. Или о социальном кризисе, когда в развитии

общественных отношений возникают перевороты и глубокие реформы (революции, мятежи, путчи и т.п.). В экономике бифуркации соответствуют производственным, финансовым, валютным, денежно-кредитным и другим кризисам.

Сущность систем хаотического типа раскрывается с помощью такого понятия как «аттрактор» (от лат. *attraktio* – притяжение) – точка или множество точек, к которым тяготеют траектории движущихся систем. В частности, для обычного маятника аттрактором является точка его равновесия. У динамических систем могут быть аттракторы в виде предельных циклов или еще более сложные тороидальные аттракторы. Точное количественное описание аттракторов простых n -мерных систем было получено А.М. Ляпуновым [Ляпунов, 1935]. Он связывал понятие устойчивости движения с поиском условий, обеспечивающих устойчивость стационарных решений дифференциальных уравнений вида $d\xi/dt = f(\xi)$, где ξ – в общем случае n -мерный вектор в фазовом пространстве, в котором движется изучаемый объект.

Пусть ξ_0 – стационарная точка этого уравнения, то есть $f(\xi_0) = 0$. Если сколь угодно близко от стационарного решения имеются точки ξ_n , такие, что траектория, выпущенная из ξ_n , может со временем уйти далеко от ξ_0 , то ξ_0 называется неустойчивой стационарной точкой, или, по современной терминологии, точка ξ_0 не является аттрактором. В случае, когда траектория стремится к ξ_0 или достигает ее, она называется устойчивой по Ляпунову, или аттрактором. Для сравнительно простых аддитивных систем, движение которых можно описать функциями, представимыми, например, в виде ряда Тейлора, Ляпунову удалось найти условия, при которых стационарная точка становится аттрактором. Это породило надежды, что и для более сложных (неаддитивных) случаев аттракторы устроены примерно так же: притягивающие точки, предельные циклы и торы.

Надежды не оправдались. С переходом к более сложным системам были открыты аттракторы особого типа, в которых точки притяжения никогда не повторяются и притягивающие траектории никогда не пересекают друг друга, однако эти точки и траектории остаются внутри некоторой области фазового пространства. Их стали называть странными аттракторами.

Словом «странный» подчеркивается два свойства аттрактора. Во-первых, необычность его геометрической структуры. Она не может быть представлена в виде кривых или плоскостей, то есть геометрических элементов целой размерности. Размерность странного аттрактора является дробной или, как принято говорить, фрактальной. Во-вторых, странный аттрактор – это притягивающая область для траекторий из окрестных областей. При этом все траектории внутри такого аттрактора динамически неустойчивы, то есть пребывание траектории в окрестности странного аттрактора быстро «отбивает память», и ошибка в начальных данных нарастает.

Основная заслуга в открытии странных аттракторов принадлежит американскому математику-метеорологу Эдварду Лорен-

цу [Lorenz, 1963]. Он интересовался решениями дифференциальных уравнений, которые при длительном интегрировании не уходят в бесконечность, не стабилизируются и не выходят в периодический режим. Лоренц аппроксимировал движение бесконечномерной системы (атмосферы) системой дифференциальных уравнений с очень малым числом степеней свободы. В итоге получилась система с тремя степенями свободы, которую теперь называют системой Лоренца.

В своем простейшем варианте она имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} dx/dt &= \sigma(y - x), \\ dy/dt &= -xz + rx - y, \\ dz/dt &= xy - bz, r, b, \sigma = const, \end{aligned}$$

где переменная x характеризует поле скоростей, переменные y и r – поле температур жидкости; s – число Прандтля; b – постоянная, связанная с геометрией задачи; $r = R/R_c$, где R – число Рэлея, а R_c – его критическое значение;

Замечательное свойство этой математической структуры состоит в том, что при определенных комбинациях параметров ее аттрактор не сводится к притягивающим точкам, циклам и торами, а образует весьма замысловатую картину. Чтобы наглядно представить полученные результаты, Лоренц использовал набор из трех чисел в качестве координаты точки в трехмерном пространстве. Таким образом, последовательность чисел воспроизводила последовательность точек, образующих непрерывную линию, которая фиксировала поведение системы во времени. Эта линия должна была, начиная с определенной точки, расположиться параллельно осям координат, что означало бы достижение системой устойчивого состояния. Был возможен и второй вариант – формирование петли, повторяющейся вновь и вновь и сигнализирующей о переходе системы в периодически повторяющееся состояние. Но Лоренц не обнаружил ни того, ни другого. Вместо ожидаемого эффекта появилось нечто запутанное, расположенное в определенных границах, но никогда не повторявшееся (рис. 5.2) [Williams, 1977].

Система Лоренца имеет конечный горизонт прогноза. Дело в том, что если мы возьмем две близкие траектории, показанные на рис. 5.2, то они расходятся во времени. Скорость расхождения определяется так называемым ляпуновским показателем, и от этой величины зависит интервал времени, на который может

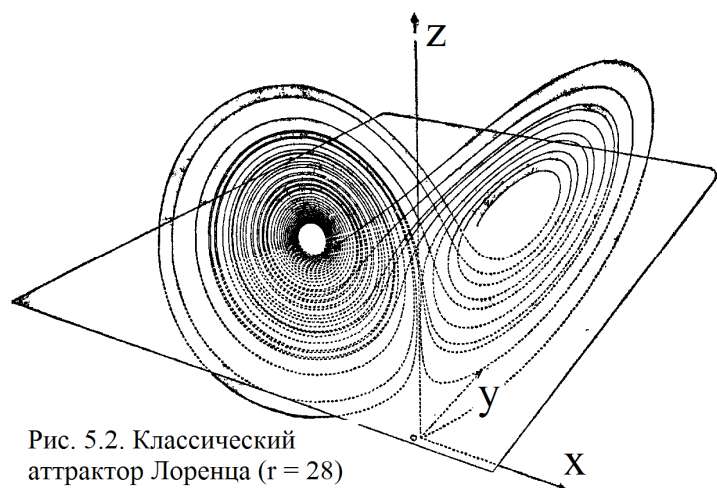


Рис. 5.2. Классический аттрактор Лоренца ($\sigma = 28$)

быть дан прогноз развития системы.

Можно сказать, что для каждой системы есть свой горизонт прогноза. Так, метеорологи полагают, что горизонт прогноза погоды не превышает трех недель. Сейчас

многие специалисты по физике Солнца предполагают, что аналогичная ситуация имеет место с Солнцем. Например, известно такое явление, как минимум Маундера, когда в течение почти 70 лет всплесков солнечной активности не наблюдалось. Возникает вопрос, можно ли предсказать следующий аналогичный минимум. Те работы, которые проводятся, показывают: ляпуновские показатели таковы, что такого предсказания на несколько десятилетий вперед сделать невозможно.

Физический смысл странного аттрактора состоит в том, что им характеризуется динамическая область, где система становится слабоуправляемой, а ее поведение – слабо предсказуемым. Именно в этих областях возможны катастрофы, но эти же области являются одновременно местом, где происходит саморазвитие систем. Таким образом, с системной точки зрения в странном аттракторе нет ничего необычного – это кризис, нарушение равновесия в системе и в то же время ее переход к некоторому новому равновесию.

Свойства хаотических систем оказались несовместимыми с классической научной парадигмой: «практика – критерий исти-

ны». При изучении таких систем не только нельзя дать точный прогноз их развития на приемлемый период времени, но и проверить его инструментальными или какими-либо другими экспериментальными способами. Иными словами, научные методы в данном случае не позволяют ответить на вопросы «что будет» и «что вероятно будет», но дают возможность выяснить хотя бы то, что «что может быть» и «чего не может быть». А это уже шаг вперед к постижению замысла того, кто создавал наш мир.

*Понять Всевышнего – нам не дано.
Мы смотрим на него
Глазами серенького воробья,
Чирикающего на балконе почём зря.

Поймет ли воробей, чем мы живём?
О чём мечтаем, чего ждём?
Ведь для него мысль, нами изречённая,
Что ветра шум иль надпись непрочтенная.*

*Но даже если он слова наши поймет,
Подруге он своей преподнесёт,
Не нашей души крик,
А лишь: «Чирик, чирик!»*

* * *

*Нам не дано – Всевышнего понять,
Но взор к нему не должно затворять.*

[Новосельцев, 2012]

Фрактальные системы являются одной из разновидностей хаотических систем. В первом приближении их можно определить как системы, определенные части которых повторяется снова и снова. Отсюда следует одна из основных черт фрактальных систем – их самоподобие. Основное же свойство таких систем – дробность, являющаяся математическим отражением ме-

ры их неправильности. Фактически все, что кажется неупорядоченным, случайным и неправильным может быть фрактальной системой, например, облака, деревья, реки с их причудливыми изгибами, миграции животных или языки пламени.

Первым наиболее известным ученым, исследовавшим фрактальные системы, был Бенуа Мандельброт. В середине 60-х годов XX века он разработал фрактальную геометрию или, как он ее назвал – геометрию природы, в которой не только дал математическую трактовку фрактала, но и первым начал использовать фрактальный подход к анализу различных объектов и форм [Мандельброт, 2002].

Как уже отмечалось, смысловая идея, заложенная во фрактальности, заключается в нецелых (дробных) измерениях. Мы обычно говорим об одномерном, двумерном, трехмерном и т.д. целочисленном мире. Однако могут существовать и нецелые измерения, например, 2.72. Такие измерения Мандельброт назвал фрактальными.

Логика обоснования таких измерений простая и имеет чисто утилитарную природу. Так, в природе вряд ли найдется идеальный шар или куб, следовательно, трехмерное измерение этого реального шара или куба невозможно и для описания таких объектов должны существовать другие измерения. Вот для измерения таких неправильных, фрактальных фигур и было введено понятие фрактальное измерение.

Сомните, например, лист бумаги в комок. С точки зрения классической евклидовой геометрии все неровности и шероховатости этого новообразованного объекта будут нивелироваться, и он будет представлять собой трехмерный шар. Однако в действительности это по-прежнему всего лишь двумерный лист бумаги, пусть и скомканный в подобие шара. Отсюда можно предположить, что новый объект будет иметь измерение больше двух, но меньше трех. Это плохо укладывается в каноны евклидовой геометрии, но может быть описано с помощью фрактальной геометрии, в которой будет утверждаться, что новый объект

(сломанный в шар лист бумаги) будет находиться во фрактальном измерении, приблизительно равном 2.5, то есть иметь фрактальную размерность около 2.5.

Различают элементарные и неэлементарные фрактальные системы. Примером элементарной фрактальной системы может служить «ковер Серпинского», который получается путем проведения ряда простых операций, показанных на рис. 5.3.

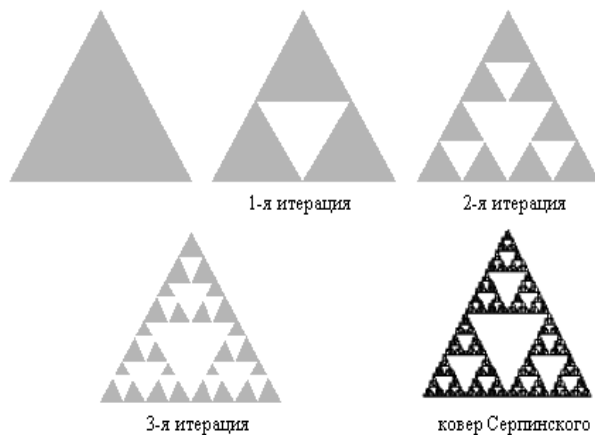


Рис. 5.3. Построение фрактала «ковер Серпинского»

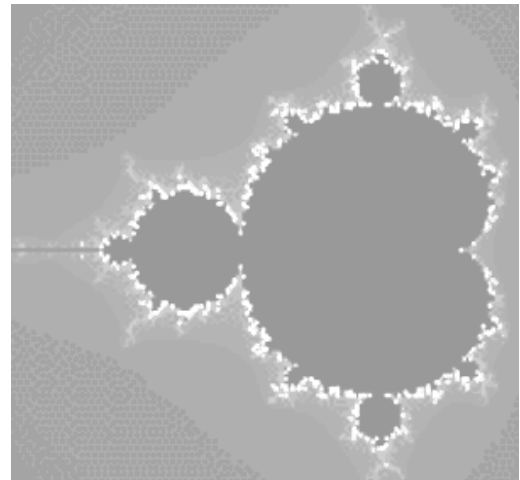


Рис. 5.4. Множество Мандельброта

Неэлементарные фрактальные системы характеризуются разнообразием геометрических форм и их бесконечным самоподобием, хотя генерироваться они могут с помощью достаточно простых формул. Классическим примером такой фрактальной системы служит множество Мандельброта (рис. 5.4), получаемое из формулы $Z(n + 1) = AZ(n) + C$, где Z и C – комплексные числа и A – действительное положительное число.

5.4. Сложные и простые системы

В теории системного анализа наибольшее распространение получили три подхода к определению сложности системы. В основе первого подхода лежит интуитивное понимание сложности как достаточно большого количества разнородных компонентов в составе изучаемого объекта, а также разнообразия отношений,

связей и взаимодействий между ними. Вторым подходом опирается на понятие математической сложности. К сложному типу относятся системы, для которых по ряду причин не удастся построить математическую модель, адекватно описывающую их свойства и поведение. Такими причинами, в частности, могут быть неясность функций, выполняемых системой, неопределенность целей и критериев управления, количественная невыразимость ряда характеристик. В соответствии с третьим подходом сложность системы связывается с характером ее реакции на внешние воздействия. В современной теории системного анализа предпочтительным признается третий подход. На нем и остановимся.

Сложные системы реагируют на внешние воздействия, образуясь с внутренней целью, которую надсистема или наблюдатель не могут достоверно определить ни при каких обстоятельствах. *«Чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении»* [Заде, 1974]. Сложные системы могут в одном случае на два одинаковых воздействия сформировать разные реакции, а в другом – на два разных воздействия отреагировать совершенно одинаково. Они формируют свою автономную пространственно-временную метрику и свои внутренние законы функционирования, которые определяются содержанием и устройством системы и слабо зависят от внешней среды.

Простые системы – это по сути подсистемы (или составные части) какой-либо сложной системы, «живущие» в ее пространственно-временной метрике и подчиняющиеся ее законам. Их реакция на внешние воздействия может быть неоднозначной, но вполне предсказуемой, при условии, что известны законы функционирования той системы, в состав которой они входят. В том случае, когда эти законы неизвестны, поведение простых систем становится непредсказуемым. Однако эта непредсказуемость не является их сущностным свойством, а относится к свойствам среды (вышестоящей системы).

Сформулируем некоторые положения, позволяющие уточнить различие между простыми и сложными системами.

Для сложных системы характерно множество локальных областей слабой устойчивости: чем сложнее система, тем больше у нее локальных областей слабой устойчивости, но тем слабее устойчивость в каждой из них. Сложным системам застой противопоказан, их стихия – развитие (движение), то есть постоянное перемещение из одной области слабой устойчивости в другую под действием внешних и внутренних факторов. При длительном застое сложная система теряет способность к адаптации, в ней усиливаются инерционные составляющие и она становится неспособной устранять последствия одной отклоняющей флюктуации до возникновения другой. В итоге система начинает все менее эффективно выполнять свою основную функцию, происходит ее постепенное разрушение.

Простые системы характеризуются одной областью сильной устойчивости, в которой и происходит их развитие (движение). Динамика простых систем заключается в периодических отклонениях от точки равновесия под действием возмущений и возвращениях в эту же точку под действием сил притяжения. Если не происходит катастрофы (разрушения в результате однократного внешнего воздействия), то они успевают ликвидировать последствия одной флюктуации до возникновения другой, а потому не накапливают разрушающих факторов.

В сложных системах в окрестностях одного типа движения можно обнаружить другой тип движения, то есть развитие сложных систем может происходить одновременно по нескольким траекториям. Факт достаточно примечательный. Он свидетельствует о том, что любая сложная система одновременно «живет» на нескольких уровнях. Ее жизнеспособность обеспечивается не только постоянным перемещением по областям слабой устойчивости в пределах одного уровня, но и переходами в такие же области других уровней.

5.5. Адаптивные, целенаправленные, целеполагающие и самоорганизующиеся системы

Понятие адаптации (от позднелат. *adaptatio* – прилаживание, приноровление) достаточно давно вошло в языковую практику и первоначально трактовалось как приспособление живых организмов к условиям существования. С развитием кибернетики понятие адаптации распространилось на объекты неживой и социальной природы. Тем самым было общепризнано, что все без исключения системы по существу являются адаптивными, то есть в них присутствуют механизмы, обеспечивающие самосохранение их состояния, формы и структуры в условиях отклоняющих воздействий. Хотя такие воздействия могут быть неблагоприятными и даже агрессивными, в них могут содержаться полезные для системы флуктуации. Используя приспособительные механизмы, адаптивная система распознает такие флуктуации и черпает из них энергию, вещество и информацию, которые используются для самосохранения. Благодаря подражанию возможно использование опыта других аналогичных систем, которые выжили в неблагоприятных условиях и накопили опыт адаптации. Адаптивные системы могут приспосабливаться как к среде, так и к изменениям внутри самих себя.

Целенаправленные системы не только адаптируются к условиям существования, но действуют в соответствии с некоторой перспективой или планом, основные параметры которого определяются извне. Иногда такие системы называют предопределенными, подчеркивая тем самым, что они развиваются строго в соответствии с определенным, заранее оптимизированным планом. Для таких систем характерна следующая особенность. Стремление к неукоснительному выполнению оптимальных параметров плана может привести (и зачастую приводит) не к сохранению и развитию системы, а к ее неустойчивости. Неустойчивость проявляется в том, что, исчерпав, например, ресурсы, необходимые для реализации плана, система оказывается перед

дилеммой: либо изменять параметры плана (тем самым, признав его неоптимальным), либо изыскивать дополнительные ресурсы. В первом случае система приобретает черты нецеленаправленной, во втором – становится агрессивной по отношению к среде, у которой она вынуждена заимствовать недостающие ресурсы. Ее взаимоотношения с соседями переходят в область конфликтов, исход которых слабо предсказуем. Поэтому говорят, что слепое следование даже самому хорошему плану – это путь к катастрофе. Восстановить устойчивость можно, если отказаться от директивного планирования, связать управления с реальным состоянием дел и, самое главное, сосредоточить основные усилия на создании механизмов самоорганизации, обеспечивающих устойчивое функционирование системы в сложных условиях.

*Жить днем одним – нельзя,
Всё будет плохо у тебя.
Планирование – надо исключить,
Если не хочешь Бога насмешить.*

*Так, что же делать? Как же быть,
Чтоб милость свыше получить?
Стратегия одна и на века.
В святом Писании определена:*

*Не нужно бесплодно радеть о том,
Что будет потом.
Надо в сегодняшний день встраивать то,
Что завтра само будет опорой всего.*

* * *

*Жить так – надо уметь,
Думать следует, а не балдеть.
А если голова дурна и болит от дум,
То живи одним днем и не бери в ум.*

[Новосельцев, 2012]

Целеполагающие системы способны самостоятельно формировать цели и планировать свое поведение. Они обладают некоторой совокупностью ценностей, на основе которой сами формируют последовательность целей, причем последующие цели выдвигаются и уточняются в зависимости от достижения предыдущих. Гибкое изменение целей поведения позволяет таким системам сохранять свою жизнедеятельность в достаточно широком диапазоне внешних и внутренних возмущений. Отличительным признаком целеполагающей системы является относительное постоянство ее структуры и функционирования на фоне целевой динамики. Целеполагающие системы вынуждены менять цели своего поведения под давлением внешних факторов, но с появлением новой цели в них не происходит коренного изменения структуры и заложенных ранее принципов функционирования. Развитие целеполагающих систем сопровождается внутренними конфликтами, зачастую переходящими в структурные или системные кризисы. Основная причина конфликтов заключена в несоответствии старой структуры и сложившихся принципов функционирования вновь поставленным целям. А кризисы возникают главным образом из-за неспособности (или нежелания) управляющих органов производить мягкую перестройку сложившихся внутрисистемных отношений и изменять традиционные критерии принятия управленческих решений.

Целеполагающим социальным системам имманентно присущ авторитаризм различного масштаба: от жесткого тоталитаризма до местнического бюрократизма. Несмотря на конфликты и многочисленные внутренние кризисы, целеполагающие системы социального типа весьма жизнеустойчивы. Их жизнеустойчивость объясняется тем, что эти системы представляют собой идеальную среду, стимулирующую преимущественное развитие таких человеческих качеств, как: конформизм, изворотливость, лицемерие, скрытность, лживость, хитрость, трусость, покорность. Эти и другие им подобные качества, по сути, есть рефлекторная реакция «среднего» человека на целевые воздей-

ствия со стороны системы. Целевые – в том смысле, что таким системам нужны либо люди-элементы, обладающие именно такими качествами, либо «серые» и неприметные. Иных они не приемлют и стремятся исключить из своего состава как чуждых. Тем самым создается иллюзия устойчивости. Но, как известно, любая иллюзия – это не более чем обман чувств, вызванный искаженным восприятием действительности, поэтому целеполагающие социальные системы обречены в эволюционном плане и не имеют исторической перспективы.

Самоорганизующиеся системы объединяют в себе черты адаптивных, целенаправленных и целеполагающих. Рассматривая и изучая поведение систем, обычно исходят из того, что источником, побуждающим систему изменять свое состояние, служит внешнее (стороннее) воздействие. То есть предполагается, что смена состояний и, соответственно, характер поведения систем формируются по принципу «внешний стимул – внутренняя реакция». Однако невозможно отрицать и те наблюдаемые ситуации, когда в природных и общественных системах изменения их состояний происходят безотносительно к воздействиям со стороны, то есть под давлением только внутренних факторов. Следовательно, помимо механизмов «стимул – реакция», определяющих поведение систем в результате принуждающего воздействия среды или надсистемы, существуют механизмы собственной регуляции, отражающие внутренние потребности развития самих систем и служащие признаком их активности. Процессы поведения систем, в основе которых лежат механизмы, обуславливающие самостоятельное изменение их состава, структуры и параметров без принуждающего целевого вмешательства извне, получили название самоорганизации, а сами системы, в которых реализуются такие механизмы, называются самоорганизующимися.

При разделении систем на адаптивные, целенаправленные, целеполагающие и самоорганизующиеся происходит последовательное возрастание уровня системности. Каждый последующий

тип систем включает в себя свойства предыдущего и дополняет его новыми свойствами. Системы более высокого уровня могут содержать в своем составе подсистемы более низкого уровня. Например, человек – самоорганизующаяся система, состоит из органов (целенаправленных подсистем), а органы состоят из тканей – адаптивных подсистем.

Но не исключены другие варианты, в частности, когда система состоит из подсистем такого же уровня сложности, как и она сама, или, может быть, еще выше. Последний вариант интересен в том плане, что может порождать неустойчивость в развитии системы. Подсистемам с более высоким уровнем организации становится как бы «тесно» в рамках системы с низшим уровнем развития. Низы не могут жить по-старому, а верхи не хотят жить по-новому. В результате образуются внутренние противоречия, чреватые катастрофическими последствиями как для системы в целом, так и для ее отдельных компонентов. Такое развитие событий характерно для социальных систем и неоднократно наблюдалось в истории почти всех государств в виде революций, контрреволюций, экономических и политических кризисов и других катастрофических явлений.

5.6. Естественные, искусственные и концептуальные системы

Естественные системы образованы космическими, планетарными, геосферными, молекулярными, атомарными и другими природными объектами. Это системы, возникновение и развитие которых не связано или почти не связано с деятельностью человека. Например, солнечная система или система тектонических плит, образующих кору Земли. В настоящее время на Земле и в околоземном пространстве остается все меньше таких систем. Человек все активнее вмешивается в природные процессы, нарушая естественный ход их развития. Такое вмешательство вызывает обратную реакцию со стороны естественных систем. В

результате возникают проблемы конфликтного характера, которые принято называть экологическими. Сегодня эти проблемы приобрели ранг глобальных общечеловеческих, предоставив тем самым неограниченное поле деятельности специалистам по системному анализу.

Искусственные системы – это результат практической деятельности человека. К ним относятся все те системные объекты, что организуются, создаются, выращиваются и выводятся людьми: банки, производственные фирмы и промышленные предприятия, животноводческие и растениеводческие хозяйства, научно-исследовательские институты, учебные учреждения и многое другое.

Важное место в ряду этого многообразия занимают технические системы – военные, промышленные, коммуникационные, энергетические, технологические и другие. Бурное развитие технических систем вывело человечество на новый виток эволюции, и вполне естественно, что наибольшее развитие системный анализ получил при решении проблем, связанных с исследованием этого класса систем. Возникла и успешно развивается комплексная научно-техническая дисциплина – системотехника [Дружинин, Конторов, 1985; Конторов, 1993], представляющая собой специализированный раздел системного анализа, направленный на изучение, проектирование и конструирование сложных технических объектов. При этом учитывается не только работа механизмов, но и действия человека-оператора, управляющего ими, а также политические, экономические, социальные и другие факторы, влияющие на принципы их построения и характер функционирования. Поэтому в системотехнике вместо термина «техническая система» часто используется другой, более точный термин «эргатическая (человеко-машинная) система», которым подчеркивается единство человека и техники.

Особый подкласс образуют кибернетические, или робототехнические системы. Отличительная особенность таких систем состоит в их способности осуществлять логические операции по

целенаправленной переработке информации, приводящие к тем же результатам, что и человеческое мышление, а затем реализовывать результаты этих операций в виде действий. Основа таких систем – информационно-компьютерные технологии.

Концептуальные системы – это выраженные в символьной форме представления людей, отражающие прошлую, настоящую и будущую реальность. Примерами такого класса систем служат научные теории; описательные, логические и математические модели; компьютерные программы; технические задания на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; эскизные проекты и рабочие чертежи различных устройств и сооружений; топографические карты; различного рода полиграфическая (газеты, журналы, книги), художественная и рекламная продукция. Все эти объекты могут быть предметом системных аналитических исследований.

Концептуальным системам присущи важные особенности, определяющие специфику их анализа. Смысловая информация, которую несут в себе эти системы, содержится не только в самих символах, но и «между символами»: $I_0 = I_S + I_M$, где I_0 – полная информация системы, I_S – информация, содержащаяся в символах, I_M – информация, содержащаяся «между символами».

Например, читая заметку в газете, мы воспринимаем не только слова и текст, но и то, что хотел или не хотел сказать автор этой заметки. Межсимвольная информация не есть что-то гипотетическое. Это вполне реальная информация, материальным носителем которой выступает человек, точнее, его механизмы ассоциативного восприятия и мышления. Различного рода символы только инициируют эту информацию, но не содержат ее. Поэтому одни и те же символы способны инициировать самую различную информацию в зависимости от того, кто или что является ее приёмником, и для чего он ее использует.

Концептуальные системы, у которых $I_M \rightarrow 0$ или в которых можно подходящей заменой символов минимизировать межсимвольную информацию, сохранив при этом смысловой объем

полной информации, называются формальными. Примерами формальных концептуальных систем могут служить арифметика, геометрия, алгебра, теория дифференциального и интегрального исчисления, теория исчисления предикатов. В составе этих систем имеются заложенные человеком механизмы формальных эквивалентных преобразований, позволяющие за конечное число шагов установить истинность существующих или вновь образованных символьных структур (их соответствие исходным аксиомам). Информация, которую несут в себе формальные системы, воспринимается однозначно или почти однозначно. Неопределенность в ее трактовке сведена к минимуму.

Концептуальные системы, у которых составляющие их символы содержат в себе минимум смысловой информации ($I_S \rightarrow 0$), называются абстрактными (от лат. *abstractio* – удаление, отвлечение). В этих системах содержательная информация заключена преимущественно вне изображающих символов. Информация, содержащаяся в абстрактных системах, воспринимается неоднозначно и несет в себе максимальную неопределенность. Наглядной иллюстрацией системы с крайней степенью абстракции может служить известная картина К. Малевича «Черный квадрат».

Анализ символов, образующих такую систему, не имеет смысла, поскольку в них практически отсутствует содержательная информация, а если таковой производится, то ошибочность решений гарантируется. В системах этого класса предметом анализа должны выступать не сами символы, а характер их влияния на внешнее окружение. Неважно, какими символами в абстрактную систему закладывается информация, – важен ее смысл и то, как она воспринимается окружающими и какое оказывает воздействие на них.

Формальные и абстрактные системы образуют крайние классы концептуальных систем. Все остальные концептуальные системы относятся к смешанным, которые занимают промежуточное положение между формальными и абстрактными системами в зависимости от того, как соотносятся между собой I_S и

I_M . Предметом анализа в этих системах являются как сами символы, так и характер их влияния на окружающие системы. Примером смешанной системы с $I_M \gg I_S$ служат естественные языки, то есть языки, на которых люди общаются между собой. В качестве концептуальной смешанной системы с $I_M \ll I_S$ можно привести языки, используемые в теории нечетких множеств.

Еще один специфический класс образуют так называемые латентные концептуальные системы. Информация, содержащаяся в этих системах ($I_0 \neq 0$), по ряду причин не может быть на данный период времени воспринята конкретным человеком. Примером латентной концептуальной системы может служить иностранный язык для человека его незнающего или криптограмма при отсутствии расшифровывающего ключа.

5.7. Прогрессирующие и регрессирующие системы

Прогрессирующими называются системы, развитие которых идет в направлении достижения ими своей потенциальной эффективности. Такие системы в ходе своего развития все лучше и лучше выполняют свою основную функцию, то есть их состав и структура меняются таким образом, что со временем сокращается разность между реальной и предельно возможной эффективностью.

У регрессирующих систем наблюдается прямо противоположная тенденция. С течением времени они все хуже и хуже выполняют свою основную функцию. Разрыв между их реальной и потенциальной эффективностью постоянно возрастает, и через некоторое время они достигают области своей естественной гибели.

Как следует из определения, разделение систем на прогрессирующие и регрессирующие связано с оценкой их потенциальной эффективности. Изучением этого вопроса занимается теория потенциальной эффективности [Флейшман, 1971], целью которой является формулировка общих предельных законов, ограни-

чивающих эффективность сложных систем любой природы. Например, для физических систем предельным является закон сохранения энергии: если в изолированную систему из среды за время Δt поступило энергии ΔQ , то общее количество энергии ΔU , которое система может выделить в среду за то же время, не может быть больше ΔQ ($\Delta U \leq \Delta Q$). Любые нарушения этого фундаментального закона обнаруживают, что система имела некоторую запасенную энергию, которую она выделяла в это время в среду независимо от того, что она получала от среды. В любых обменах такого рода всегда оказывается, что общее количество энергии не возникает и не исчезает, а лишь обменивается. Закон сохранения энергии называется первым началом термодинамики и является постулатом, основанным на эмпирическом опыте.

В теории потенциальной эффективности постулируется положение о том, что для широких классов систем $A \in \mathfrak{A}$ и противодействующих им сред $B \in \mathfrak{B}$ существует величина:

$$V^* = V(U, A^*, B^*) = \max_{A \in \mathfrak{A}} \min_{B \in \mathfrak{B}} V(U, A, B),$$

где U – количество абстрактных ресурсов, расходуемых системой, которыми она «расплачивается» со средой за V приобретаемых абстрактных ресурсов, A^* и B^* – экстремальные в классах \mathfrak{A} и \mathfrak{B} система и среда соответственно.

В случае отсутствия противодействия между системой и средой в приведенном соотношении не берется второго экстремума, и вместо «наихудшей» для системы среды B^* фигурирует фиксированная среда B . Оцениваемая таким образом предельная (потенциальная) эффективность системы называется максиминной. Такие оценки хотя и находят применение в практике системного анализа, но обладают рядом ограничений. Наиболее существенное из них связано с невозможностью определения областей \mathfrak{A} и \mathfrak{B} не столько в силу незнания существа происходящих процессов, сколько из-за того, что их формирование происходит в ходе взаимодействия системы и среды. Реальные си-

туации такого взаимодействия характерны тем, что система непрерывно формирует локальную среду, под влиянием которой изменяется сама, следовательно, по-новому влияет на среду и так далее. Эта последовательность, как правило, не сходится, то есть математическая задача поиска экстремума функции $V(U, A, B)$ чаще всего не имеет решения. Сказанное становится определенным для конфликтного взаимодействия системы и среды. Как известно, конфликтные задачи не имеют оптимальных решений в смысле максиминного критерия [Дружинин, Конторов Д., Конторов М., 1989]. Следовательно, для конфликтующих систем невозможно однозначно определить, являются они прогрессирующими или регрессирующими. Если исходить из того, что любая система конфликтна по своей природе, то не существует ни постоянно прогрессирующих, ни постоянно регрессирующих систем. При анализе конфликтующих систем можно с уверенностью сказать только то, что в своем развитии они переживает периоды, как регресса, так и прогресса. Все остальные утверждения – не более чем эмоции, предположения или стремление выдать желаемое за действительное, продиктованное не научными, а скорее идеологическими соображениями.

Таким образом, вывести объективное суждение о том, прогрессирует или регрессирует система в данный период своего существования, можно только при сопоставлении тенденции изменения ее реальной эффективности с потенциальной эффективностью. Любые другие способы определения вектора развития систем следует признать субъективными.

5.8. Многоуровневые и иерархические системы

На первый взгляд может показаться, что такое разделение носит тавтологический характер и не несет никакой смысловой нагрузки. Это – заблуждение, чреватое ошибочным пониманием сути проводимых исследований.

Понятием «многоуровневая система» подчеркивается, что в объекте анализа выделяются страты или слои его устройства (естественно, совместно с существующими между ними отношениями, связями и взаимодействиями). Образно многоуровневую систему можно сравнить со слоеным пирогом, коржи которого соответствуют стратам или слоям, а кремовые прослойки – отношениям, связям и взаимодействиям. Если речь идет о стратах, то в многоуровневом характере построения данной системы фиксируется информация о ее предыстории. Каждая отдельно взятая системная страта – это след какого-либо важного этапа в развитии систем данного вида, интегральная «память» данной системы о тех многочисленных превращениях, которые происходили с ее предшественницами. В ходе эволюции происходит последовательное наращивание систем принципиально новыми стратами. При этом старые страты не уничтожаются и не исчезают, а сохраняются, выполняя функцию базы для развития каждой последующей системы. Так, например, молекулярный уровень строения живых организмов – это генетическая память о химической фазе эволюции нашего мира, а клеточный уровень – память о начальной фазе биологической эволюции.

В случае, когда понятие «уровень» осмысливается как слой, многоуровневый характер представления системы отражает эволюцию взглядов исследователя на ее внутреннее устройство, глубину его проникновения в изучаемый объект. Чем глубже познается система, тем больше выделяется в ней уровней-слоев и, следовательно, повышается многоаспектность ее анализа. Напомним, что предельно низким считается трехуровневая стратификация (надсистема – система – компоненты). При более низкой степени стратификации облик исследуемой системы становится недоопределенным. Высшей степенью признается семиуровневая стратификация, при которой достигается наиболее полное представление об изучаемом объекте.

Понятием «иерархическая система» подчеркивается ее эшелонированное строение. Образным представлением такой си-

системы может служить русская матрешка, состоящая из множества фигур, последовательно вкладываемых одна в другую. Иерархичность есть следствие ограниченных способностей управляющих компонентов системы по приему, обработке и выдаче информации. Как показывают многочисленные наблюдения, развитие систем сопровождается комбинаторным или как минимум экспоненциальным увеличением количества циркулирующей информации [Эшби, 1959]. Лавинообразное увеличение объемов информации в процессе развития систем приводит к тому, что их управляющие компоненты с некоторого момента времени перестают справляться с переработкой информации, и эффективность системы начинает резко падать. Естественной реакцией на снижение эффективности является декомпозиция общей задачи управления на более мелкие подзадачи, решение которых возлагается на вновь формирующиеся компоненты. Иными словами, нарастающие потоки информации должны перераспределяться по всей развивающейся системе так, чтобы не было информационной перегрузки в ее отдельных частях. В противном случае система становится неуправляемой и рано или поздно погибнет под действием неблагоприятных факторов среды. Информация как бы убивает систему, неспособную к декомпозиции. Вместе с тем, наряду с расчленением, возникает потребность сохранения целостности системы (иначе, устранив перегрузку, можно породить хаос) – образуются отношения соподчинения, формируется то, что называется иерархией.

Нетрудно заметить, что в природе не существует одноуровневых и неиерархических систем. Все без исключения реальные системы представляют собой многоуровневые иерархические образования, способные к дальнейшему расчленению и объединению. Однако в практике системных исследований допускается выделение одноуровневых и неиерархических систем при условии, что при этом осознается предельная степень идеализации изучаемого объекта и специально оговаривается условность результатов их анализа. Приступая к анализу какого-либо нового

объекта, можно не сразу увидеть многоуровневый и иерархический характер его устройства. Для слабо изученных объектов такое положение вполне допустимо, но неестественно. Системный аналитик обязан уже на начальном этапе исследования исходить из того, что в последующем придется проводить стратификацию и эшелонирование изучаемого объекта и в связи с этим уточнять полученные ранее результаты исследований, казавшиеся абсолютно достоверными. В противном случае он сам становится на путь «проб и ошибок» и втягивает в эту рискованную процедуру заказчика.

Резюме. Выше были рассмотрены наиболее распространенные классы систем и выделены соответствующие признаки, позволяющие производить их более-менее строгую идентификацию. С одной стороны, это дало возможность глубже понять концептуальное устройство систем и многообразие механизмов их функционирования, но, с другой стороны, привело к нарушению целостности анализа.

Дело в том, что указанные классы систем (как и любые другие) невозможно вычленивать в абсолютно чистом виде. Одна и та же система может относиться одновременно к различным классам, исследование которых по отдельности приводит, как правило, к получению некорректных, а то и ошибочных результатов. Поэтому подчеркнем еще раз, что любая классификация в определенной мере условна и должна рассматриваться не как самоцель, а лишь в качестве методического инструмента разноаспектного, послойного и комплексного изучения систем.

Результаты частных исследований не следует абсолютизировать, а представительное суждение об изучаемой системе целесообразно формировать, основываясь на обобщенной информации обо всех ее аспектах. Естественным, что при этом усложняется и удорожается процесс научных исследований, но зато повышается достоверность результатов и обоснованность выводов.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. КОНФЛИКТЫ, САМООРГАНИЗАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ

При проведении системно-аналитических исследований конфликты, самоорганизация и эволюция выступают базовыми категориями. Помимо глубокого смыслового содержания, они несут в себе мировоззренческие позиции, формирующие методологию комплексного подхода к анализу и моделированию систем вне зависимости от их природы и задач исследования. Обычно эти категории анализируются по отдельности, мы же, следуя системной традиции, будем рассматривать их во взаимной связанности и причинной обусловленности, будучи уверенными в том, что конфликты, самоорганизация и эволюция есть аспекты одной и той же сущности – бытия.

ГЛАВА 6. КОНФЛИКТЫ

6.1. Типологический анализ конфликтов

Типологический анализ представляет собой удобный и неоднократно апробированный методический прием, позволяющий приступить к изучению различных сторон таких многогранных явлений как конфликты, и получить при этом необходимые первичные знания.

Сущность типологического анализа заключается в выделении представительных признаков конфликтов и в их группировании в классы на основании общности этих признаков.

В настоящее время сложилось достаточно много разнообразных подходов к решению этой проблемы, однако с системной позиции предпочтение следует отдать подходу, при котором конфликты рассматриваются в их расширенном толковании как многогранное первообразное явление, присущее всем объектам нашего мира. Тогда можно приступить к типологическому ана-

лизу конфликтов, отталкиваясь от классификационной схемы, приведенной на рис. 6.1.



Рис. 6.1. Общая классификация конфликтов

Строго говоря, такая типизация (как и любая другая) условна. Далее будет показано, что выделенные классы конфликтов эволюционно связаны и как раз изучение этих связей служит основанием для выявления системных закономерностей. Однако, не расчленив сложное явление на составные части, невозможно понять сути целого.

Социальные конфликты. Центральным звеном этих конфликтов, выступает человек как социальная категория. Все остальное рассматривается в связи с этим и исходя из этого. Поэтому для классификации социальных конфликтов представляется уместным использование типологии общественных противоречий. Соответственно можно выделить следующие классы социальных конфликтов: экономические, финансовые, политические, военные, юридические, производственные, религиозные, этнические, информационные, психологические, духовные, бытовые, конфликты-игры и другие (рис. 6.2).

Экономические конфликты происходят в подсистеме общества, которая осуществляет преобразование природных ресурсов в продукты, удовлетворяющие материальные потребности его членов. Они связаны с возникновением, развитием и разрешением противоречий экономического характера. Большинство из них гасится на начальных стадиях, но некоторые прорываются

наружу в виде производственных, аграрных, сырьевых и других кризисов, вовлекающих в свою сферу политические, военные и иные стороны общественных отношений.

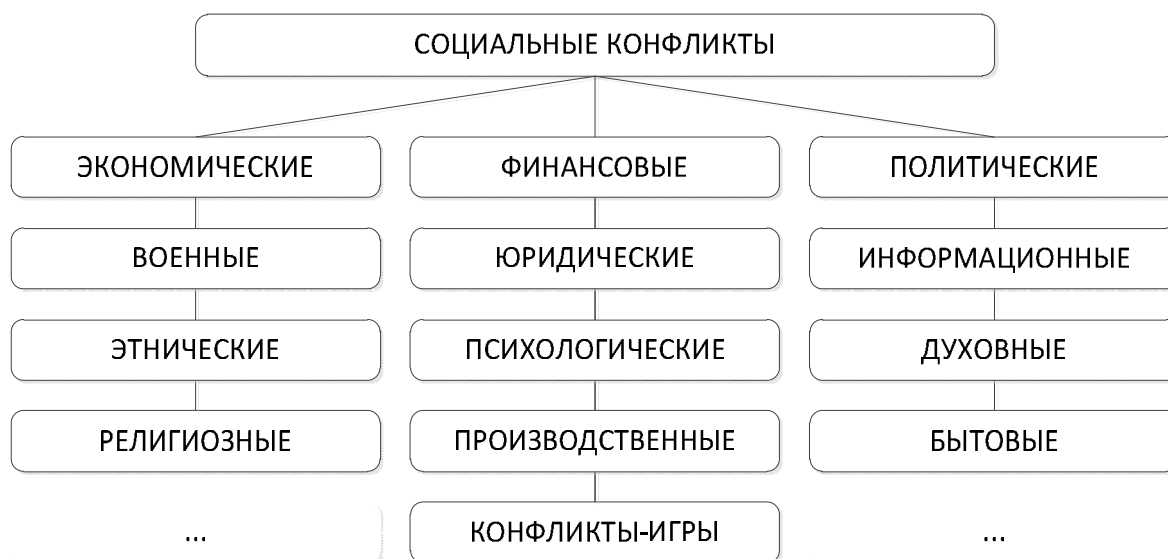


Рис. 6.2. Классификация социальных конфликтов

Важной чертой экономических конфликтов является их постоянство, повторяемость проявлений и присутствие составляющей, оказывающей негативное влияние на все стороны общественной жизни. Это дало основание считать экономические конфликты вредными явлениями, предвестниками краха тех систем, в которых они происходят. Их существование объяснялось порочностью рыночных отношений, порожденной противоречиями классового характера. Развитие общества не подтвердило этой точки зрения. Попытки ликвидировать экономические конфликты путем построения систем с жесткой планово-централизованной экономикой оказались неконструктивными. Такие системы сами по себе превратились в «застывший» экономический конфликт, готовый взорваться в любую минуту, что и произошло с экономикой СССР в постперестроечный период.

Более конструктивной представляется другая позиция, в соответствии с которой экономические конфликты рассматриваются как естественные и необходимые явления в процессе самоорганизации и саморегулирования рыночной экономики, спо-

собствующие ее развитию. В них реализуются адаптационные механизмы, реагирующие на возникающие рыночные противоречия, стимулирующие поиск рациональных путей разрешения этих противоречий и вынуждающие экономическую систему возвращаться к устойчивому состоянию. В том случае, когда участники экономических конфликтов не обладают классовой предрасположенностью к взаимному уничтожению, эти конфликты не приводят к разрушению общественного строя. Иными словами, негативные проявления экономических конфликтов обусловлены не их сущностными свойствами, а уровнем цивилизационного развития общества, в котором они происходят. Цивилизованное общество стремится к глубокому познанию сути и закономерностей явлений, влияющих на его социально-экономическое развитие, а потому всегда найдет такие варианты разрешения конфликтов, которые ведут не к жертвам и потрясениям, а к развитию и процветанию. Нецивилизованное же сообщество будет уповать на волю случая, проводить сомнительные эксперименты, оправдывая негатив действием «объективных» экономических законов и искать «врагов народа», наказывая невиновных, а знания о конфликтах исказит и обратит во вред.

Способность экономической системы к саморегулированию зависит от того, как соотносятся интересы государства и людей. Система способна к эффективному саморегулированию, если государство существует для людей не на словах, а на деле, и выступает в качестве помощника, способствующего предпринимательству. Если же внутригосударственные отношения выстроены так, что люди существуют для государства, и оно через чиновников монополизировало все функции по управлению экономикой, то экономическая система неспособна к саморегулированию. Она начинает работать на коррумпированные группы, криминальные слои, политические семьи и другие полулегитимные образования, оставляя потребности простых граждан вне сферы своих интересов, превращаясь в систему тотальной коррупции. Таким образом, коррупция всегда будет процветать в

том государстве, где доминирует принцип: «люди для власти», и может быть сведена к минимуму там, где власть существует для людей.

Можно сформулировать и другую системную закономерность. Когда за управление экономикой берутся политики – экономическое крушение неизбежно. Когда за это дело берутся экономисты – исход тот же. Когда за управление экономикой берутся юристы – итог ещё хуже... Любой однобокий несистемный подход к управлению экономикой – это путь к катастрофе. В нормальной системе экономика должна управляться сама собой, а политики, экономисты, юристы и другие специалисты должны способствовать этому процессу, или, по меньшей мере, не мешать его развитию.

Финансовые конфликты связаны с борьбой олигархических группировок за управление денежными потоками в экономике. В процессе своего развития они часто выливаются в валютные, денежно-кредитные и финансовые кризисы. Характерной чертой финансовых конфликтов является то, что они проходят на фоне экономических и служат индикатором состояния общей экономической обстановки. Они заблаговременно сигнализируют о наметившихся тенденциях и возможных поворотах в экономической ситуации. В том случае, если экономическая система обладает свойством саморегулирования, в ней начинают развиваться стабилизационные процессы, в конечном итоге сглаживающие или предотвращающие развитие экономических кризисов. Если же система не обладает таким свойством, то она игнорирует эти предупреждающие сигналы и неминуемо переходит в состояние устойчивого кризиса. В промежуточных случаях (при частичном саморегулировании) система вяло вползает в полосу экономических катаклизмов и дальнейшее развитие событий становится непредсказуемым.

Политические конфликты происходят в социальной сфере, ядро которой составляет завоевание, удержание и использование власти. Любой конфликт приобретает политическую окраску,

если он связан с борьбой за власть. История всех цивилизаций представляет собой непрерывную цепь политических конфликтов различного масштаба и значимости – начиная от доктрин завоевания мирового господства и заканчивая стремлением захватить власть в отдельно взятой семье.

Как известно, власть – это возможность подчинять своей воле, управлять или распоряжаться действиями других людей. Стремление к власти появилось вместе с возникновением человеческого общества и будет в той или иной форме всегда сопутствовать его развитию, поскольку власть необходима, прежде всего, для организации общественного производства, которое немыслимо без подчинения всех участников единой воле, а также для регулирования других взаимоотношений между людьми, связанных с жизнью в обществе. Поэтому власть можно рассматривать как своеобразный ресурс, необходимый для существования людей и социальных групп. Дефицит или избыток этого ресурса в различных формах проявления служит неиссякаемым источником всевозможных политических конфликтов между людьми и социальными группами.

Конечно, социальные группы представляют собой разнообразные иерархические системы, в которых взаимодействуют экономика, религия, культура, искусство, географическая среда, быт людей, нормы их поведения и т.д. Однако их развитие происходит в политическом пространстве, состояниями которого выступают, с одной стороны, крайние политические режимы власти (деспотия, теократия, авторитаризм, тоталитаризм и т.п.) и, с другой стороны, – различные формы демократий, от древнегреческих до современных западных.

Переходы от крайних политических режимов власти к демократиям и наоборот – суть политические конфликты, проявляющиеся в виде революций, контрреволюций, переворотов, мятежей и других общественных потрясений. В своем большинстве они деструктивны, так как ведут к разрушению сложив-

шихся в обществе устоев, страданиям ни в чем не повинных людей, неоправданным человеческим жертвам.

Следует уточнить, что развитие общества по демократическому пути также связано с политическими конфликтами. Отличительная черта этих конфликтов состоит в том, что в своей основе они легитимны (от лат. *legitimus* – законный, узаконенный). Легитимность политических конфликтов не снимает остроты и напряженности в общественных отношениях, но существенным образом гуманизирует их последствия и проявления. Кроме того, в условиях демократии существует реальная возможность институционализации политических конфликтов. Она достигается созданием различного рода комитетов, общественных объединений, посреднических организаций и других институтов, деятельность которых направлена на предупреждение кризисных ситуаций, урегулирование спорных вопросов, предотвращение переходов политических конфликтов в военные и т.п.

Несмотря на достаточно большие возможности, которые открывает демократия в плане легитимизации и институционализации политических конфликтов, всегда существует опасность ее разрушения и перехода к одному из крайних режимов власти. Демократия не является данным богом состоянием общества – это всегда результат политической борьбы, сохранение которого тоже есть политическая борьба.

Когда наука касается политики, всегда существует реальная опасность перепачкаться или впасть в немилость. Тем не менее, скажем несколько слов о той фигуре, которая, олицетворяя власть, тесно связана с политическими конфликтами, – о вожде. Еще в третьем веке до н.э. древнекитайский философ Чжуан-цзы в своем трактате «Дао Дэ Цзин» высказал мысль, которая актуальна и по сей день: *«Лучший вождь тот, о котором мы знаем лишь то, что он существует. Несколько хуже вождь, который требует от нас любви и восхваления. Ещё хуже вождь, перед которым мы трепещем и которого мы боимся. А хуже всех тот вождь, над которым мы смеёмся и которого мы презира-*

ем». С тех пор прошло более двух тысячелетий, а у нас в стране, помимо дураков и дорог, все также фигурируют и даже набирают силу две чрезвычайно конфликтогенные «напасти»: внизу – власть тьмы, вверху – тьма власти.

Если отвлечься от эмоциональной стороны политических конфликтов, то их классификация может быть изображена в виде схемы, представленной на рис. 6.3.

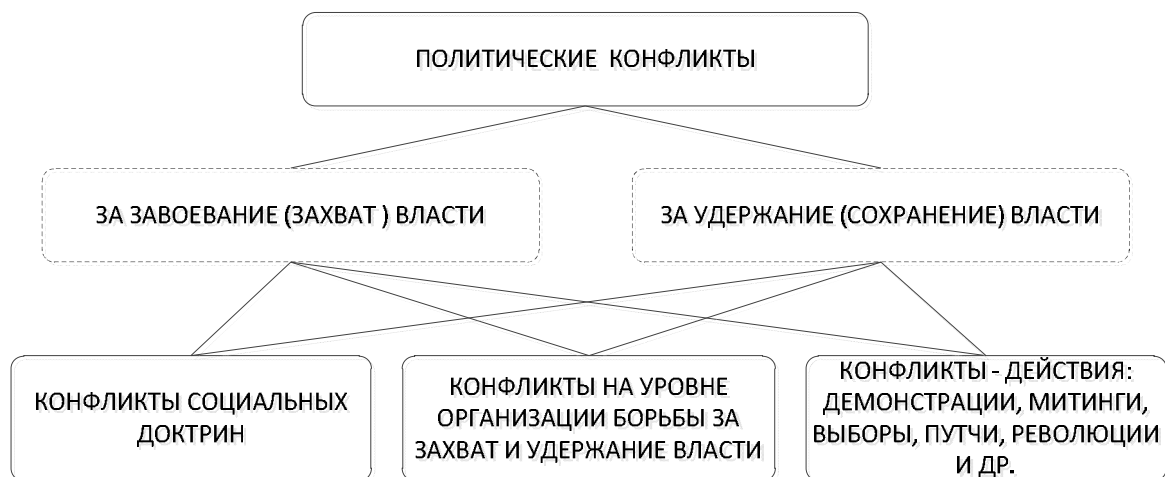


Рис. 6.3. Классификация политических конфликтов

Важной чертой политических конфликтов является использование для их разрешения как силовых, так и несиловых способов. В первом случае они балансируют на грани перехода в военные, во втором – приобретают юридическую окраску.

Военные конфликты представляют собой способ разрешения социальных противоречий с использованием вооруженных сил. В этих конфликтах военная сила – главный аргумент, а основная форма выражения – война, которая по известному выражению Карла Клаузевица «... есть продолжение политики другими средствами».

Следует обратить внимание на то, что войны являются лишь частью военных конфликтов, которые принято называть «горячими», в отличие от «холодных» конфликтов, в которых эта часть отсутствует. Любой войне предшествует комплекс меро-

приятий, проводимых в мирное время. К таким мероприятиям в частности, относятся:

а) формирование военной доктрины государства и проведение организационно-мобилизационных мероприятий по подготовке к вероятным войнам и боевым действиям;

б) строительство вооруженных сил (кадровая работа, научно-исследовательские, опытно-конструкторские и испытательные работы по созданию и модернизации вооружения и военной техники; серийное производство оружия; формирование воинских подразделений, расквартирование войск, содержание личного состава и др.);

в) поддержание вооруженных сил и оружия в необходимой степени боеготовности (обучение личного состава, проведение учений, тренировок, ремонт и обслуживание техники и т.п.).

Обычно завершение военных конфликтов связывают с победой или поражением какой-либо из конфликтующих сторон. Эта задача – бессмысленна, прежде всего, ввиду отсутствия объективных критериев победы/поражения. Как отмечал еще Наполеон Бонапарт, по окончании войны единственная разница между победителем и побежденным (если таковые имеются) состоит в различном состоянии их духа – у побежденного он подавлен, у победителя он достигает наивысшего подъема, материальные же потери и приобретения разнятся мало.

Кроме того, по истечении определенного времени часто оказывается, что тот, кто считался победителем, на самом деле является проигравшим, и, наоборот, проигравший, в конечном счете, выходит из военного конфликта победителем. Отсюда следует, что непременным этапом любого военного конфликта является оценка его конечного итога, что порождает многочисленные, но, как правило, неразрешимые, споры между политиками, историками, социологами и простыми людьми, так или иначе втянутыми в прошедшие конфликтные события.

Учитывая сказанное, классификацию военных конфликтов можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 6.4.

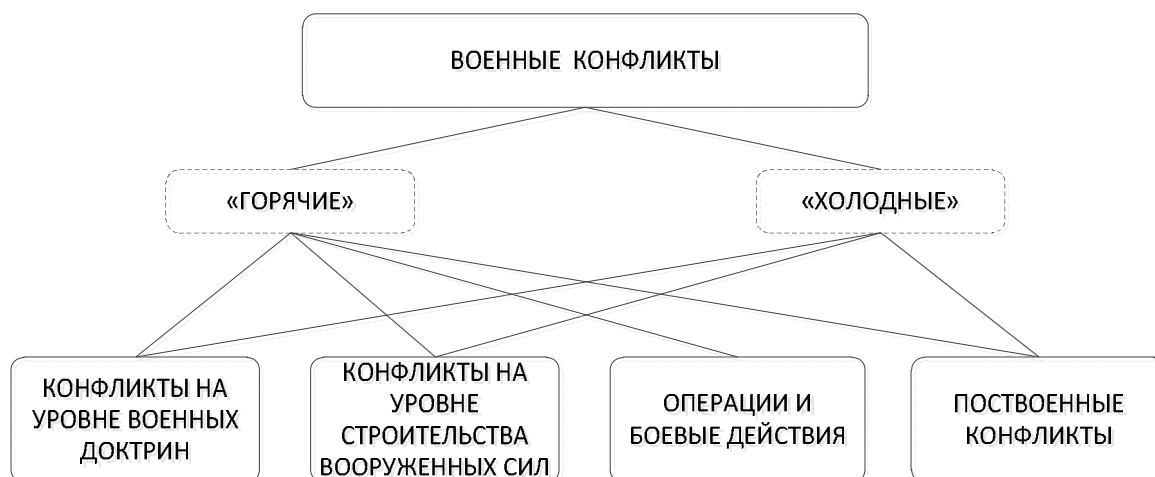


Рис. 6.4. Классификация военных конфликтов

Завершая рассмотрение военных конфликтов, отметим:

- за все время существования наших вооруженных сил наибольший урон им был нанесен не внешними врагами, а собственным командирами и высшим политическим руководством;
- для обеспечения обороноспособности страны надо вкладывать в вооруженные силы не только деньги, но и головы, с чем у нас всегда было плохо, а в настоящее время – не просто плохо, а катастрофически плохо;
- значительный урон обороноспособности государства приносит армейская дедовщина, которая коренится в той армии, где командир управляет солдатом, а не процессом его подготовки к боевым действиям.

И последнее. В какой бы форме не проводились вооруженные конфликты, в них нет гуманных решений; они служат показателем низкого уровня цивилизационного развития общества. Действительно, для нецивилизованного социума война – это единственно возможный путь разрешения политических, экономических и других противоречий, поэтому она представляется фатально неизбежной. Для социума, в котором присутствует хотя бы малая доля цивилизованного отношения к самому себе и своим членам, возможны и другие пути разрешения социальных

противоречий. Один из таких путей состоит в переводе военных и других взрывоопасных конфликтов в юридическую сферу.

Юридические конфликты – основной способ и процесс правового разрешения противоречий в человеческих сообществах с достаточно высоким уровнем цивилизационного развития. Почти любой социальный конфликт на любой стадии развития можно перевести в юридическую плоскость и там найти приемлемые варианты его урегулирования. Юридический аспект в том или ином виде присутствует во всех социальных конфликтах и затрагивает всю иерархию социума – от отдельного человека до межнационального единства.

Можно выделить три условия, необходимых для перевода социальных конфликтов в юридическую плоскость: стремление к доброй воле, существование правовой базы и наличие в обществе развитых правовых институтов.

Добрая воля – это то, что побуждает участников конфликта разрешать возникающие противоречия на правовой, а не на какой-либо другой основе. На первый план в этом случае выходят культурные, морально-нравственные и духовные принципы, воплощающие идеалы гуманизма.

Правовая база – это совокупность законов и других правовых актов, на основе которых возможно разрешение противоречий. На межгосударственном уровне она включает договорные нормативные акты, регламентирующие действия сторон в международных отношениях. На внутригосударственном уровне к ней относится вся система законодательных актов, санкционированных данным государством, и по сути представляющая собой некий общественный договор, контроль за соблюдением которого поручен государственным правоохранительным (правоприменительным) органам.

Правовые институты – это организации, которые, опираясь на добрую волю и правовую базу, способствуют достижению конкретных договорённостей между участниками конфликта, контролируют соблюдение сторонами условий этих соглашений

и принимают меры по пресечению нарушений принятых договорных обязательств. В международном масштабе это Организация Объединённых Наций, Международный суд по правам человека, Международный арбитражный суд, Европейская межпарламентская ассамблея и т.п. В масштабе государства – Парламент, Конституционный, Верховный и Высший арбитражный суды, милиция, налоговая полиция и т.п. В масштабе региона – республиканские, областные, городские и районные суды, арбитражи, управления внутренних дел и другие правоохранительные (правоприменительные) органы.

Юридические конфликты можно рассматривать как в узком, так и в широком плане. В узком плане – это «противоборство» между субъектами, образующими систему юриспруденции. Типичными примерами здесь служат нефальсифицированные дебаты между защитой и обвинением в судебном процессе или борьба за высшие должности в юридических организациях. Для таких конфликтов характерны все типы противоречий: личностные, материальные, властные и т.д. По сути, в юридических организациях проистекают те же конфликты, что и в любых других социальных структурах. Поэтому можно говорить о политических, экономических, финансовых, психологических и других юридических конфликтах. Анализ этих конфликтов представляет собой самостоятельную научно-практическую проблему, имеющую значение не только для развития самой юриспруденции, но и для всего общества. Речь идет о том, что организации, работающие в юридической сфере, должны иметь внутренне непротиворечивую структуру, позволяющую им эффективно выполнять свои основные функции. В частности, законотворческие органы обязаны синтезировать неконфликтогенную правовую базу, содержащую нормативные акты, которые:

- не оставляют вне поля своего действия сколько-нибудь значимых конфликтных общественных отношений;
- не противоречат самим себе и ранее принятым действующим нормативным актам;

- соответствуют общепризнанным нормам этики, морали и нравственности;
- не ущемляют и не лоббируют интересы каких-либо социальных групп и слоев населения;
- не дифференцируют население по каким-либо признакам и не стимулируют в обществе социальных протестов;
- не обрастают множеством подзаконных актов, нивелирующих действие основных законов и практически исключающих их эффективное применение.

В широком плане юридическим следует признать любой конфликт, в котором противоречия так или иначе связаны с правовыми отношениями сторон (их юридически значимыми действиями или состояниями) и следовательно, субъекты (мотивация их поведения) либо объект конфликта обладают правовыми признаками, а сам конфликт влечет юридические последствия. Так, например, юридическими по своей природе являются многие межгосударственные, политические, экономические, трудовые и межнациональные конфликты, если они затрагивают конституцию страны, соглашения между регионами, политическими движениями, экономическими и финансовыми группами, ветвями власти, статус наций и национальностей. К юридическим следует отнести семейно-бытовые конфликты, завершающиеся обращением супругов в судебные органы. Иначе говоря – не каждый конфликт юридический, но практически каждый может завершиться той или иной юридической процедурой и, соответственно, отнесен к этому классу конфликтов.

Юридические конфликты классифицируются по самым разнообразным признакам. Одна из возможных (далеко не полных) классификаций, основанная на выделении субъектов конфликта и характера правонарушений, приведена на рис. 6.5.

В юридических конфликтах принуждение не является экстраординарным или противопоказанным. Важно, чтобы принуждение не превращалось в орудие произвола, не нарушало прав человека, не унижало его достоинства, а также не исполь-

зовалось как инструмент вымогательства. К сожалению, на практике нередки случаи противоправных действий самих правоохранительных органов, что служит источником новых дополнительных конфликтов, попадающих в сферу действия юриспруденции.

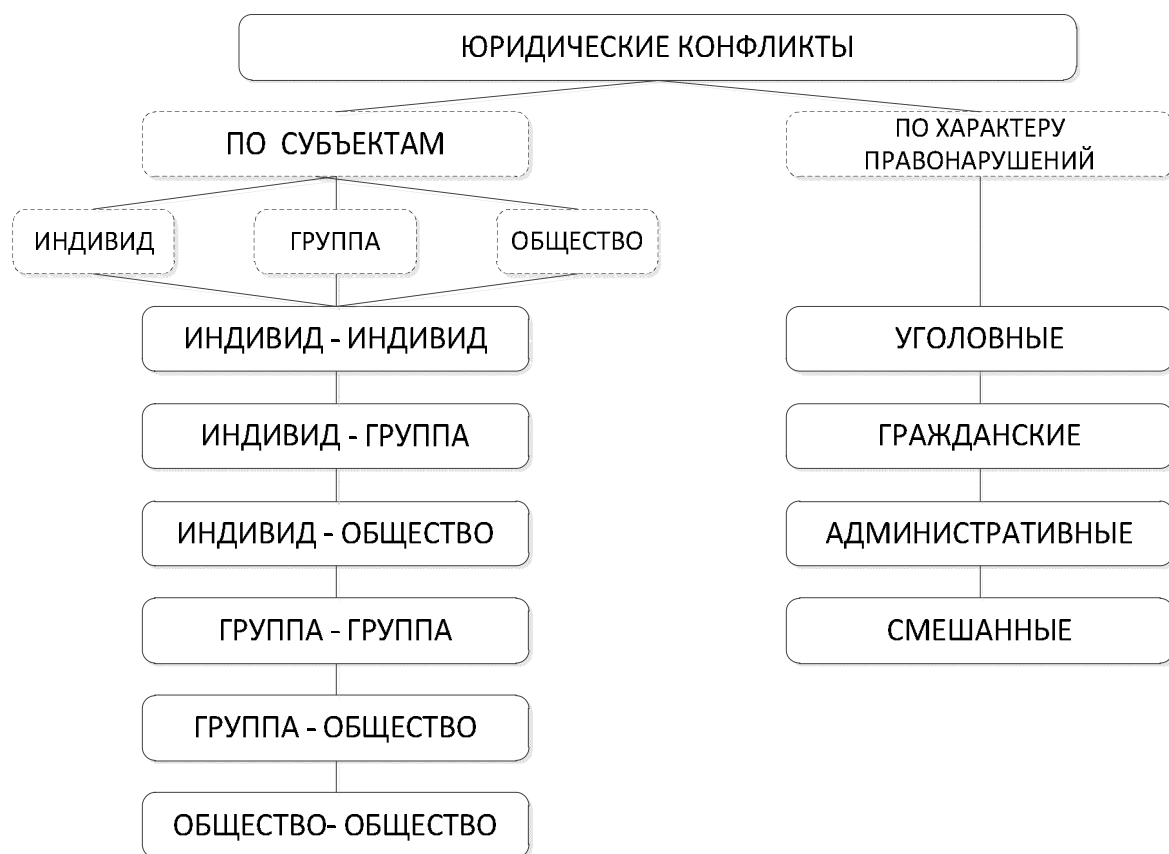


Рис. 6.5. Классификация юридических конфликтов

Существенной чертой юридических конфликтов является также и то, что их разрешение не гарантирует прекращения конфликтных взаимоотношений сторон. Юридическая оболочка часто скрывает в себе зародыши противоречий, разногласий и иных источников конфликтов. Примерами служат многочисленные ситуации возобновления или продолжения юридических конфликтов в той или иной форме (многократное рассмотрение гражданских дел и трудовых споров в судах, административное давление на лиц, работающих в правоохранительной системе, судопроизводственная волокита и т.п.).

Таким образом, юридические конфликты нельзя рассматривать как мирное течение событий, завершающееся искоренением противоречий. Это – острая форма взаимодействия его участников, часто выходящая за пределы правовых норм и во многих случаях прекращающая одни, но одновременно порождая новые противоречия, а, следовательно, конфликты.

Религиозные конфликты. В настоящее время существует три мировых религии: христианство, буддизм и ислам, помимо которых насчитывается более десятка сотни локальных религий и вероучений. Некоторые из них возникли самостоятельно, вне зависимости от мировых религий (иудаизм, зороастризм, даосизм, конфуцианство, индуизм и др.). А большая часть – в результате раскола мировых и дальнейшего размежевания локальных религий (католицизм, православие, протестантизм, ваххабизм, шиваизм, вишнуизм и др.). Множественность религий есть результат религиозных конфликтов, то есть конфликтов между людьми, следующими учениям разных пророков. Их нельзя путать с политическими, военными и другими конфликтами, в которых действия сторон зачастую лишь прикрываются религией.

Отличительной чертой действительно религиозных конфликтов является не силовой способ их урегулирования. Ни в одном истинно религиозном учении нет призыва к насилию. Оно всегда гуманно, исходит из потребностей человека и обращено к душе каждого. Такие исторические факты, как преследование иноверцев, охота на «ведьм» и другие кровавые события, происходившие на религиозной почве, свидетельствуют лишь об отклонениях от действительной веры и ничего общего с истинно религиозными учениями не имеют.

Религия как система социальных отношений имеет многослойную иерархическую структуру, в которой следует различать: религию как вероучение пророка; религию как толкование учения апостолами; религию как специализированный социальный институт (церковь), созданный людьми вокруг вероучения, и религию как восприятие верующими учения пророка и следо-

вание его догмам. В обществе всегда будут существовать конфликты как между указанными слоями одной религии, так и между слоями различных религий (рис. 6.6).

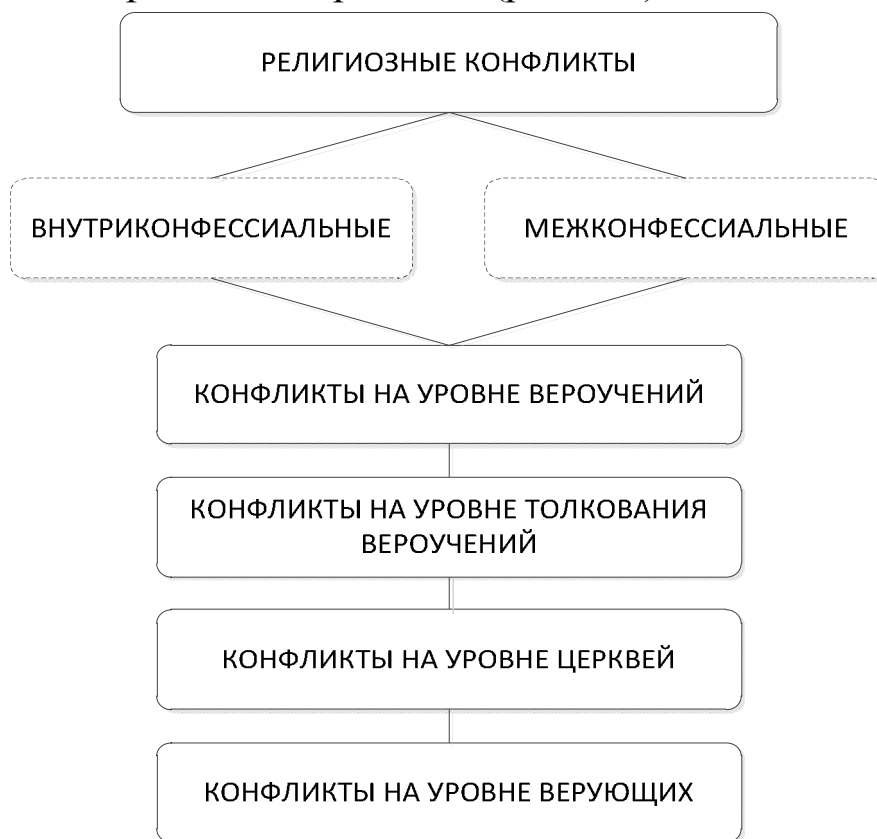


Рис. 6.6. Классификация религиозных конфликтов

Функция этих конфликтов состоит в том, что, с одной стороны, они ликвидируют застойные явления в традиционных религиозных институтах, а с другой – не позволяют их деятелям уйти слишком далеко в сторону от учения своего пророка.

Этнические конфликты происходят в сфере межнациональных общественных отношений. Классификация этнических конфликтов дана на рис. 6.7.

Каждая нация (народность) в своем историческом развитии приобретает свой собственный менталитет – некое коллективное самосознание, способствующее сплочению людей, сохранению культурных и духовных ценностей, воспитанию патриотизма, чувства национального достоинства. Он представляет собой сложно организованный консервативный системный объект, включающий:

- духовную компоненту, определяющую генеральную линию поведения нации на основе исторически выработанной системы духовных и культурных ценностей;
- интуитивную компоненту, проявляющуюся в способности каждой нации к пониманию и предвидению тенденций общественного развития;
- интеллектуальную компоненту, помогающую нации рационально воспринимать бытие, преобразовывать действительность и достигать поставленных целей;
- рефлексную компоненту, формирующую поведение нации на основе следования традициям, обычаям, привычкам и т.п.;
- инстинктивную компоненту, обнаруживающуюся в иррациональном поведении нации на основе предрассудков, неосознанного стихийного следования какой-либо идее, концепции или догме, подражания другим нациям.

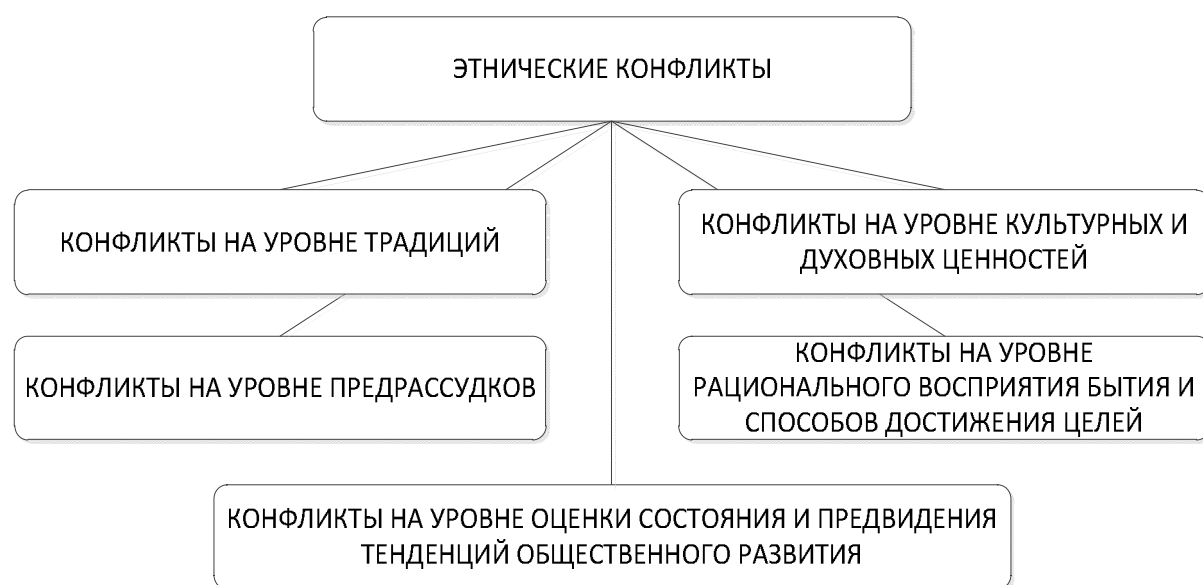


Рис. 6.7. Классификация этнических конфликтов

Эти составляющие, находясь в сложной динамической взаимосвязи с коллективной памятью и национальным «темпераментом», формируют специфику взглядов каждой нации на ту или иную ситуацию. В силу этого любая межнациональная проблема

может оказаться конфликтной независимо от того, присутствуют в ней объективные (экономические, политические, финансовые, военные и другие) противоречия или нет.

Таким образом, этнические конфликты, как и религиозные, – это конфликты взглядов (когнитивные конфликты). Сами по себе они не приводят к человеческим жертвам (подобно военным) или к краху промышленных и финансовых структур (подобно экономическим и финансовым), однако в значительной мере могут способствовать этому.

Информационные конфликты – это конфликты, происходящие в информационной сфере. Они стали объектом изучения с того момента, когда человек осознал, что в мире, кроме вещества и энергии, существует еще одна особая субстанция – информация. При системном изучении этих конфликтов важно понимать, что информация – это не сообщения и не специфическое поле, а субстанция, в которой действуют свои законы.

Информационная субстанция пока изучена недостаточно. В ней не выделены, образующие ее компоненты. Соответственно не определены их универсальные характеристики (имеются в виду характеристики, подобные субстанциональным характеристикам мира вещества и энергии: масса, объем, плотность, напряжение, сила, частота и др.). Поэтому для классификации информационных конфликтов будем использовать две более или менее представительные характеристики информации: ее место в контуре управления и качество.

По месту в контуре управления информация разделяется на отображающую и управляющую. Под отображающей информацией, определение которой предложил в свое время К. Шеннон, понимается совокупность сведений о состоянии управляемой подсистемы. Под управляющей информацией понимается совокупность сигналов, вырабатываемых подсистемой управления, и передаваемых в управляемую подсистему.

По качеству информацию принято разделять на параметрическую, кинематическую, динамическую и предсказательную.

Наиболее низким качеством обладает информация о значениях постоянных и переменных величин, характеризующих систему, или параметрическая информация. Более высокое качество свойственно кинематической или траекторной информации, описывающей поведение системы. Еще более высоким качеством обладает динамическая информация об изменениях сил, действующих в системе и на систему. Наконец, экстраполяция будущего состояния и поведения системы, характеризующая предсказательную информацию, имеет наибольшую ценность.

Соответствующую классификацию получают информационные конфликты (рис. 6.8).

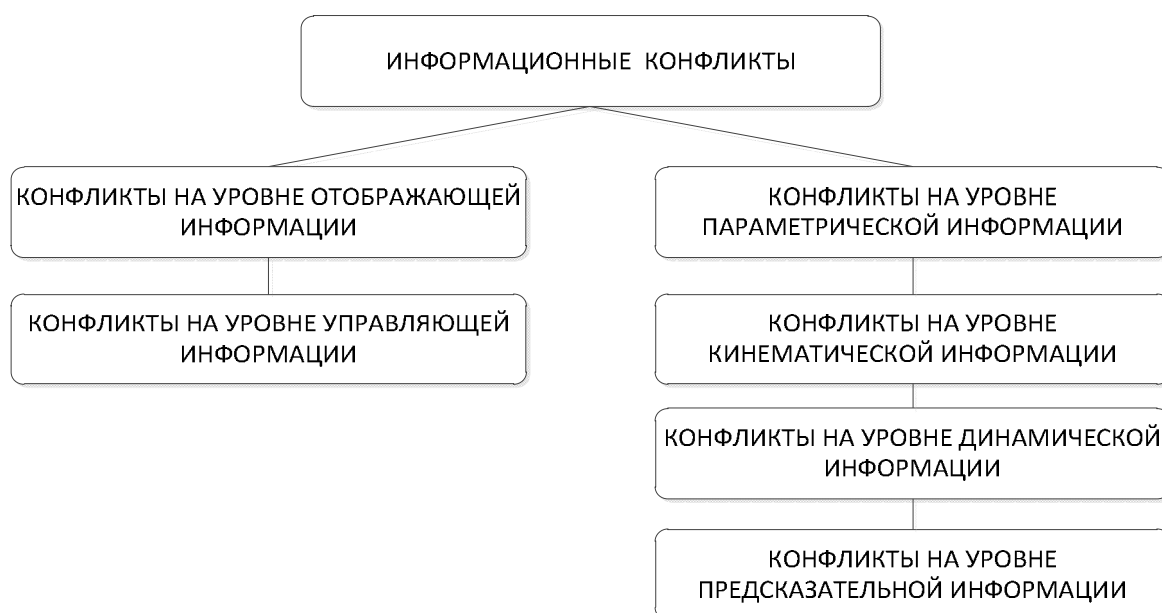


Рис. 6.8. Классификация информационных конфликтов

Производственные конфликты или конфликты в организациях проявляются в деятельности промышленных предприятий, научных и учебных организаций, трудовых коллективов и бригад. Представление об этих весьма распространенных конфликтах дает классификационная схема, приведенная на рис. 6.9.

Такие конфликты свидетельствуют, прежде всего, о несовершенстве структурного устройства организации или производства, что дает основание руководителям принимать соответствующие меры: проводить организационно-штатные измене-

ния, расширять или сужать функции отдельных подразделений, увольнять и нанимать рабочих и служащих, менять организацию технологических процессов и работу служб обеспечения и обслуживания. Очевидно, что на деятельность производственных и управленческих структур большое влияние оказывают личностные, духовные, психологические, материальные и другие факторы. Однако стержневым фактором выступает информационно-управленческая сторона дела.



Рис. 6.9. Классификация производственных конфликтов

Психологические конфликты характерны тем, что действующие в них противоречия относятся к психике человека. Психологические мотивы есть в каждом социальном конфликте. Они органически вплетаются в действия конфликтующих сторон, а

порой выступают в качестве доминирующих. Любой конфликт можно считать относящимся к этому классу, если психологические факторы оказывают решающее влияние на его зарождение, развитие и завершение. Главная особенность психологических конфликтов состоит в том, что они сами могут выступать источниками и причинами социальных конфликтов. Это обстоятельство заложено в самом существе социума и индивида, обладающих психикой как одной из своих сущностей.

Психологические конфликты часто проявляются в виде стресса (от англ. *stress* – напряжение) – защитной реакции психики на внешние раздражители, которые превышают некий критический уровень и нарушают ее равновесие. Фактически стресс представляет собой завершающую стадию развития внутриличностного психологического конфликта. Он опасен тем, что при определенных условиях может перерасти в катастрофу: патологию сердечно-сосудистой, пищеварительной и других систем организма. Кроме того, в предстрессовом, стрессовом и постстрессовом состояниях человек теряет способность адекватно реагировать на происходящее со всеми вытекающими из этого негативными последствиями. В наше время это обычная ситуация. Поэтому предупреждение, профилактика и сглаживание стрессов превратились в одну из важнейших проблем выживания как отдельно взятого индивида, так и всего человечества.

Духовные конфликты порождаются в особой сфере человека и общества, которую принято называть духовной сущностью. Сам факт существования такой сущности общепризнан. Она занимает высший уровень в иерархии сущностей человека и общества, выступая координатором эволюции мышления и поведения каждого индивида и их общностей. Остаются пока неизвестными ее внутреннее строение, принципы и законы функционирования. Однако проявления духовных конфликтов имеют место, и довольно часто. Внутренний духовный кризис личности, духовное разложение общества, кризис морали и нравственности, кризисные явления в области искусства – все это

примеры внешних проявлений конфликтов, происходящих в сфере духовной сущности.

Большое влияние духовных кризисов на общество очевидно. В периоды таких кризисов оно деградирует в том смысле, что все принимаемые политические, экономические, финансовые и другие решения не ведут к его развитию и процветанию. В духовной сфере формируются такие оценочные категории, как: добро – зло, нравственно – безнравственно, хорошо – плохо, красиво – уродливо и другие. Кроме того, там же устанавливаются критерии (правила) самих оценок. Эти критерии поступают в сферу психики, где через интуитивный, интеллектуальный и другие механизмы принятия решений определяют поведение человека и общества.

Таким образом, духовные конфликты обусловлены различием в оценочных критериях, заложенных в духовную основу индивида и общества, а проявляются они через индивидуальную и коллективную психику. Во внешних и внутренних проявлениях этих конфликтов нет видимых действий, они когнитивные. Однако именно ими определяется характер индивидуального и коллективного поведения, а следовательно, и результаты тех конфликтов, которые мы воспринимаем как активные в поведенческом смысле.

Бытовые конфликты включают в себя бесконечное разнообразие противоречивых ситуаций, возникающих между людьми в сфере семейных, сексуальных, любовных, хозяйственных, дружеских и других отношений. С этими конфликтами мы сталкиваемся практически ежедневно. Именно они сформировали обыденную точку зрения на конфликт как вредное явление, осложняющее нашу жизнь. Отметим некоторые закономерности, присущие бытовым конфликтам:

- несмотря на то, что по своим пространственным и временным параметрам они невелики, однако влияют на нашу жизнь в значительно большей степени, чем глобальные конфликты, действуя по принципу «своя рубашка ближе к телу»;

- в этих конфликтах, хотя и в меньшем масштабе, но проявляются черты почти всех социальных конфликтов, поэтому, перефразируя известное выражение Протагора, можно сказать, что бытовой конфликт есть мера всех социальных конфликтов;

- эти конфликты порождаются не только внутренними противоречиями в бытовой сфере, но и в значительной степени являются следствием других, более крупных социальных конфликтов, поэтому можно сказать, что бытовой конфликт – это продолжение общественного в масштабе личного;

- отсутствие крупномасштабных социальных конфликтов не исключает существование бытовых, а наоборот, стимулирует их возникновение;

- почти всегда бытовой конфликт заполняет пустующую духовную «нишу» человека: чем выше его духовный уровень, тем менее склонен он к бытовым конфликтам.

Конфликты-игры. В завершение типологического анализа социальных конфликтов необходимо упомянуть об играх – спортивных, азартных, интеллектуальных, развлекательных и других. Большинство из них задуманы как конфликты и протекают со всеми их атрибутами. Стоит исключить из какой-либо игры ее конфликтную сторону, так она тут же теряет всякую привлекательность. В теоретическом плане отношение к таким играм-конфликтам двоякое. С одной стороны, они могут служить натурными имитационными моделями реальных конфликтов: кончается игра – завершается и конфликтное взаимоотношение. При необходимости процесс можно многократно повторить и пронаблюдать, что в реальных конфликтах сделать невозможно. По таким играм можно и нужно изучать социальные конфликты, следуя принципу: «жизнь – это игра». С другой стороны, «игра – это жизнь», и следовательно, любая игра-конфликт представляет собой конфликт реальных людей. Иллюстрацией может служить такая популярная во всем мире спортивная игра, как футбол. В футбол играют не только футболисты – видимые конфликтующие стороны. В этой игре участвуют

тренеры, врачи, спонсоры, владельцы футбольных клубов, футбольные менеджеры, зрители и даже политики. Для многих из них футбол – это жизнь со всеми сопутствующими ей конфликтами – экономическими, финансовыми, политическими и другими, итоги которых зачастую определяют результаты футбольных состязаний.

В спорте проигрывают или выигрывают не столько спортсмены и их тренеры, сколько социальные системы, представителями которых они выступают. Поэтому важная функция конфликтов-игр заключается в том, что они отвлекают на себя потенциальную конфликтность общества и тем самым сдерживают развитие нежелательных военных, политических и экономических и иных конфликтов. Более того, конфликты-игры способны при рациональной организации приносить существенный доход их организаторам, а то и выводить экономику целых стран из кризисного состояния.

Биологические конфликты. Участниками этих конфликтов являются животные, растения и микроорганизмы. Действующие в них противоречия связаны с борьбой за свет, влагу и элементы минерального питания; с взаимным подавлением различных видов; с непосредственным агрессивным столкновением в борьбе за пищу, территорию или укрытие и т.д. Биологические конфликты не так уж далеки от нашей повседневной деятельности. Во-первых, человек как социальная категория одновременно является представителем животного мира и, следовательно, участником биологических конфликтов. Такие биологические конфликты, как «человек – микробы», «человек – бактерии», «человек – вирусы», в последнее время стали все в большей мере привлекать наше внимание. Мы стали понимать, что многочисленные эпидемии и пандемии, появление новых заболеваний – это не односторонние, а обоюдные процессы конфликтного взаимодействия человека и микроорганизмов, не только угрожающие здоровью людей, но и приносящие большой экономический урон. Для того чтобы минимизировать свои потери необ-

ходимо вникнуть в конфликтную природу этих явлений, понять механизмы ответной реакции биологических систем на действия человека и выработать соответствующие научно-обоснованные законодательные акты.

Во-вторых, во многих конфликтах действия людей не отличаются от поведения животных. Неоднократно отмечалось, что, например, в стрессовых и экстремальных ситуациях у людей «просыпаются» животные инстинкты. Изучение биологических конфликтов позволяет глубже понять и объяснить механизмы поведения человека в этих ситуациях.

В-третьих, биологические конфликты непосредственно затрагивают многие стороны производственной деятельности человека: растениеводство, животноводство, лесное и рыбное хозяйство и т.п. Примером тому служит эпидемия коровьего бешенства, поразившая в 2001 году почти все страны Западной Европы, и принесящая многомиллионные убытки фермерским хозяйствам. Каковы причины этого катаклизма (просчеты в технологии животноводства или агротехнологический терроризм), так и осталось невыясненным. Очевидно одно: подобные конфликты влияют на развитие экономики и вынуждают принимать соответствующие меры, в частности, законодательные. Но эффективные меры могут быть приняты лишь тогда, когда удастся глубоко вникнуть в конфликтное существо проблемы.

Рассмотрим типологию биологических конфликтов как составную часть общей классификации межвидовых биотических взаимодействий в биологических системах. Суть ее в следующем. Каждой паре видов присваивается комбинация из двух символов, каждый из которых может быть плюсом («+»), нулем («0») или минусом («-») в зависимости от направления влияния скорости роста численности одного вида на скорость роста численности другого. При этом: «+» — означает, что увеличение (уменьшение) численности одного вида вызывает увеличение (уменьшение) численности другого; «0» — соответствует отсутствию влияния; «-» — означает, что увеличение (уменьшение)

численности одного вида приводит к уменьшению (увеличению) численности другого. Тогда возможные типы межвидовых биотических взаимодействий определяется числом парных комбинаций: (0,0) – нейтрализм, (-, 0) – аменсализм, (+,0) – комменсализм, (-, -) – конкуренция, (+, -) – хищничество, (+,+) – мутуализм, а общая схема классификации биологических конфликтов на популяционно-видовом уровне может быть представлена в виде схемы (рис. 6.10).

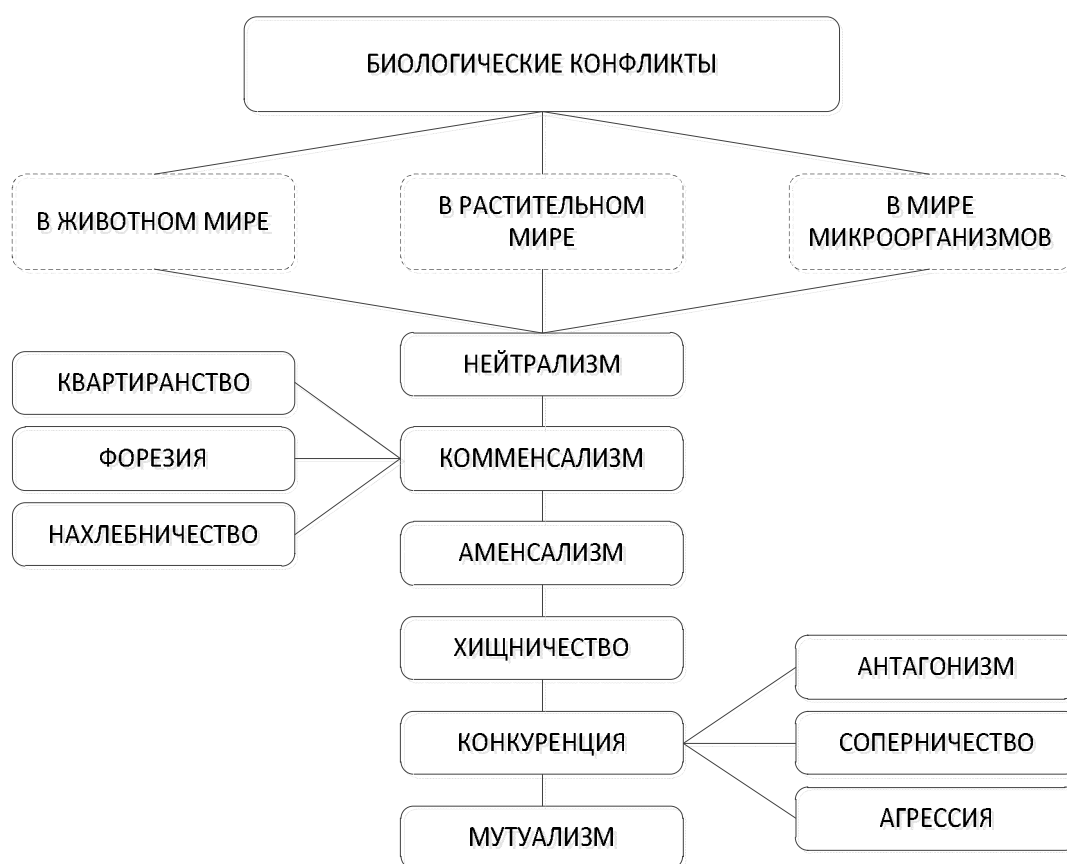


Рис. 6.10. Классификация биологических конфликтов

Достаточно стройную и ясную типологию биологических конфликтов нельзя напрямую использовать для систематизации социальных конфликтов. Между людьми тоже существуют отношения нейтрализма, аменсализма, хищничества, комменсализма, мутуализма и конкуренции, характерные для животных, растений и микроорганизмов. Однако их смысл и содержание уже другие: иные цели, способы, механизмы реализации и ре-

зультаты. Дело в том, что в биологических сообществах мы имеем дело с массовыми неперсонифицированными явлениями и именно это дает основание для принятой в биологии типизации конфликтных отношений. В человеческих же сообществах все объекты строго персонифицированы, вследствие чего каждый конфликт между людьми и их общностями уникален, поэтому именно он, а не какой-либо подобный, есть объект изучения.

Экологические конфликты. В истории взаимоотношений человека и природы выделяют три стадии: приспособительную, утилитарную и коэволюционную. Первая стадия берет начало в эпоху первобытности, когда человек жил, пользуясь дарами природы (рыболовство, охота, собирательство). В это время он не преобразовывал природу, а лишь приспосабливался к ней. Силы природы довели над человеком. Природа была «хозяином», а человеческое сообщество в целом выступало аменсалом.

Вторая стадия начинается с промышленных революций XVII – XVIII веков и заканчивается к середине XX века. Основной лозунг этого периода: *«Мы не можем ждать милостей от природы; взять их у нее – вот наша задача»*. В целом такое взаимоотношение человека и природы можно охарактеризовать как «хищничество». Предпосылки к конфликту уже зародились, но явные результаты еще не обнаружились. Природные ресурсы в это время достаточно велики, а производственные возможности человечества пока малы.

К середине XX века мир, созданный деятельностью человека, становится по своей мощи соизмеримым с миром естественной природы и даже в некоторых аспектах превосходит его. На этом рубеже хищническое отношение человеческого сообщества к природе приблизилось к своей критической черте. Дальнейшее следование по этому пути неминуемо должно было вызвать ответную реакцию природы. В общении с природой человек никогда раньше не встречал попыток сознательного сопротивления своему нападению. В XX веке ситуация изменилась: в конфликтах «природа – человек» коса находит на камень. Насилие над

природой вызывает изощренную ответную реакцию, суть которой человек не всегда способен понять. Он ведь по-прежнему считает природу некой «тупой» субстанцией, не способной содержать в себе то, что сам называет сознанием. Тем не менее, подойдя к этой черте, человечество осознало, что последствия ответной реакции со стороны этой «тупой» природы могут быть для нас катастрофичными. В результате коллективного осознания такой ситуации уже со второй половины XX века отношение человека к природе стало медленно, но неуклонно меняться. Начался новый коэволюционный этап. От идеи господства над природой человечество переходит к идее партнерства, предполагающего такое развитие, когда стороны хотя и оказывают друг на друга отрицательное влияние, но вместе с тем находят компромисс, обеспечивающий возможность совместного развития без глобальной катастрофы.

Классификация экологических конфликтов приведена на схеме рис. 6.11.

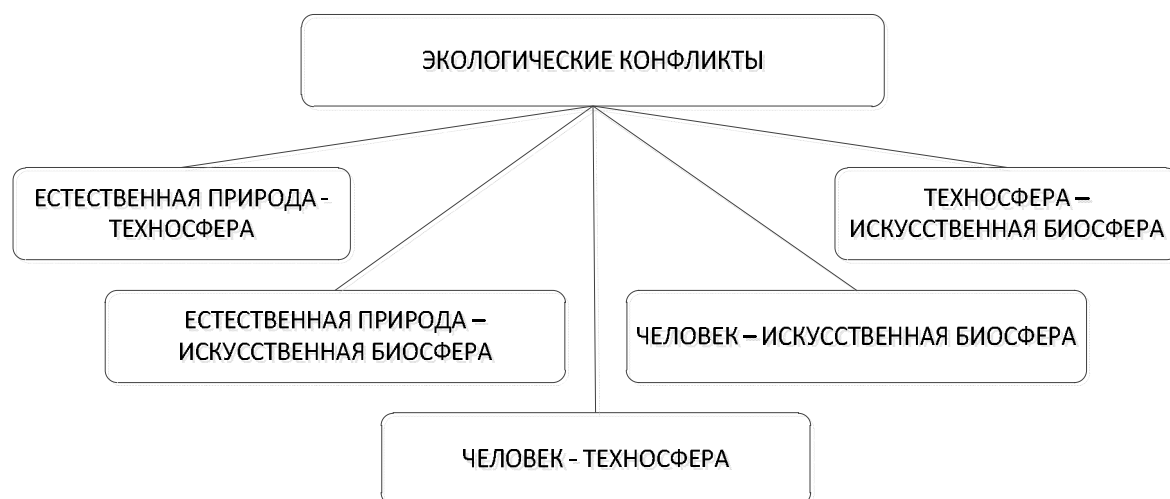


Рис. 6.11. Классификация экологических конфликтов

Особое место в этой классификации занимают конфликты между человеком и природой, но природой особой – созданной руками человека. Эту искусственную природу образуют: а) различного рода производственные, коммуникационные, техноло-

гические, энергетические и другие технические системы (техносфера); б) растения, животные, микроорганизмы, – посаженные, выведенные и выращенные человеком искусственным путем (искусственная биосфера).

Искусственная природа занимает промежуточное положение между естественной природой и человеком. В ней обнаруживается определенная внутренняя самостоятельность, структурность и упорядоченность. Ее развитие происходит по своим законам, отличным от законов развития человеческого сообщества и естественной природы. Результатом этого могут быть как гармония, так и конфликты: «человек – техносфера», «человек – искусственная биосфера», «техносфера – искусственная биосфера». В наше время эти конфликты развиваются нарастающими темпами, приобретая черты антагонизма.

Создание и развитие искусственной природы следовало прогрессивной идее: освободить человека от тяжелого рутинного труда, обеспечить его продуктами питания, украсить мир комфортом и достатком, в целом улучшить качество жизни людей. XX век изменил ситуацию. Создав огромную по своим масштабам и энергетике искусственную природу, человек усилил свое воздействие на естественную природу (конфликт «человек – природа» перерос в конфликты «естественная природа – техносфера» и «естественная природа – искусственная биосфера») и сам стал участником конфликтов с техносферой и искусственной биосферой. В этом плане показательно проявила себя техносфера. Ее бурное развитие вывело человечество на новый виток эволюции. Теперь социальные конфликты всех уровней, так или иначе, связаны с техникой, неодушевленными предметами, служащими человеку.

С переходом к новой стадии развития взаимоотношений человека и природы начинает изживать себя бытующий сегодня природоохранный способ разрешения возникающих экологических противоречий. В современных экологических конфликтах человек и природа выступают уже равноправными, взаимно ак-

тивными и разумными сторонами. Для того чтобы в ходе совместного развития они пришли к компромиссу, человеку необходимо уже не столько охранять природу, сколько научиться понимать и практически реализовывать механизмы самоурегулирования возникающих противоречий. У природы такие механизмы есть, а человеку надо их создавать.

Физические конфликты – это объективные явления (существующие помимо воли и желания человека), активно участвующие в формировании текущих состояний природных образований и эволюции природы в целом. В этот класс объединяются конфликты, происходящие в неживой природе и обусловленные противодействием гравитационных, электромагнитных, внутриядерных и других сил. Классификация физических конфликтов, составленная согласно дифференциации природных сфер, где обнаруживаются их наиболее яркие проявления, и учитывающая известные типы физических сил, приведена на схеме (рис. 6.12).

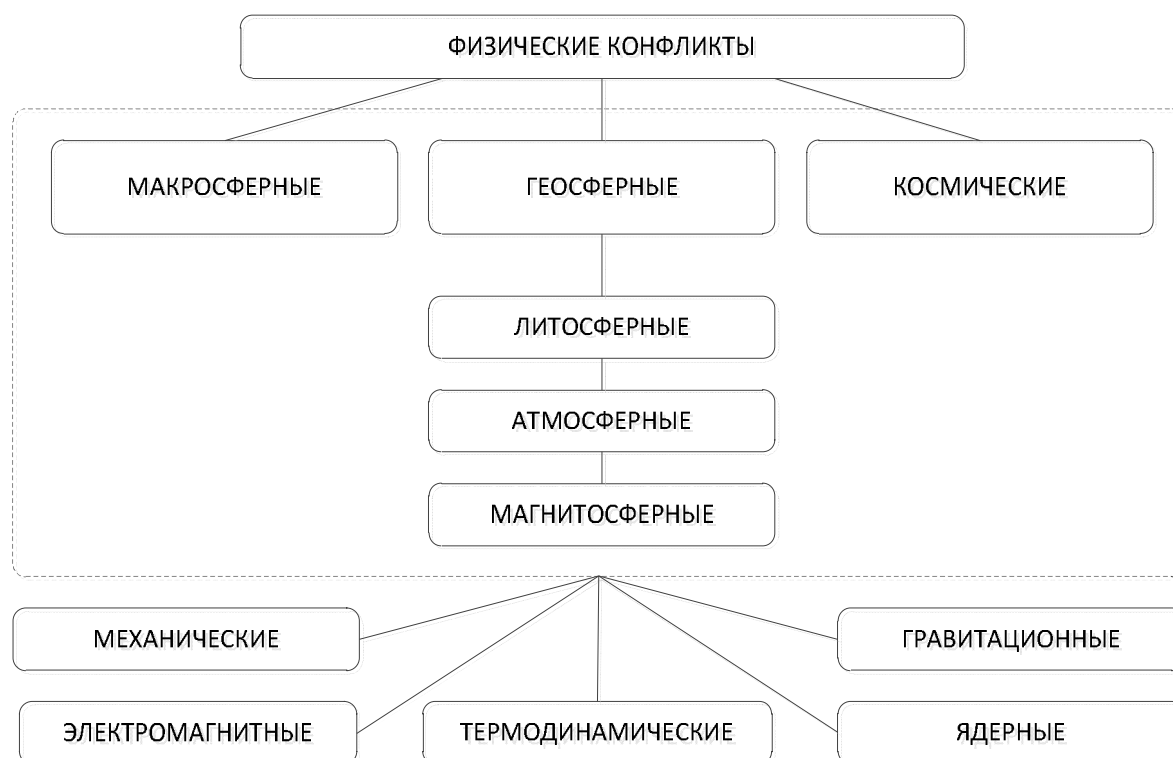


Рис. 6.12. Классификация физических конфликтов

Этой схемой не охватываются все типы физических конфликтов, тем не менее, можно указать на следующие: микро-сферные – происходящие на уровне квантово-релятивистских взаимодействий элементарных частиц, атомных ядер и атомов, а также химических взаимодействий молекул вещества; геосферные – происходящие между физическими макротелами внутри Земли, на её поверхности, а также в атмосфере и магнитосфере Земли; космические – происходящие в звездных системах, галактиках и метagalактике в целом.

Конфликтологический подход к изучению физических явлений позволяет, с одной стороны, поможет внести дополнительную определенность в понимание их существа, позволяя взглянуть на них с новой точки зрения, с другой стороны, такой подход позволит пересмотреть каноническое понимание физических теорий. Любая безупречно стройная физическая теория справедлива при определенных ограничениях, в которых «спрятаны» ее противоречия. Она не может быть возведена в Абсолют, поскольку всегда отражает конфликтную сущность той реальности, которую она объясняет. Детальный и всесторонний анализ противоречий и есть тот способ, который позволяет установить область справедливости (применимости) законов данной теории. и тем самым сделать очередной шаг на пути познания истин.

6.2. Функции, свойства и причинная обусловленность конфликтов

Функции конфликтов. Будем отталкиваться от естественного понимания конфликтов как специфического способа взаимодействия двух или более объектов в ходе их совместного развития. Тогда, с системной точки зрения, любой конфликт представляет собой новую систему, обладающую нечто большим, чем суммой качеств его участников, а каждый участник приобретает новые качества, которых у него не было до конфликта. Итак, если конфликты – это системные явления, то приступать к

их изучению следует с того, с чего начинается изучение любой другой системы – с выяснения функций.

Основная функция. Конфликты всегда выполняли и будут выполнять одну и ту же основную функцию – разрешать противоречия, возникающие в процессе движения всех форм материи, содействуя тем самым эволюции. Феномен конфликтов состоит в том, что они порождаются противоречиями, но они же эти противоречия и разрешают. Способы и результаты разрешения могут быть разнообразными, но если конфликт действительно произошел и завершился, то существовавшие до этого противоречия исчерпываются.

Из сказанного следует, что конфликты не уничтожают природу, какая она бы ни была (живая – неживая, естественная – искусственная). Наоборот, они заставляют ее организовываться и двигаться вперед по пути эволюции. Если исключить конфликты из перечня созданных природой механизмов, то она застынет в своем развитии. Безусловно, конфликты – это жесткие механизмы развития природы и общества, но они не несут в себе тотального разрушения и хаоса. Так, общепринятое мнение об исключительно разрушительной функции социальных конфликтов в корне неверно. Это мнение утвердилось в умах людей под влиянием марксистской концепции развития общества как непрерывного процесса классовой борьбы. В этой линейной концепции движение социума вперед мыслилось только через разрушение старого, насильственное отторжение у людей не только собственности, но и традиционных духовных ценностей. Естественно, что и социальные конфликты в явном или неявном виде рассматривались только с позиции разрушения. Тот факт, что цивилизованное сообщество может преодолевать конфликты без кровавых жертв и всеобщего разрушения, игнорировался. Вместе с тем, из самого понятия цивилизованного сообщества вытекает положение о том, что любой социальный конфликт на любом этапе его развития может быть переведен в такую плоскость (юридическую, дипломатическую, информационную), где его

проявления уже не ведут к кровавым жертвам. Следовательно, широко распространенное мнение о жертвонесущей функции социальных конфликтов есть ни что иное, как подмена понятий. Кровожадны не конфликты – кровожаден социум, в котором они возникают: чем ниже уровень развития человеческой цивилизации, тем больше жертв и разрушений приносят социальные конфликты, и наоборот, чем выше поднимается человеческое сообщество по ступеням своего развития, тем менее разрушительными становятся социальные конфликты в любой форме их проявления.

У конфликтов, как и у любых других явлений, помимо основной, есть неосновные функции, которые раскрывают более частные стороны их проявлений. В отличие от основной, эти функции ситуативные, то есть в одних ситуациях они могут проявляться, а в других нет. Вместе с основной функцией они играют важную роль в понимании существа конфликтов. К их числу относятся: сигнальная, информационная, интегродифференцирующая и динамическая функции.

Сигнальная функция характеризует конфликты как показатель определенного состояния системы, в которой они происходят. Там, где назревает конфликт, в привычных внутрисистемных связях что-то расстроилось и следует ожидать серьезных изменений. Как правило, первичные проявления конфликта еще не отражают всей глубины породивших его причин. Однако их уже вполне достаточно для перевода в практическую область целого ряда вопросов, которые вне конфликтной ситуации могли бы восприниматься как абстрактно-теоретические.

Информационная функция. Близкой к сигнальной, но не тождественной ей является информационная функция конфликтов. Информационная значимость конфликтов значительно шире его сигнальной составляющей. Конфликты всегда порождены конкретными причинами, объективно связаны с ними, и в них эти причины находят своё отражение. Поэтому развёртывание,

течение, повороты конфликтов всегда несут определенную информационную нагрузку о породивших их причинах.

Интегро-дифференцирующая функция. Под воздействием конфликтов процесс структурного развития системы идёт в двух противоположных направлениях: разъединения (дифференциации) и объединения (интеграции). В человеческих сообществах дифференцирующая функция отражает общую закономерность социального поведения в конфликте, состоящую в переориентации и перегруппировке задействованных в нём социальных сил. Она стимулирует процессы разделения общества по государственному, этническому, классовому, религиозному и другим признакам. Можно сказать, что социальные конфликты привели, в конечном счете, к тому, что сегодня на Земле не существует единого государства, единой нации, единой религии, единой экономики и вообще единого в организационном отношении социума. Их интегрирующая функция проявляется в том, что социальные конфликты не только разъединяют общество, но и создают условия для объединения отдельных индивидов и групп. Они стимулируют процессы идентификации частных интересов с общественными интересами, сплачивают ряды соратников, укрепляют организационную дисциплину, усиливают чувство взаимной солидарности. Другими словами, интегрирующая функция социальных конфликтов проявилась в многообразии существующих на Земле форм государственных, этнических, религиозных, экономических и других социальных общностей.

Дифференцирующая функция физических конфликтов проявилась уже в момент образования Вселенной, когда в результате «большого взрыва» компактной протовселенной она стала стремительно расширяться. Судя по ее наблюдаемому расширению, она до сих пор находится под дифференцирующим влиянием начального физического конфликта. Тот факт, что Вселенная не является неким однородным образованием, а имеет «комковатое» строение, то есть состоит из отдельных компактных объектов, свидетельствует о проявлении дифференцирующей

функции космических конфликтов. Вместе с тем под влиянием тех же конфликтов, как во всей Вселенной, так и в ее локальных областях развиваются интеграционные процессы: образуются планеты, звездные и галактические системы (кластеры), между которыми и внутри которых устанавливаются гравитационные, электромагнитные, радиационные, вещественные и другие взаимодействия.

В биологических конфликтах, как и во всех других, также проявляются дифференцирующая и интегрирующая функции. В целом дифференцирующая составляющая биологических конфликтов проявилась в том, что жизнь на Земле не приняла форму единой биомассы, например, в виде «мыслящего океана», изображенного польским писателем Станиславом Лемом в романе «Солярис», а существует как многообразие отдельных особей. Интегрирующая функция биологических конфликтов выразилась в том, что животный и растительный мир Земли существует не просто в виде отдельных особей, а организован в сообщества: колонии, стаи, косяки, семьи и т.п. Объединение отдельных особей в биологические сообщества по существу есть системный способ не только их выживания в условиях изменяющейся внешней обстановки, но и в условиях конфликтных взаимоотношений с другими особями и сообществами.

Динамическая функция проявляется в способности конфликтов влиять на темпы развития природы и общества. В целом конфликт как явление содействует эволюции, выступая движущей силой самоорганизации. Однако такое содействие не предполагает линейности и постоянства. При определенных условиях конфликты могут ускорить, замедлить, а то и вовсе приостановить развитие системы. Это изменяет шаг эволюционной спирали, а в масштабе одного шага нарушает поступательность и регулярность движения то, тормозя, то, интенсифицируя его.

В социальном аспекте варианты выражения динамической функции конфликтов зависят прежде всего от способности общества коллективно осмысливать текущую обстановку во всем

ее многообразии, не придерживаясь какой-либо идеологической установки. Чем выше идеологизация общества, тем в большей мере проявляется замедляющий компонент социального конфликта. Как известно, развитие общества всегда происходит на основе какой-либо идеологии, характер которой вырабатывается с учетом результатов произошедших ранее социальных конфликтов. Поэтому в общем случае можно считать, что между социальными конфликтами и процессом идеологизации общества существуют связи взаимного влияния, определяющие направленность самоорганизации и вектор эволюции. Понимание сущности этих связей открывает путь к осознанному управлению социальными процессами.

В экономической сфере динамическая функция конфликтов наиболее ярко проявляется в конкуренции – стремлении товаропроизводителей к созданию более выгодных условий производства и сбыта товаров с целью получения наивысшей прибыли. При этом степень проявления этой функции зависит от экономической структуры той системы, в которой происходит конфликт. В системах с рыночной экономикой конкуренция служит механизмом развития производства, стимулом к повышению качества и расширению ассортимента выпускаемых товаров. В системах с планово-централизованной экономикой конкуренция как таковая отсутствует. Соответственно динамическая функция конфликта не находит своего проявления. В смешанной экономике степень проявления этой функции зависит от соотношения рыночных и планово-централизованных механизмов.

В целом следует заключить, что умелое использование знаний о динамической функции (как, впрочем, и обо всех других функциях) меняет отношение человека к конфликтам, позволяя от тотальной боязни и настороженности перейти к использованию в своих интересах. Важен путь, по которому следует идти, изучая конфликты, а способы решения проблем обязательно отыщутся. Человек обладает практически неограниченными

возможностями по достижению поставленных целей, но испытывает известные трудности при определении самих целей.

Функциональная противоречивость конфликтов. Как и любое другое явление, конфликты содержат в себе фундаментальные противоположности. В полной мере они раскрываются в противоречивости их функций. В сигнальной функции конфликтов следует выделить демаскирующую и маскирующую составляющие, которые несут в себе прямо противоположное содержание. С одной стороны, конфликты обнажают различные проблемы общества, делая их предметом гласности и общественного обсуждения. С другой стороны, конфликты могут использоваться в целях сознательного скрывания других конфликтов, отвлечения общественного внимания от насущных проблем, скрывая тем самым истинные намерения некоторых социальных групп. В информационной функции содержится как информирующая, так и дезинформирующая составляющая. Конфликты – скрытные явления по своей природе. Их истинная подоплека, как правило, окутывается тайной и сознательно скрывается не только от противоборствующей стороны, но и от широкой общественности. А, как известно, наилучшим способом сохранения тайны является дезинформация – распространение намеренно искажённых или заведомо ложных сведений с целью ввести в заблуждение, как противостоящую сторону, так и общественное мнение. Поэтому любые конфликты сопровождаются всевозможными и весьма изощренными актами дезинформации, и это обстоятельство необходимо учитывать при их анализе.

Дифференцирующая функция, как уже отмечалось выше, имеет антиподом интегрирующую функцию. В динамической функции, помимо ускоряющего компонента, присутствует замедляющий компонент. Проявления противоречивости этих функций конфликтов очевидны, а вот проявления основной требуют пояснений.

Противоречивость основной функции может быть выражена формулой: конфликты разрешают противоречия, но они же их и

порождают. Это означает следующее – если в данной системе произошёл конфликт, то он не только устранил действовавшие в ней ранее противоречия, но одновременно создал условия для появления новых противоположностей, а затем и противоречий. С учетом того, что сам конфликт есть следствие противоречий, более общая формула может быть выражена в следующем виде: *конфликты порождаются противоречиями, ими они разрешаются, и они же порождают новые противоречия*. Это уникальная функция, которой, кроме конфликтов, не обладает ни одно другое явление. И наоборот, любое явление, обладающее такой функцией, следует с полным основанием отнести к конфликтам.

Следует подчеркнуть, что функции конфликта проявляются не по отдельности, а совместно, комплексно. Это означает, что при анализе реальных конфликтов нельзя отдавать предпочтение какой-либо одной функции, как бы ярко она ни проявлялась. Необходим системный комплексный взгляд на всю совокупность функций конфликта с учетом их взаимной связности. В противном случае выводы получаются односторонними, а оценки результатов конфликтов – неустойчивыми.

Свойства конфликтов. Для конфликтного взаимодействия систем (или компонентов одной системы) характерны особые свойства, которые в совокупности позволяют воспринимать и идентифицировать конфликты на множестве других явлений. С системной точки зрения важнейшими из них являются: слабая предсказуемость, устойчивость, скрытность, рефлексивность, кумулятивность, квазипериодичность, расширяемость, притягательность и неопределенность.

Слабая предсказуемость обнаруживается в невозможности точно предсказать траекторию развития конфликта ни при каком сколь угодно глубоком знании его морфологии, ни при каком сколь угодно длительном наблюдении за ходом его развития. Трудности научного предсказания (прогнозирования) возникают не потому, что не хватает логических, математических или каких-либо других методов, а из-за неопределенности относитель-

но того, что следует предсказывать. Конфликты вынуждают стороны изыскивать новые, совершенно неожиданные линии поведения, не укладывающиеся в традиционные рамки понимания происходящих событий. В конфликтах, независимо от фазы их развития, могут вскрываться нюансы, коренным образом меняющие ход событий. Поэтому всякое предсказание исхода конкретного конфликта носит условный характер и может служить лишь поводом для раздумий, но не надежным основанием для принятия ответственного решения.

Сказанное не следует понимать как принципиальную непредсказуемость конфликтов – они предсказуемы, но весьма ограниченно и неоднозначно. В обычных (неконфликтных) процессах научное предсказание – это определение того, что будет потом, если мы знаем, что происходило ранее и происходит сейчас (в динамическом или статистическом смысле). Применительно к конфликтным процессам предсказание есть определение того, что может быть в будущем, если прошлое известно, а в настоящем мы делаем нечто.

Устойчивость. Это свойство конфликтов можно выразить фразой: конфликты глобально устойчивы своей локальной неустойчивостью. Как уже отмечалось, под действием конфликтов структура системы, где они происходят, изменяется в двух противоположных направлениях – дифференциации (разъединения) и интеграции (объединения). В результате интеграции система приобретает целостность, а из-за структурной дифференциации дробится на части, приобретая фрактальный характер. Фрактальность порождает переходные внутрисистемные процессы, связанные с образованием новых обратных связей как отрицательного, так и положительного характера. Положительные обратные связи нарушают локальную устойчивость, уводя систему из равновесия, а отрицательные обратные связи восстанавливают локальную устойчивость и возвращают систему в равновесные состояния. В результате происходит устойчивое развитие конфликтного процесса по ансамблю неустойчивых траекторий.

Скрытность конфликтов выражается в том, что их исходные причины и движущие силы спрятаны от наблюдателя, действия участников специально маскируются, а намерения сторон умышленно утаиваются и сознательно искажаются. Явление, все стороны которого доподлинно известны, не может считаться конфликтным. В реальных конфликтах на поверхности лежат лишь их отдельные фрагменты – сосредоточение и перегруппировка сил, конфронтации, различные кризисы, противоборства, катастрофы, не несущие в себе исчерпывающей информации о целостной сути происходящих событий. Эталоном скрытности конфликтных процессов могут служить военные операции и боевые действия. Даже после их завершения не всегда удастся установить причины, вызвавшие тот или иной вариант развития событий, а то и выявить победителя и побежденного.

Рефлексивность (от лат. *reflexio* – отражение) проявляется в особой специфике конфликтных взаимодействий, когда конфликтующие стороны не только реагируют друг на друга, но и стараются навязать оппоненту выгодную им стратегию его поведения. Рефлексия в конфликте есть ни что иное, как разновидность взаимного управления, при которой одна сторона (пусть это будет сторона «В») стремится передать стороне «А» информацию, побуждающую ее действовать так, как это выгодно стороне «В». В этом случае говорят, что сторона «В» мотивирует поведение стороны «А». Для этого сторона «В» должна: а) узнать (обычно путем разведки) возможные варианты действий стороны «А», цели и намерения, ресурсные и коммуникационные возможности и другие факторы, влияющие на ее поведение; б) принять (опираясь на полученные данные) решение относительно собственного поведения; в) передать стороне «А» такие данные о себе и своих намерениях, которые побуждают ее вести себя так, как это выгодно стороне «В».

Кумулятивность (от лат. *cumulatio* – сосредоточение) конфликтов проявляется в их способности находить слабое, наименее устойчивое звено в структуре системы, где они протекают, и

сосредоточенно действовать в эту точку. Образно говоря, конфликты работают по принципу: где тонко, там и рвется. Поэтому наблюдаемые катастрофические явления (аварии, крушения, природные и техногенные катаклизмы, социальные потрясения, экономические банкротства и т.д.) служат признаком протекания каких-то конфликтных процессов, и именно они, а не только катастрофы должны быть объектом анализа.

В теоретическом аспекте кумулятивность следует рассматривать в качестве функционального дополнения к свойству систем стремиться в своем развитии к состоянию с максимальной энтропией. Эта дополнительность выражается в том, что в природе не существует абсолютно закрытых или абсолютно открытых систем (в термодинамическом или каком-либо другом смысле). Такие состояния всегда временные. Рано или поздно под действием конфликтов произойдет вскрытие/заккрытие системы, и она обретет/потеряет способность к вещественному, энергетическому и информационному метаболизму с окружающей ее средой.

Квазипериодичность (от лат. *quasi* – якобы + греч. *periodos* – круговращение) означает, что наблюдаемая (внешняя) сторона конфликтов носит колебательный или циклический характер. Приставкой «квази» подчеркивается, что параметры колебаний (амплитуда, частота, фазовый сдвиг и другие) не постоянны, а имеют вероятностную природу, но не в статистическом, а в ее физическом смысле.

С конфликтологической точки зрения в основе любого квазипериодического явления лежит какой-либо конфликтный процесс, выражающийся в противодействии механических, электрических, химических, социальных и иных сил. Например, колебания обычного маятника есть результат противодействия силы тяготения и силы натяжения нити, на которой подвешен груз, после того как он выведен из положения равновесия каким-либо способом. Точка, в которой маятник меняет направление колебаний, рассматривается как кризис движения. Если движение

электрона вокруг атомного ядра есть колебательное движение, то его источник следует искать в конфликтных взаимодействиях ядерных или каких-либо других (неизвестных) сил. Точно так же вращение Земли вокруг собственной оси и вокруг Солнца есть результат действия конфликтующих сил пока неведомой природы. Сердцебиение у животных (в том числе у человека) – типичный квазипериодический процесс с ярко выраженными флюктуациями частоты и амплитуды колебаний. Следовательно, сердцебиение может рассматриваться как результат конфликтного процесса взаимодействия мышечных, нервных и других тканей, образующих систему кровоснабжения.

Квазипериодический характер движения (развития) свойственен всем системам – социальным, биологическим и физическим. Поэтому этот феномен должен быть предметом специального изучения. Сегодня многие специалисты и ученые используют для этого статистический подход. Применительно к явлениям квазипериодического свойства статистика помогает обнаружить только факт самих автоколебаний и зарегистрировать их параметры в прошлом. Для статистики не существует такого понятия как «настоящее», а есть только прошлое и вероятное будущее. Как только происходит фиксация какого-либо факта, так тут же он становится достоянием истории. Будущее же для статистики есть не более чем предсказание, основанное на прошлых наблюдениях. Это предсказание может иметь какую-либо прогностическую силу только в том случае, если наблюдаемый колебательный процесс обладает свойством эргодичности, то есть точно установлена область сильной устойчивости и заранее известна та единственная точка равновесия, к которой стремится система в своем развитии. В противном случае, когда процесс не обладает свойством эргодичности, использование статистических данных приводит к необоснованным выводам, которые зачастую становятся предметом политических и идеологических спекуляций. Сказанное свидетельствует о том, что изучать квазипериодические процессы нужно, основываясь не на внешних

наблюдениях и статистических фиксациях, а на принципиально иных подходах, ориентированных на вскрытие внутренних механизмов образования колебаний в развитии природных и общественных явлений. Квазипериодические процессы в системах любого типа происходят не сами по себе, а в результате действия внутренних противоположно направленных сил (социальных, физических, химических и других). Эти силы выводят систему из равновесия, и они же возвращают ее в область равновесия (прежнюю или новую). Кроме того, под действием этих сил может произойти частичное или полное разрушение системы. В итоге, если система не разрушается, видимая траектория ее движения приобретает вид колебаний, но колебаний особых – квазипериодических. Статистические характеристики частоты и фазы таких колебаний не стационарны, поскольку определяются характером взаимодействия сил, порождающих движение. В ответ на действие с одной стороны следует контрдействие с другой, которое меняет результат действия, на контрдействие следует контр – контрдействие, изменяющее результат контрдействия, и так далее. Возникает цепной саморазвивающийся процесс, для познания которого недостаточно внешних наблюдений. Необходимо построение модели, описывающей содержательную сторону механизмов самовзаимодействия.

Неопределенность конфликтов раскрывается через такие категории как: незнание, неизвестность, нелинейность, неадекватность и, наконец, случайность.

Незнание в конфликте характеризуется тем, что его участники не имеют полной информации о намерениях, планах, располагаемых ресурсах и возможных стратегиях поведения противостоящей стороны. В реальных конфликтах эта информация тщательно скрывается и сознательно искажается. Поэтому определить свое рациональное поведение в конфликте чрезвычайно трудно. Ситуация осложняется ещё и тем, что, как уже отмечалось, в конфликтах действует фактор взаимной рефлексии.

Неизвестность в конфликте связана с трудностями достоверной оценки противоборствующими сторонами не только результатов исхода конфликта в целом, но даже его ближайшего шага. В общем случае эти трудности обусловлены слабой предсказуемостью конфликта, а конкретно – неведением сторон относительно того, какие новые (ранее скрытые) ресурсы будут активированы конфликтом в ходе его развития и какие контрдействия последуют за каждым действием сторон. Учитывая это свойство, можно утверждать, что любой конфликт – это путь к неведомому для всех его участников.

Нелинейность конфликтов проявляется в возможности резкого (скачкообразного) изменения траектории их развития под действием внутренних и внешних факторов. Это свойство характерно для многих явлений, но в конфликте оно усиливается его слабой предсказуемостью. В этом смысле конфликт внешне устойчив, но внутренне не прямолинеен. В истории человеческих сообществ было множество экономических, политических и военных конфликтов, которые продолжались достаточно длительный период времени и в то же время изобиловали резкими, непредсказуемыми поворотами ситуаций.

Несоизмеримость в конфликте относится к содержанию понятий, которыми оперируют его участники. Каждая конфликтующая сторона имеет свое представление о сущности таких этических понятий, как: «правдивость», «этичность», «гуманность», «нравственность», «агрессивность» и других. Причем содержательную сторону подобных понятий практически невозможно ни унифицировать, ни стандартизировать. Поэтому при их сопоставлении всегда возникает проблема несоизмеримости, которая приводит к неопределенности во взаимопонимании общающихся сторон, а конфликтующих тем более.

Неадекватность в конфликте как компонента неопределенности внешне сходна с несоизмеримостью, однако, природа ее иная. Речь идет о том, что участники конфликта могут неадекватно оценивать конфликтную обстановку и неадекватно фор-

мировать свое поведение. Такая «двойная» неадекватность обусловлена спецификой психики человека, состоящей в том, что каждый индивид оценивает ситуацию в меру своего развития и в меру этого же реагирует на нее. Очевидно, что однозначности в этом случае нет и быть не может.

Случайность явлений, конфликтных в том числе, имеет глубинный смысл и связана с такой компонентой, как «незнание». Общепринятого мнения о природе случайного нет. Существуют две точки зрения. Первая точка зрения исходит из того, что истинные корни любого явления уходят в другие так называемые трансцендентные миры, такие же материальные, как и наш, но обладающие особыми свойствами, например, отсутствием времени, пространства, массы и т.п. Мы, люди – пока, не можем наблюдать и познавать процессы, происходящие в этих мирах, даже если вооружимся самыми совершенными приборами, а способны лишь воспринимать их проявления: они-то и кажутся нам случайными. Другая, более распространенная точка зрения исходит из того, что коренная природа случайного обусловлена нашим незнанием существа причинно-следственных связей в природных явлениях нашего мира. В силу этого мы только воспринимаем явления как случайные, но если постигнуть их глубже, то всякая случайность исчезает и явление выступает детерминированным. Однако постигнуть любое явление до конца невозможно, поэтому области случайного всегда будут существовать, выступая мерой познания того или иного явления.

Несмотря на существующие разногласия, относительно глубинных причин случайного, обе точки зрения сходятся в одном: все природные и общественные явления в той или иной мере обладают свойством случайности. В конфликтах случайное не является доминирующим фактором, оно лишь накладывается на их динамику, придавая ей флюктуационные оттенки. Основная траектория конфликтов определяется не столько «волей случая», сколько характером взаимодействия конфликтующих сторон. Поэтому на вопрос, что будет в том или ином конфликте, можно

с уверенностью отвечать: вероятнее всего будет то, что мы сами сотворим.

Расширяемость как одно из фундаментальных свойств конфликтов выражается в их способности втягивать в свою сферу субъекты, между которыми ранее отсутствовали какие-либо противоречия. В социальных системах это свойство иллюстрируется мировыми войнами, глобальными экономическими кризисами, революциями. Эти и им подобные кризисные процессы начинаются, как правило, с локальных конфликтов, которые не затрагивают интересов большинства стран и проживающего в них населения. Однако со временем происходит их расширение. В локальные кризисы вовлекаются новые участники, и они вначале перерастают в региональные, а затем и в глобальные.

Процессы расширяющегося типа характерны не только для социальных, но и для любых других конфликтов. Объясняются они тем, что в открытых системах, с одной стороны, происходит диссипация конфликтов, с другой стороны, такие системы адсорбируют внешнюю конфликтность. Благодаря этим противоположным тенденциям происходит образование цепочек конфликтов, которые при определенных условиях трансформируются в лавинообразный слабоуправляемый процесс, охватывающий все новые и новые сферы.

Универсального рецепта, как избежать такого нежелательного развития событий, нет. Искусственная изоляция систем неэффективна, так как приводит к еще большей внутренней конфликтности, а вот ликвидировать условия, обуславливающие лавинообразное разрастание конфликтов возможно.

Расширяемость конфликтов не носит абсолютного характера. Не все локальные кризисы перерастают в глобальные, точно так же как и не все личностные переходят в групповые. Социальные конфликты расширяются не сами по себе. Их распространяют люди и социальные группы, преследующие вполне определенные цели. Соответственно, избежать или приостановить разрастание конфликта можно, если его субъекты будут

уверены в экономической, политической или какой-либо иной нецелесообразности этого процесса. Или в более общей формулировке: разрастание конфликта можно предотвратить, если разрушить дестабилизирующие положительные и восстановить стабилизирующие отрицательные обратные связи между теми, кто им управляет, и теми, кто реализует это управление.

Притягательность. Конфликты, несмотря на многочисленные трагические исходы, всегда притягивали, и будут притягивать внимание людей.

*Все, все, что гибелью грозит,
Для сердца смертного таит
Неизъяснимы наслажденья –
Бессмертья, может быть, залог!
И счастлив тот, кто средь волненья
Их обрести и ведать мог...*

(А. Пушкин. «Пир во время чумы»)

Какие же свойства конфликтов столь притягательны для людей? К их числу можно отнести: внутренний драматизм и остросюжетность.

Внутренний драматизм любого конфликта состоит в возможности трагического (катастрофического) исхода для его участников. Начинаясь с внешне безобидной шутки или неосторожно брошенного слова, ситуация из содействия может довольно быстро перейти в противодействие, вплоть до антагонизма, последствия которого чреваты катастрофой. Любой, кто наблюдает за развитием этой ситуации извне, даже не вмешиваясь в действия сторон, становится ее виртуальным участником, осознавая свою сопричастность к происходящим событиям. Лицо-наблюдатель начинает сравнивать поступки сторон, анализировать возможные варианты развития ситуации, мысленно ставить себя на место каждого участника. В итоге ему предоставляется уникальная возможность «учиться на ошибках других», не испытывая при этом никакого дискомфорта. Для такого наблю-

дателя негативные последствия конфликта исключены, но в то же время он «рискует», находясь в виртуальном мире. Такие возможности всегда притягательны.

Остросюжетность конфликтов – это их нелинейность и случайность, взятые вместе. Все случайно происходящее интересует человека, прежде всего, своей непознаваемостью, а стремление к познанию окружающего мира есть генетически обусловленное свойство разумного существа. Но если случайности происходят постоянно, то человек теряет к ним интерес. Конфликт своей нелинейностью исключает постоянство в своем развитии и тем самым «подогревает» интерес к происходящему. В том случае, если естественных конфликтов нет, то человек организует их искусственно, например, в виде спортивных игр.

Свойством конфликтов привлекать к себе внимание людей умело пользуются политики, спортсмены, актеры, режиссеры. Иногда это становится прибыльной профессией, например у фоторепортеров-папарацци, снимающих скандальные эпизоды из жизни звезд. Так называемый «черный политический пиар» во многом основан на притягательности конфликтов. Чем конфликтнее политик, тем более известным он становится. А известность – это уже половина успеха на пути к вершинам власти. Но именно половина, поскольку такая популярность имеет и другую сторону: у значительной части избирателей она вызывает негативное отношение к данной личности.

Причинная обусловленность конфликтов. В представлениях о причинах конфликтов существует достаточно много противоречивых точек зрения, что обусловлено, как мы увидим далее, сложностью проблемы, затрагивающей центральные моменты мироустройства. Речь идет не о простом перечислении субъективных обстоятельств, повлекших за собой те или иные конфликты (их бесконечное множество), а об установлении их фундаментальных первопричин. Такое понимание причинной обусловленности имеет не только методологическое, но и практическое значение, поскольку позволяет правильно ставить и

решать задачи предупреждения и урегулирования конкретных конфликтов, опираясь не на субъективные оценки происходящего, а понимая объективную сторону конфликтных явлений.

Системный подход к пониманию причинной обусловленности конфликтов опирается на следующие взаимодополняющие и равноправные точки зрения (концепции): философскую, прагматическую и социологическую.

Философская концепция исходит из того, что в основе всех конфликтов лежит объективный процесс взаимопроникновения противоположных сторон материальных объектов, взаимно определяющих и в то же время отрицающих друг друга. В наиболее законченном и совершенном виде концепцию причинной обусловленности конфликтов как неразрывного существования и взаимного проникновения противоположностей сформулировал Георг Вильгельм Фридрих Гегель в своем учении о диалектике [Гегель, 1934]. Согласно диалектическому воззрению Гегеля, противоположности единого целого, с одной стороны, взаимосвязаны и взаимообусловлены, образуя процесс взаимного проникновения, а с другой – находятся в состоянии взаимоисключения и взаимного отталкивания, образуя процесс взаимного отрицания. Такое динамическое взаимопроникновение и взаимное отрицание противоположностей Гегель назвал противоречием. Развитие любого явления есть ни что иное, как становление, обострение и разрешение противоречий, суть – конфликт, завершающийся переходом противоположностей не только друг в друга, но и образованием более высоких форм данного явления. Разрешение конфликта противоречий представляет собой скачок, качественное изменение явления, превращение его в иное явление, отрицание новым явлением старого, возникновение новых, иных противоположностей, присущих явлению нового качества.

Гегелевское понимание причинной обусловленности конфликтов и их роли внутреннего источника и побудительной силы развития природы и общества сохраняет свою методологиче-

скую значимость и в настоящее время. Так, основываясь на нем, можно сформулировать принцип конфликтной дополнительности: любому свойству, как и любой функции, системного объекта соответствует некий антипод, скрытый в одних ситуациях, но проявляющийся в других, или, наличие какой-либо одной тенденции обычно указывает на присутствие ей противоположной. Главное следствие, вытекающее из этого принципа, заключается в том, что любое суждение, сколь строго оно бы ни было доказано, в самой своей сути содержит альтернативу, и чем категоричнее суждение, тем глубже альтернатива. В этом кроется источник глубинной, самой важной неопределенности системно-аналитических исследований.

Прагматическая концепция определяет первопричину конфликтов как результат дефицита ресурсов, необходимых всем формам материи для своего движения, а также как несоответствие коммуникационных возможностей потребностям развития. В основе этой концепции лежит аксиоматическое утверждение о том, что в нашем мире нет ничего застывшего – все сущее в нем движется и развивается, а для этого нужны определенные ресурсы: энергетические, вещественные, информационные, финансовые, морально-волевые и другие. Эти ресурсы должны быть не вообще, а в нужном месте, в определенное время, требуемого качества и в необходимом количестве, что обеспечивается коммуникациями. В том случае, если в своем развитии некий объект начинает испытывать ресурсный дефицит, он вынужден изыскивать недостающие ресурсы на стороне, порождая тем самым конфликтные взаимоотношения со своим окружением. В физических явлениях начинается отбор энергии от соседних объектов, в биологических сообществах возникает борьба организмов за свет, питание, воду, минеральные вещества и т.п., в социальных структурах порождаются мотивы к агрессии, экспансии, эксплуатации.

Таким образом, движение и развитие – это свойство всех видов материи, реализуемое через ресурсы – тоже движущуюся

материю, но имеющую иные пространственные, структурные, временные, инерционные и другие характеристики. Различие и не полное совмещение этих характеристик приводит к образованию разнородного дефицита ресурсов то в одном, то в другом пространственно-временном континууме, что служит толчком к возникновению различных конфликтов. Из такого понимания причинной обусловленности конфликтов следует, что они как явления неустранимы в той же мере, в какой мере неустранима способность материи к движению.

Социологическая концепция видит первооснову возникновения конфликтов в столкновении интересов и ущемлении потребностей людей и социальных групп, а также в существовании природного феномена отчуждения личности от системы и в наличии неустранимой иррациональности в поведении человека.

В настоящее время решение конфликтных проблем в социальных системах видится в том, чтобы отказаться от утопической идеи избавиться от конфликтов, и научиться управлять ими, минимизируя негативные и максимизируя позитивные проявления. И это может быть достигнуто только путем непрерывного гуманистического совершенствования индивидуальной и общественной жизни. Естественно, что на этом пути будут возникать новые и крайне разнообразные конфликты и общественные коллизии, однако при следовании гуманистическим идеалам они могут найти свое разрешение без кровавых противоборств и унижительной эксплуатации человека человеком.

Развиваясь в этом направлении, системный анализ конфликтов опирается на концепции одного из крупнейших и влиятельнейших направлений философской мысли – экзистенциализм. Экзистенциалисты считают, что социальные катастрофы новейшей истории обнаружили неустойчивость, хрупкость не только индивидуального, но общественного бытия. Индивиду, чтобы устоять в непрерывных социальных катаклизмах, необходимо разобраться в своем внутреннем мире, оценить свои возможности и способности, исключить агрессивную (конфликтную)

установку внутри себя. По мнению экзистенциалистов, деятельность людей направляется не столько внешними обстоятельствами, сколько внутренними побуждениями. От человека зависит очень многое, и не надо в случае конфликта ссылаться на обстоятельства. Люди обладают свободой в определении своих целей и способов их достижения. А цели и способы, воплощенные в действия, уже создают ситуацию содействия или противодействия, в зависимости от уровня гуманистического развития человека.

6.3. Динамика конфликтов

Динамика конфликтов – это их развитие, движение во времени и в пространстве. До недавнего времени считалось, что этот процесс достаточно прост и выражается в том, что в своем развитии любой конфликт последовательно проходит определенные стадии, в частности, такие как конфликтная ситуация, латентная стадия, кризис и другие. На самом деле динамическая структура конфликтов представляет собой более многообразный и несравненно более сложный процесс.

Следуя системному подходу, будем различать макро-, мезо- и микродинамику конфликтов и, соответственно, рассматривать общую модель изучаемого конфликта в виде иерархии, составленной из макро-, мезо- и микродинамических моделей.

Целесообразность такого представления обусловлена известным синергетическим принципом «регулирующих параметров порядка», согласно которому: а) динамика конфликта (как и любого другого явления) рассматривается как самоорганизующийся процесс, в котором образование новых качеств происходит вследствие взаимодействия соподчиненных уровней; б) количество выделяемых уровней должно обеспечивать минимально допустимое представление о сущности изучаемого процесса, чему соответствует трехуровневая иерархия; в) различие между уровнями определяется метрикой выбранного про-

странства состояний; г) характер взаимодействия между уровнями обуславливается ограниченным числом характеристик на соподчиненных уровнях, что позволяет сократить объем учитываемых факторов без существенных потерь в точности описания изучаемого процесса.

Макродинамика конфликта. Для описания динамики конфликта на этом уровне введем следующие состояния: противодействие (S_{--}), содействие (S_{++}), эксплуатация (S_{+-}) и нейтралитет (S_{00}). Помимо этого введем некое конечное состояние, которое назовем гибелью системы (S_0). Будем так же полагать, что функционирование каждой из конфликтующих систем характеризуется эффективностью – E , а их цель заключается в максимизации эффективности, что обозначим записью $E \rightarrow \max$. Определим перечисленные состояния.

Противодействие характеризуется отрицательным влиянием конфликтующих сторон на функционирование друг друга. В случае конфликта двух систем, когда их функционирование на некотором интервале времени описывается непрерывными и дифференцируемыми функциями эффективности $E_1(t)$, $E_2(t)$, противодействие можно определить так (для сокращения здесь и далее аргументы функций $E_1(t)$ и $E_2(t)$ опускаются):

$$S_{--}: (\delta E_1 / \delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2 / \delta E_1 < 0),$$

где знак « \wedge » соответствует логическому «и», $\delta E_1 / \delta E_2$ и $\delta E_2 / \delta E_1$ – частные производные, значения которых характеризуют интенсивности влияния сторон друг на друга, а знаки – направление влияния. Так, запись $\delta E_1 / \delta E_2 < 0$ означает, что вторая сторона оказывает отрицательное влияние на первую. Если $\delta E_1 / \delta E_2 > 0$, то вторая сторона положительно влияет на первую. При $\delta E_1 / \delta E_2 = 0$ вторая сторона не оказывает влияния на первую.

Состояние противодействия S_{--} будем разделять на антагонизм, S^1_{--} , строгое соперничество S^2_{--} и нестрогое соперничество S^3_{--} ($S_{--} = \langle S^1_{--}, S^2_{--}, S^3_{--} \rangle$), которые формально определим следующим образом.

Антагонизм – предельная степень противодействия, при котором достижение цели одной стороной исключает достижение цели другой стороной (компромисс невозможен), что формально выражается логической записью:

$$S^1 \dots: [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \& (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \wedge \\ \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow (E_2 = 0), \max E_2 \Leftrightarrow (E_1 = 0)],$$

где символ \Leftrightarrow означает взаимное соответствие, а выражение « $A \Leftrightarrow B$ » читается так: « A » влечет за собой « B » и « B » влечет за собой « A ».

Строгое соперничество – состояние противодействия, при котором наибольшая эффективность функционирования одной стороны достигается при наименьшей эффективности другой:

$$S^2 \dots: [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \wedge \\ \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow \min E_2, \max E_2 \Leftrightarrow \min E_1].$$

Иными словами, при строгом соперничестве наблюдается такая форма противодействия, когда, несмотря на противоречия или расхождения в позициях, у сторон имеются точки соприкосновения, где возможны локальные компромиссы.

Нестрогое соперничество – состояние противодействия, находясь в котором, стороны хотя и оказывают отрицательное влияние друг на друга, но, тем не менее, способны на основе компромисса достичь своих целей, хотя, возможно, не в полной мере:

$$S^3 \dots: [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \wedge \\ \wedge [\max E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \min E_2, \max E_2 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \min E_1],$$

где символом $\overset{\neg}{\Leftrightarrow}$ обозначено взаимное несоответствие, а выражение « $A \overset{\neg}{\Leftrightarrow} B$ » означает, что « A » не влечет за собой « B » и « B » не влечет за собой « A ».

Содействием называется состояние конфликтного процесса, для которого характерно положительное влияние сторон на функционирование друг друга. Формально определим его так:

$$S_{++}: (\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0).$$

Содействие будем подразделять на единство S^1_{++} , симбиоз S^2_{++} , содружество S^3_{++} и коалицию S^4_{++} , ($S_{++} = \langle S^1_{++}, S^2_{++}, S^3_{++}, S^4_{++} \rangle$), которые определим следующим образом.

Единство – предельная степень содействия, при которой цели сторон сливаются в одну общую цель:

$$S^1_{++}: [(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)] \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow \max E_2] \wedge [\min E_1 \Leftrightarrow \min E_2].$$

Симбиоз соответствует такому взаимно положительному влиянию сторон друг на друга, при котором они объединены единством цели, но вклад в ее достижение у каждого из них различен (у одной стороны он больше, у другой – меньше):

$$S^2_{++}: [(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)] \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow \max E_2] \wedge [\min E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \min E_2].$$

Содружество образуют взаимно содействующие стороны, цели у которых различны, но эти различия не выходят за рамки определенных границ, то есть каждая сторона преследует свои интересы, но они не противоречат системным интересам:

$$S^3_{++}: [(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)] \wedge [\max E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \max E_2] \wedge [\min E_1 \Leftrightarrow \min E_2].$$

Коалиция представляет собой объединение взаимно содействующих сторон без формирования общей цели:

$$S^4_{++}: [(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)] \wedge [\max E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \max E_2] \wedge [\min E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \min E_2].$$

Эксплуатация как макро состояние конфликта характеризуется наличием как противодействия, так и содействия:

$$S_{+-}: [(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \vee [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)].$$

Находясь в этом состоянии, каждая из сторон преследует свои цели, которые противоречивы, но в тоже время ни одна из сторон не может достигнуть своих целей без другой. Несмотря

на существующие противоречия, каждая из сторон обладает чем-то необходимым для другой стороны и уступает это «что-то» в обмен на уменьшение противодействия. Вокруг такого обмена и развивается конфликт. Разнообразие форм эксплуатации чрезвычайно велико, но если отвлечься от их содержательной части, то, следуя принятому формализму, можно выделить следующие состояния эксплуатации.

Нормальная эксплуатация – возникает тогда, когда, несмотря на противоречия, стороны достигают целей своего функционирования, но одна сторона за счет другой:

$$S^1_{+.-}: \{[(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \vee \\ \vee [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)]\} \wedge \\ \wedge \{[\max E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} (E_2 = 0)] \wedge [\max E_2 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} (E_1 = 0)]\}.$$

Антагонистическая эксплуатация, при которой, несмотря на наличие содействующего компонента, стороны не могут совместно достичь своих целей (одна из сторон выигрывает, другая проигрывает):

$$S^2_{+.-}: \{[(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \vee \\ \vee [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)]\} \wedge \\ \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow (E_2 = 0)] \wedge [\max E_2 \Leftrightarrow (E_1 = 0)].$$

Доброжелательная эксплуатация, когда обе стороны выигрывают в конфликте, но одна больше другой (за счет другой):

$$S^3_{+.-}: \{[(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \vee \\ \vee [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)]\} \wedge \\ \wedge [\max E_1 \Leftrightarrow \max E_2] \wedge [\min E_1 \overset{\neg}{\Leftrightarrow} \min E_2].$$

Злобная эксплуатация, при которой каждая из сторон предпочитает проиграть в расчете на то, что другая сторона проиграет еще больше:

$$S^4_{+.-}: \{[(\delta E_1/\delta E_2 > 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 < 0)] \vee \\ \vee [(\delta E_1/\delta E_2 < 0) \wedge (\delta E_2/\delta E_1 > 0)]\} \wedge [\min E_1 \Leftrightarrow \min E_2].$$

При *нейтралитете* стороны не оказывают непосредственного влияния на функционирование друг друга, что формально записывается выражением:

$$S_{00}: (\delta E_1 / \delta E_2 = 0) \wedge (\delta E_2 / \delta E_1 = 0).$$

Гибель стороны, участвующей в конфликте, наступает тогда, когда эффективность ее функционирования E снижается до некоторой критической величины E_K в течении периода времени ΔT , превышающего некий порог T_K , определяемый ее адаптационными способностями, или формально:

$$S_0 : [E < E_K]_{\Delta T \geq T_K}.$$

Итак, согласно введенным состояниям развитие конфликта на макроскопическом уровне происходит в тринадцатимерном ($_{13}E$) пространстве состояний, осями которого выступают: гибель (S_0): антагонизм (S^1_{--}); строгое соперничество (S^2_{--}); нестрогое соперничество (S^3_{--}); единство (S^1_{++}); симбиоз (S^2_{++}); содружество (S^3_{++}); коалиция (S^4_{++}); нормальная эксплуатация (S^1_{+-}); антагонистическая эксплуатация (S^2_{+-}); злобная эксплуатация (S^3_{+-}); доброжелательная эксплуатация (S^4_{+-}); нейтралитет (S_{00}). Соответственно задается изображающая точка процесса: $_{13}E - (S_0, S^1_{--}, S^2_{--}, S^3_{--}, S^1_{++}, S^2_{++}, S^3_{++}, S^4_{++}, S^1_{+-}, S^2_{+-}, S^3_{+-}, S^4_{+-}, S_{00})$.

Возможны и другие способы задания макросостояний конфликтного процесса, но при любом способе суть должна заключаться в следующем. Макросостояние – это область слабой (локальной) устойчивости в пространстве функциональных факторов, где происходит развитие конфликта, а смена состояний – это качественный скачок, неустойчивость в динамике процесса, переход из одних областей локальной устойчивости в другие.

С учетом введенных состояний макродинамика конфликта в ее формальном представлении описывается схемой рис. 6.13, где кружками обозначены макросостояния конфликта, а линиями – возможные переходы из одного состояния в другое.

Отметим особенность такого представления макродинамики конфликта, которую назовем эффектом квантовой неразделимо-

сти. Этот эффект заключается в том, что конфликтный процесс находится не в одном из состояний, указанных на схеме рис. 6.13, а во всех сразу, одновременно с различной вероятностью. Эта необычная особенность конфликтного процесса вполне объяснима на понятийном уровне. Так, в самой дружной семье (семья – это не только люди, но и отношения между ними) непременно присутствуют не только элементы содействия и нейтралитета, но противодействия и эксплуатации, почти скрытые в одних условиях и ярко проявляющиеся в других. В организме здорового человека кроются многочисленные болезни (негативные взаимоотношения между компонентами, составляющими его организм), способные переходить в кризисы.

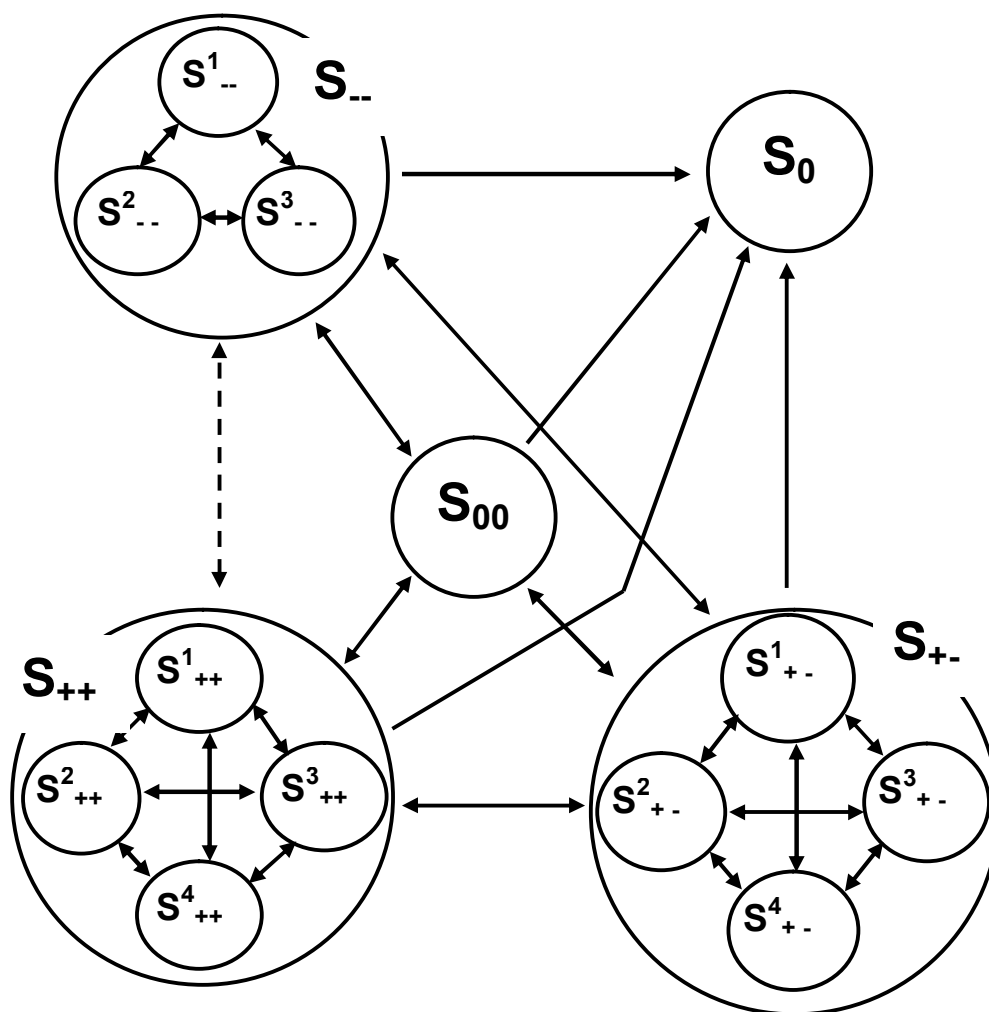


Рис. 6.13. Модель макродинамики конфликта

Учитывая сказанное, динамику конфликта на макроуровне можно представить в виде одновременного его развития по тринадцати траекториям (по числу возможных макросостояний), «взвешенным» вероятностями пребывания конфликта в соответствующем состоянии. Причем, для любого момента времени должно выполняться условие: сумма этих вероятностей равна единице, что на содержательном уровне можно трактовать как закон сохранения конфликтности в данной системе. Действительно, в закрытых системах конфликты не исчезают в «никуда» и не возникают из «ниоткуда», они лишь переходят из одной формы в другую, так, что суммарная конфликтность, задаваемая состояниями $S_0, S^1_{--}, S^2_{--}, S^3_{--}, S^1_{++}, S^2_{++}, S^3_{++}, S^4_{++}, S^1_{+-}, S^2_{+-}, S^3_{+-}, S^4_{+-}, S_{00}$, постоянна.

Мезодинамика конфликта отображает его развитие между макросостояниями, а модель микродинамики должна вскрывать содержание процессов, которые соответствуют стрелкам на схеме рис. 6.13. Так, например, модель, соответствующая стрелке, отмеченной на этом рисунке пунктирной линией, должна детализировать процесс перехода конфликта из состояния противодействия в состояние содействия и наоборот.

Будем исходить из того, что в общем случае развитие конфликта между макросостояниями проходит определенные стадии: конфликтную ситуацию ($C_{КС}$), латентную стадию ($C_{ЛС}$), кризис ($C_{КР}$) и катастрофу ($C_{КТ}$), которые будем рассматривать в качестве его мезосостояний. По определению начальными состояниями конфликта на мезоуровне являются противодействие, эксплуатация, содействие и нейтралитет. Эти же состояния + «гибель» выступают конечными состояниями.

Конфликтная ситуация – это начальная стадия развития конфликта, содержательная сторона которой заключается в формировании условий, необходимых для перерастания противоположных свойств взаимодействующих объектов в противоречия между ними. Такие условия принято называть источниками конфликта. В конкретных проявлениях они бесконечно мно-

гообразны, но если вникнуть в их существо, то выяснится, что фундаментальным источником любого конфликта служит дефицит ресурсов, необходимых системам для существования и функционирования. Речь идет об энергетических, вещественных, информационных, финансовых, морально-волевых, административных и других ресурсах, которые должны быть не вообще, а в нужном месте, в определенное время, требуемого качества и в необходимом количестве, что обеспечивается коммуникациями. Поэтому правильнее говорить не о ресурсном, а о ресурсно-коммуникационном дефиците.

Итак, возникновение условий, ведущих к образованию ресурсно-коммуникационного дефицита, побуждает взаимодействующие стороны сдвинуться со своего устойчивого состояния. Тем самым фиксируется образование конфликтной ситуации. Далее конфликтный процесс может развиваться по следующим направлениям:

1) $C_{КС} \rightarrow (C_{ЛС} \text{ или } C_{КР} \text{ или } C_{КТ})$, то есть конфликт может двигаться дальше по нарастающей, к одной из следующих стадий: $C_{ЛС}$, $C_{КР}$ или $C_{КТ}$, что означает эскалацию (дальнейшее развитие) противоречий при $C_{КС} \rightarrow C_{ЛС}$, стремительное (лавинообразное) нарастание кризисных явлений при $C_{КС} \rightarrow C_{КР}$, либо движение к катастрофе при $C_{КС} \rightarrow C_{КТ}$;

2) $C_{КС} \rightarrow (S_{..} \text{ или } S_{++} \text{ или } S_{+-} \text{ или } S_{00})$, то есть конфликт может перейти в одно из локально устойчивых макросостояний, что означает – данный конфликт исчерпан, плохо или хорошо, но конфликтующие стороны сумели преодолеть противоположные устремления, нашли способы восполнения недостающего ресурса или умили свои потребности;

3) $C_{КС} \rightarrow S_0$, то есть, конфликт, минуя все стадии своего естественного развития, сразу же завершиться гибелью одной, нескольких или всех систем, участвующих в конфликте.

Латентная стадия – это вторая стадия развития конфликта, состоящая в переходе противоположностей сторон в реальные

противоречия между ними. На этой стадии происходит интегро-дифференциация системы, то есть расчленение ее на отдельные центры и концентрация вокруг них компонентов с ярко выраженными противоположными свойствами. Применительно к социальным конфликтам это означает разделение людей на стороны, имеющие различия в точках зрения и интересах, с одновременным их объединением в политические движения, партии, экономические, финансовые и другие группировки, преследующие противоположные или несовпадающие цели. В юридической сфере латентная стадия – это подготовка к правонарушению или преступлению. В биосистемах на этой стадии конфликта происходит распад прежде единого биоценоза и образование сообществ с противоположно направленными биотическими отношениями. В неживой природе под действием физических законов сохранения вещества и энергии, возрастания энтропии и других начинается формирование локальных областей с несовпадающими векторами сил.

Таким образом, содержательный аспект латентной стадии конфликта состоит в том, что происходит формирование конфронтационных позиций сторон под действием сохраняющегося дефицита ресурсов, но открытые внешние действия еще не имеют места. Отсутствие очевидных проявлений конфликта в виде активных действий послужило основанием для наименования этой стадии. Далее конфликтный процесс может развиваться по следующим трем направлениям:

1) $C_{ЛС} \rightarrow (C_{КР} \text{ или } C_{КТ})$, то есть двигаться по нарастающей, перейдя в стадию кризиса либо катастрофы, что означает переход от конфронтации к реальным противоборствам при $C_{ЛС} \rightarrow C_{КР}$, или нарастание катастрофических явлений при $C_{ЛС} \rightarrow C_{КТ}$;

2) $C_{ЛС} \rightarrow (S_{..} \text{ или } S_{++} \text{ или } S_{+-} \text{ или } S_{00})$, то есть перейти в одно из локально устойчивых макросостояний, что означает – данный конфликт не доведен до кризиса или катастрофы, в частности потому, что конфликтующие стороны сумели найти компромисс

интересов, умерили взаимоисключающие потребности, изыскали способы восполнения недостающего ресурса;

3) $S_{ЛС} \rightarrow S_0$, то есть завершиться гибелью одной, нескольких или всех систем, участвующих в конфликте.

Как и в конфликтной ситуации, выбор пути в латентной стадии определяется самими участниками конфликта. Отличие данного этапа состоит в том, что часть ресурса может быть затрачена не на развитие системы, а на формирование в ней конфронтационных образований. Это не разрешает, а только обостряет ситуацию, поскольку приближает систему к ресурсной катастрофе. Вместе с тем природа конфликта такова, что этот этап дает возможность противостоящим сторонам в последний раз «задуматься» над тем, каким путем изыскивать недостающие ресурсы: экспансией и агрессией или сотрудничеством и взаимопомощью. На первый взгляд кажется, что решение очевидно. Однако на самом деле это далеко не так, поскольку выбор пути значительно осложняется следующими обстоятельствами.

В любой системе ресурсы разнородны, взаимосвязаны и имеют ситуативные ранги важности по отношению к обеспечению ее жизнедеятельности. Кроме того, значительная часть ресурсов скрыта не только от стороннего наблюдателя, но и от самой системы. В социальных системах ресурсы скрываются сознательно, поскольку таким способом элементам удастся повысить свою самостоятельность и обеспечить большую свободу действий. Более того, отдельные ресурсы находятся во взаимном противоречии, в частности такие, как духовные и финансовые, интеллектуальные и материальные, поскольку сами способны перейти в конфликт. Поэтому исключить ресурсный дефицит простым добавлением недостающего или разделением спорного ресурса принципиально невозможно (разве только в лабораторных условиях).

Находясь в латентной стадии конфликта, стороны определяют свои намерения и формируют свое представление о намерениях «соседа». При этом они опираются на предысторию сво-

их взаимоотношений и текущую информацию о взаимных намерениях. Эта информация, как правило, ограничена. В силу этого взаимные намерения сторон могут быть восприняты ими с определенными искажениями. Эти искажения сводятся к ошибкам двух родов. «Пропуск цели» – одна из сторон намеревается решать вопросы путем агрессии, а другая сторона на основе имеющихся у нее данных оценивает эти намерения как неагрессивные. «Ложное срабатывание» – одна из сторон намерена решать вопросы мирным путем, а другая – оценивает эти намерения как агрессивные. Такие ошибки и их комбинации могут привести к различным и зачастую непредсказуемым последствиям. В частности, сторона, допустившая ошибку первого рода, может оказаться не готовой к противоборству. Следствием ошибок второго рода могут быть ситуации, в которых одна из сторон, не имея на то объективных причин, начинает разворачивать приготовления к противоборству. А если информация об этих приготовлениях становится известна другой стороне, то и она вынуждена предпринимать адекватные ответные меры. Важно отметить, что конфликтные ситуации, возникшие вследствие ошибок второго рода, могут перерасти в противоборство при условии, если в системе доминирует так называемая «агрессивная концепция среды». Такое положение характерно, например, для криминальных и бытовых конфликтов. В них неадекватность оценки ситуации, как правило, определяется личностными факторами: ограниченностью кругозора, стрессом, узостью предвидения последствий, состоянием алкогольного или наркотического опьянения и др. В социальных конфликтах латентная стадия приобретает особую значимость, поскольку в этот период существует реальная возможность предупредить перерастание конфронтации в кризис.

Кризис – это скачкообразное качественное изменение во взаимоотношениях сторон, характеризующееся переходом к непосредственному противоборству. Отметим некоторые черты кризисов, которые необходимо учитывать при их анализе.

Во-первых, кризис является составной, но не обязательной частью более общего процесса – конфликта: не бывает кризисов вне конфликтов, а конфликты могут проистекать и без кризисов. Отсюда следует, что для понимания причин каждого конкретного кризиса необходимо расширить рамки исследования, и ответить, по меньшей мере, на три вопроса: составной частью какого конфликта выступает данный кризис; каковы причины этого конфликта; какие факторы определяют возможность перерастания конфликта в кризис. Обособленный анализ кризиса вне обуславливающего его конфликта неминуемо влечет за собой просчеты, выливающиеся в ошибочные решения.

Во-вторых, кризисы – далеко не случайные, а вполне обусловленные явления, возникающие и формирующиеся в результате противоборства различных сил. Они не случаются, а создаются. Например, социальные кризисы – это продукты сознательной деятельности финансовых, политических, промышленных и иных группировок, преследующих свои корпоративные интересы.

В-третьих, применительно к социальным кризисам вопрос: когда завершится тот или иной кризис, научно некорректный, поскольку не определено само понятие «завершение кризиса». Для одних – это восстановление статус-кво, для других – переход к новому более предпочтительному экономическому состоянию. Более того, этот вопрос риторический, поскольку ответ на него зависит от того, каким образом сами субъекты кризиса будут решать возникшие проблемы. Можно «сидеть, сложа руки» и ждать окончания кризиса, а можно действовать, пытаясь управлять кризисным процессом. Очевидно, что сроки окончания кризиса будут различными.

После кризиса развитие конфликта может происходить по следующим направлениям:

1) $S_{кр} \rightarrow (S_- \text{ или } S_{++} \text{ или } S_+ \text{ или } S_{00})$, то есть перейти в одно из локально устойчивых макросостояний состояний, что означает – в ходе кризиса стороны сумели найти взаимоприемлемые

решения, позволившие не довести конфликт до катастрофы или гибели его участников;

2) $C_{\text{кр}} \rightarrow C_{\text{кт}}$, то есть перейти в состояние катастрофы, что, например, соответствует случаю, когда стороны по недомыслию или сознательно ведут себя так, что катастрофа системы становится неизбежной;

3) $C_{\text{кр}} \rightarrow S_0$, то есть завершиться гибелью одной, нескольких или всех сторон, участвующих в конфликте.

Сравнивая кризисы с другими мезосостояниями конфликта, отметим – дойдя до этого состояния, участники конфликта, с одной стороны, начинают настолько тесно взаимодействовать друг с другом, что фактически образуют уже единую систему, а с другой стороны, попадают в крайне неустойчивое положение, наиболее близкое к возможной катастрофе или гибели. Но кризисы не фатальны в том смысле, что итоги их развития зависят не столько от внешних факторов, сколько от действий конфликтующих сторон, самыми нежелательными из которых будут те, что ведут к гибели или к катастрофе.

Модели диагностики и распознавания кризисных состояний рассматриваются в приложении «В».

Катастрофа. Прежде всего, отметим, что это состояние конфликтного процесса не следует отождествлять с гибелью системы. Потерпев катастрофу, система может восстановить свое функционирование, используя присущие ей адаптационные механизмы. Гибель же – это катастрофа, после которой разрушаются адаптационные механизмы системы, и она не способна восстановить свое функционирование.

Из состояния катастрофы конфликт может развиваться по двум направлениям: ($C_{\text{кт}} \rightarrow S_0$) или [$C_{\text{кт}} \rightarrow (S_{-}$ или S_{++} или S_{+-} или $S_{00})$], то есть двигаться либо к гибели его участников, либо к одному из новых устойчивых состояний: нейтралитету, содействию, другим формам эксплуатации или противоборства.

Таким образом, согласно введенным состояниям, развитие конфликта на мезоскопическом уровне его представления про-

исходит в четырехмерном пространстве состояний (${}_4L$), осями которого выступают: конфликтная ситуация ($C_{КС}$); латентная стадия ($C_{ЛС}$); кризис ($C_{КР}$); катастрофа ($C_{КТ}$). Это пространство жестко связано с макропространством ${}_{13}E$ и не существует вне его. Связь проявляется в том, что процесс мезодинамики конфликта начинается из макропространства и завершается в нем. Поэтому изображающая точка динамики конфликта на мезоуровне характеризуется вектором $\{(S_0, S_{--}, S_{++}, S_{+-}, S_{00}), (C_{КС}, C_{ЛС}, C_{КР}, C_{КТ})\}$ или $\{(S_0, S_{--}^1, S_{--}^2, S_{--}^3, S_{++}^1, S_{++}^2, S_{++}^3, S_{++}^4, S_{+-}^1, S_{+-}^2, S_{+-}^3, S_{+-}^4, S_{00}), (C_{КС}, C_{ЛС}, C_{КР}, C_{КТ})\}$. Далее для определенности будем считать, что изображающая точка процесса задается вектором $\{(S_0, S_{--}, S_{++}, S_{+-}, S_{00}), (C_{КС}, C_{ЛС}, C_{КР}, C_{КТ})\}$.

С учетом сказанного модель динамики конфликта на мезоуровне может быть изображена в виде графа рис. 6.14.

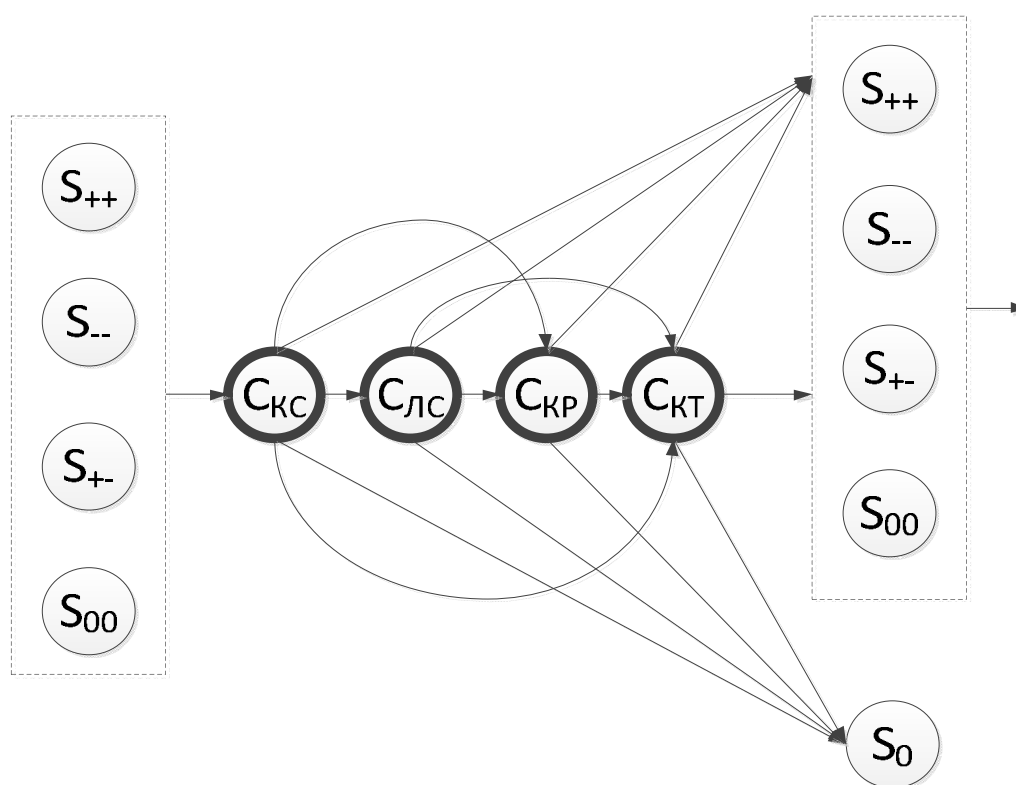


Рис. 6.14. Модель мезодинамики конфликта

Вершины этого графа, отмеченные «жирными» кружками, соответствуют мезосостояниям конфликтного процесса ($C_{КС}$, $C_{ЛС}$, $C_{КР}$, $C_{КТ}$), «обычными» кружками – начальным и конечным

состояниям (то есть макросостояниям $S_0, S_{--}, S_{++}, S_{+-}, S_{00}$), а линии – возможным направлениям перехода процесса из одних состояний в другие.

Отметим основные свойства этой модели, существенные с точки зрения ее практической реализации.

Первое свойство заключается в том, что данная модель описывает динамику конфликтного процесса, приводящего к смене его макросостояний, что формально выражается в изменении знаковой структуры матрицы $N \times N$:

$$C(t) = \left\| \begin{matrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) & \dots & c_{1N}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) & \dots & c_{2N}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{N1}(t) & c_{N2}(t) & \dots & c_{NN}(t) \end{matrix} \right\|_{\Delta T},$$

с компонентами: $c_{ij}(t) = \frac{\partial E_i(t)}{\partial E_j(t)} \Big|_{\Delta T}$, $i, j = 1, \dots, N$, где N – число

участников конфликта; $E_i(t)$, $E_j(t)$ – функции, характеризующие текущие эффективности функционирования i -го и j -го субъектов конфликта; ΔT – рассматриваемый интервал времени.

Это означает, что выходом данной модели должна быть

$$\text{матрица } M = \left\| \begin{matrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1N} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{N1} & m_{N2} & \dots & m_{NN} \end{matrix} \right\|, \text{ компоненты которой удо-}$$

влетворяют условиям $\sum_{i=1}^N m_{ij} = 1$; $j = 1, 2, \dots, N$; $m_{ij} \geq 0$ и ха-

рактеризуют вероятностным образом возможные переходы конфликтного процесса из одних макросостояний в другие.

Второе важное свойство рассмотренной модели состоит в том, что ей описывается процесс, имеющий поглощающее состояние S_0 и обладающий свойством необратимости (в нем не допускаются переходы типа $C_{КТ} \rightarrow C_{КР} \rightarrow C_{ЛС} \rightarrow C_{КС}$). Причем

это не случайный, не детерминированный, а хаотический процесс. Его главная особенность заключена в том, что субъекты конфликта самостоятельно (без принуждающего внешнего влияния) выбирают траекторию совместного движения. При этом выбор траектории происходит не постоянно, а в точках $C_{КС}$, $C_{ЛС}$, $C_{КР}$ и $C_{КТ}$, в которых совершается разветвление траектории. После этих точек развитие процесса детерминируется до следующей точки, в которой снова происходит выбор, и процесс повторяется. Предсказать моменты ветвления и результаты выбора, невозможно ни при каких условиях. В этом смысле такие процессы следует отнести к слабопредсказуемым. Последнее обстоятельство определяет прогностическую возможность модельных методов исследования конфликтов. Они не могут дать однозначного ответа, что будет в том или ином конфликте, но позволяют проанализировать ситуацию, структурировать проблему, провести ее исследование и указать, где может произойти нечто непредвиденное, а также рекомендовать, чего не надо делать и чего следует опасаться в той или иной ситуации.

Микродинамика конфликта. По определению микродинамика конфликта разворачивается в рамках какого-либо макросостояния. Поэтому для изучения этого процесса необходимо зафиксировать макросостояние конфликта, а затем, используя математические или какие-либо другие методы, построить микромодель динамики конфликта. Естественно, что она будет справедлива только для данного и ни для какого другого макросостояния. Более того, поскольку при детальном анализе необходимо учитывать конкретные свойства моделируемого процесса, то невозможно разработать универсальную модель микродинамики любого конфликта: необходимо исходить из специфики проблемной области и задач исследования.

Продemonстрируем построение микродинамической модели на примере конфликтов двух типов: антагонистическом конфликте типа дуэли и конфликте экономической эксплуатации.

Микродинамика антагонистического конфликта типа дуэли. Антагонистическими (от греч. *antagōnisma* – спор, борьба) называются конфликты, в которых несовместимы цели сторон. В таком конфликте существует некое конечное состояние, называемое выигрышем или победой, достичь которого может только один из его участников. Наглядным примером конфликта этого типа являются спортивные игры, в частности шахматы, где в самих правилах заложены либо выигрыш одной из сторон, либо ничья (невыигрыш ни одной из сторон). Особой остротой и тяжкими последствиями отличаются вооруженные конфликты, которые антагонистичны по своей природе и, как правило, являются кризисной стадией развития какого-либо политического или экономического конфликта.

Отметим особенности этих конфликтов, существенные с точки зрения их динамики. Во-первых, антагонистичность приводит к их структурному упрощению. Такие конфликты быстро минуют конфликтную ситуацию и латентную стадию и сразу же переходят в кризисное состояние, в котором и развиваются все последующие события. Во-вторых, антагонистичность придает им черты эргодичности, то есть некоторой определенности возможных вариантов исхода. В таких конфликтах типы конечных состояний (исходов) определены заранее: победа одной из сторон (соответственно, поражение другой), либо «ничья». В-третьих, эти конфликты развиваются по симметричной многоэтапной схеме «мера-контрмера», когда в ответ на действие одной стороны следует действие другой стороны. Причем каждая из сторон должна располагать такими способами действий, на которые другая сторона имеет возможность ответить адекватными действиями, то есть в антагонистических конфликтах выполняется принцип баланса сил или взаимной управляемости. В противном случае одна из сторон будет заведомо иметь преимущество, и исход конфликта становится очевидным. В-четвертых, в антагонистических конфликтах каждая сторона действует вполне целеустремленно, то есть, имеет ясную цель и

осознанно выбирает рациональные способы ее достижения с учетом возможной реакции противостоящей стороны. Для этого на каждом этапе конфликта противостоящие стороны оценивают результаты предшествующих этапов, добывают информацию о намерениях противника, прогнозируют его возможные действия на последующих этапах и принимают решение относительно стратегии и тактики собственного поведения.

С учетом отмеченных особенностей укрупненную модель динамики антагонистического конфликта типа дуэли можно представить в виде ориентированной симметричной поэтапной схемы (рис. 6.15), на которой кружками обозначаются результаты действий участников на каждом этапе (выигрыши – W_A , W_B),

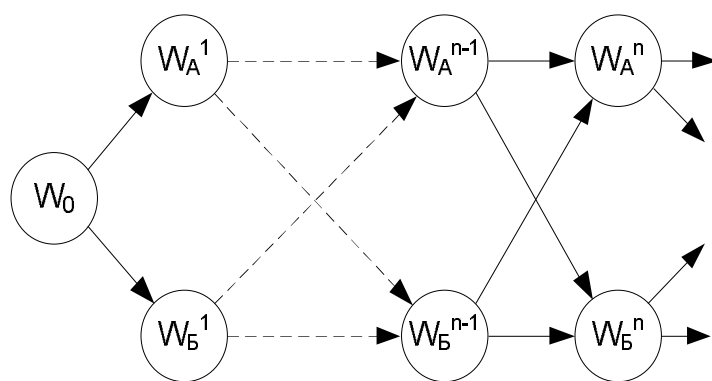


Рис. 6.15. Модель микродинамики антагонистического конфликта типа дуэли

а стрелками – переходы процесса из состояния в состояние. Выигрыш сторон на каждом элементарном шаге состоит в достижении желаемого для конфликтующих сторон изменения ситуации. Например, если речь

идет о продвижении какого-либо товара на новый рынок, то выигрыши могут интерпретироваться следующим образом: W_A^1 (W_B^1) – упреждение в серийном выпуске товара; W_A^2 (W_B^2) – опережение в завозе и складировании товара; W_A^3 (W_B^3) – упреждение в разворачивании рекламной компании; W_A^4 (W_B^4) – опережение в массовом выбросе товара на рынок. Каждое из состояний, достигнутое в результате элементарного шага (кроме последнего), определяет начальные условия для следующего элементарного шага. Выигрыш на последнем шаге определяет выигрыш в целом. Именно такие соотношения шагов и выигрышей описывает граф рис. 6.15, где W_0 – начальные условия.

Итак, упредить противника в целевом действии, значит, при прочих равных условиях, выиграть в конфликте.

Как известно, для совершения целевого действия необходима информация. Ее нужно добыть, обработать и представить в соответствующем виде элементу, принимающему решение на совершение действия. Так, в том же примере после упреждения в серийном выпуске товара (выигрыш W^1) для опережения в его завозе и складировании необходимо произвести дополнительный мониторинг рынка, провести переговоры и заключить договоры с транспортными предприятиями, арендовать складские помещения. Очевидно, что стороны, преследуя противоположные цели, будут мешать друг другу в проведении таких операций, например, путем внедрения в среду конкурента инсайдеров с задачей добывания конфиденциальной информации, организации каналов ее утечки, а также искажения и утраты информации, необходимой конкуренту для управления своей деятельностью.¹ В результате конфликтный процесс приобретает свойство информационного противоборства.

Поскольку участники информационного противоборства действуют в расчете на выигрыш, то для описания информационной части процесса следует построить схему, аналогичную рис. 6.15, но с соответствующей заменой содержательной трактовки выигрышей: $W \rightarrow I$, где I – информационный выигрыш. Заметив, что информационное противоборство должно развиваться между смежными выигрышами основного процесса (например, между W^1 и W^2), приходим модели рис. 6.16.

На схеме основного процесса (А) выделяется фрагмент (отмеченный овалом), который разворачивается в схему информационного противоборства (Б). В свою очередь, схема информационного противоборства (например, выделенная в средней части рис. 6.16 овалом) разворачивается в схему вида (В), которая отражает принципиально другую ситуацию: неожиданным дей-

¹ Вопросы моделирование инсайдерства, включая оценку влияния инсайдерства на функционирование конкурирующих фирм, рассматриваются в приложении «Г».

ствием D_1 одна из сторон нарушает прогнозируемое развитие процесса и лишает другую сторону ожидаемого выигрыша.

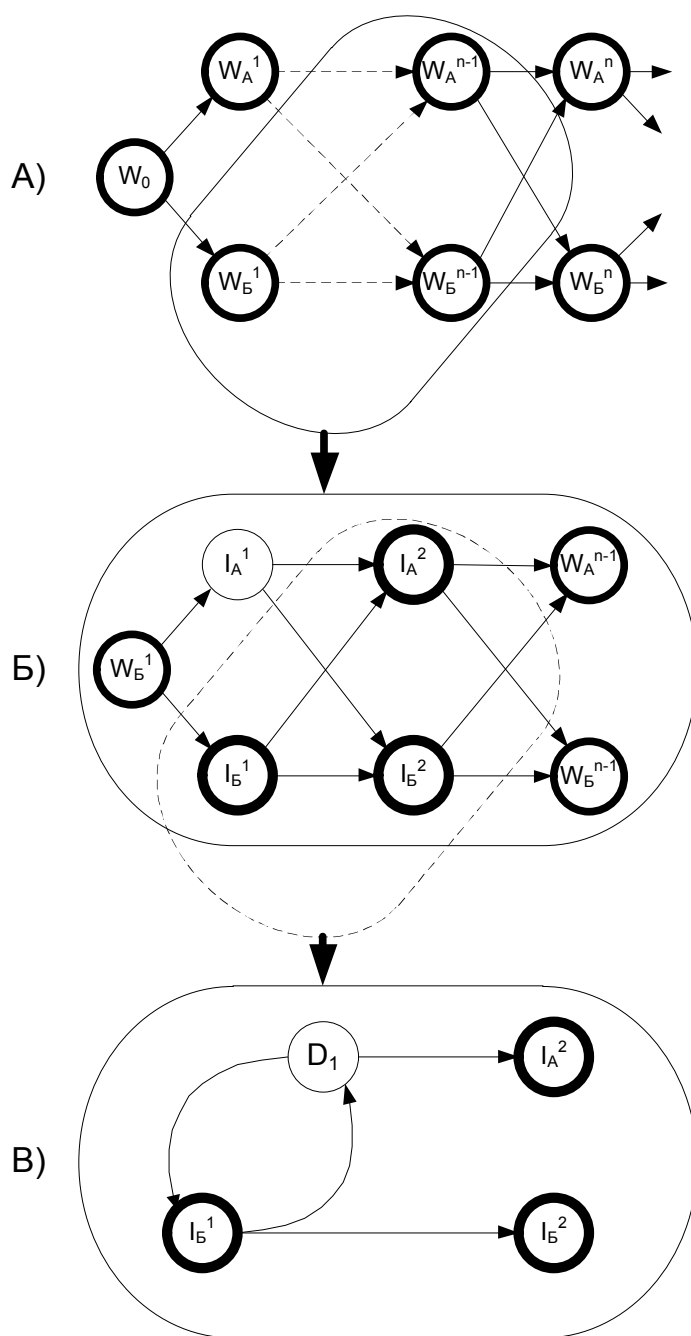


Рис. 6.16. Модель микродинамики антагонистического конфликта типа дуэли с учетом информационного противоборства

Для полноты описания рассматриваемого конфликта необходимо отразить характер поведения сторон. В антагонистическом конфликте поведение сторон принято характеризовать стратегией и тактикой. Тактика – это план действия противоборствующих сторон на один элементарный шаг конфликта.

Стратегией называется план действия сторон на весь период развития конфликта вплоть до его завершения. Стратегия играет координирующую роль по отношению к тактике в том смысле, что тактика действия каждого участника конфликта подчинена принятой стратегии, однако при определении тактических действий должна присутствовать определенная свобода выбора. В рамках одной и той же стратегии следует допускать различные варианты тактики. Но возможен и крайний вариант, когда стратегия полностью

присутствовать определенная свобода выбора. В рамках одной и той же стратегии следует допускать различные варианты тактики. Но возможен и крайний вариант, когда стратегия полностью

определяет тактику. В дальнейшем будем полагать, что стратегией однозначно задается тактика действий конфликтующих сторон, то есть будем оперировать только понятием стратегии.

Каждая из сторон должна перед началом конфликта выбрать стратегию своего поведения с целью завершить конфликт в свою пользу, сообразуясь при этом с условиями внешней обстановки, своими возможностями и исходя из возможных стратегий поведения противника. Конечно, по ходу конфликта стратегии могут и должны меняться, но в любом случае существует проблема выбора первоначальной стратегии (отсутствие стратегии – тоже стратегия). Суть проблемы состоит в том, что сторона, делающая выбор, тем или иным способом должна установить, в какой мере другая сторона склонна и способна следовать избранной стратегии и на этой основе принять решение относительно своего поведения. Существует три способа решения такой проблемы: игровой, ситуационный и оперативный

При игровом способе ситуация конфликтного взаимодействия считается вероятностной, а конфликтный процесс – эрго-дическим. Решение принимается путем усреднения оценок вероятностей исходов конфликта по множеству реализаций конфликтного процесса. При этом наилучшим считается решение, гарантирующее в среднем минимальный проигрыш в условиях, когда противник применяет максимально неудобную стратегию, а мы в ней ведем себя наилучшим образом. Такой способ принятия решений можно назвать осторожным – стремись к лучшему, но исходи из худшего. В том же духе советовал поступать Марк Тулий Цицерон: *«Следует не только выбирать из зол наименьшее, но и извлекать из них самих то, что может быть в них хорошего»*. Так целесообразно поступать в ситуациях, когда достоверно установлен весь перечень возможных стратегии поведения противника и требуется не столько победа над ним, сколько сведение к минимуму риска собственного поражения. Изучением алгоритмов, реализующих стохастический способ

разрешения конфликтных ситуаций, занимается теория игр и статистических решений.

При ситуационном способе стороны выбирают стратегии, основываясь на данных разведки, цель которой состоит в добытии максимально достоверных сведений относительно того, какую стратегию намерен использовать противник в предстоящем конфликте. При таком способе считается, что каждой стратегии противника соответствует адекватная стратегия собственного поведения, а проблема выбора сводится по существу к оценке полноты и достоверности информации о противостоящей стороне. Поэтому при ситуационном выборе стратегии потенциально выигрывает в конфликте сторона, располагающая более полной и достоверной информацией о намерениях противника. В реальных конфликтах использование ситуационного способа существенно усложняется тем, что конфликтующие стороны применяют специальные меры противодействия разведке противника (дезинформацию, оперативную маскировку, имитацию намерений и т.д.). Поэтому целесообразно исходить из того, что антагонистический конфликт начинается задолго до того, как он будет проявлен в виде активных физических действий. Активной фазе конфликта предшествует информационная борьба, которая не прекращается вплоть до завершения конфликта. Выигрыш в информационной борьбе еще не означает выигрыша в конфликте, но именно в этой сфере закладываются предпосылки к победе или к поражению. Ситуационный способ выбора стратегии применяется и в том случае, когда конфликтующая сторона не очень уверена в достоверности информации, добываемой собственной разведкой, но готова рисковать, полагая, что уже в ходе противоборства ей удастся добыть новую информацию и скорректировать свои действия. Как говорил Наполеон Бонапарт: *«Надо ввязаться в бой, потом видно будет»*.

При оперативном способе стороны не только принимают решение относительно стратегии своего поведения, но и навязывают противнику выгодную им стратегию его поведения.

Этот способ реализуется в виде рефлексивного управления, которое будет рассмотрено в разделе 6.4. Здесь же отметим следующее. Рефлексивное управление является наиболее универсальным способом выбора стратегий в антагонистических конфликтах и играет огромную роль в таких областях человеческой деятельности, как дипломатия, политика, административно-управленческая деятельность. Его несомненное достоинство заключается в возможности гибкого сочетания как силового, так и информационного давления на противника: победа в противоборстве достигается не только силой, но и умом. Способность осуществлять рефлексивное управление – признак талантливого руководителя, умеющего поставить под контроль «волю случая» путем навязывания взаимодействующей стороне желаемый ему способ действия. Во многом – это искусство. Однако, как известно, каждое искусство имеет свою науку, то есть «хранительницу» законов, лежащих в основе данного искусства.

Завершая обсуждение модели антагонистических конфликтов, следует обратить внимание на еще одну особенность, актуальную в век демократических перемен. В таких конфликтах недопустимы неуверенность и колебания. Если такой конфликт развязан, то все сомнения должны быть отброшены, а основные усилия сосредоточены на достижении победы всеми допустимыми способами. Потом история рассудит, кто был прав, а кто виноват, но если в ходе такого конфликта проявить малодушие и нерешительность, то исход однозначен – будешь виноват. Исторических примеров тому несть числа.

Микродинамика конфликта экономической эксплуатации. Эксплуатация относится к наиболее распространенному и наименее изученному типу взаимоотношений между субъектами экономических систем. Эти взаимоотношения зачастую нагружают негативными эмоциональными составляющими. Однако при формальном подходе к ним следует относить самые разнообразные по своему качественному содержанию взаимоотношения между субъектами рынка, для которых справедливо:

$$\left[\frac{\partial E_1(t)}{\partial E_2(t)} < 0 \right] \wedge \left[\frac{\partial E_2(t)}{\partial E_1(t)} > 0 \right]_{\Delta T}, \quad (6.1)$$

где $E_1(t)$ – функция эффективности эксплуатируемого субъекта за интервал времени ΔT (час, сутки, неделя, месяц и др.); $E_2(t)$ – функция эффективности субъекта-эксплуататора за тот же интервал времени; t – текущее время.

Предположим, что $E_1(t)$ и $E_2(t)$ связаны соотношением:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= r_1 E_1(t) - \lambda_1 E_1(t) E_2(t); \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= -d_2 E_2(t) + \lambda_2 E_1(t) E_2(t); \\ E_1(t) &\geq 0; \quad E_2(t) \geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (6.2)$$

где $r_1 = b_1 - d_1$ и $\lambda_2 = v \cdot \lambda_1$, b_1 – удельная скорость роста эффективности эксплуатируемого субъекта (характеризующая, например, прирост объема продаж за счет вложения единицы капитала в развитие производства); d_1 , d_2 – удельные скорости снижения эффективности эксплуатируемого субъекта и субъекта эксплуататора в результате действия внутренних факторов; v – коэффициент, показывающий, интенсивность роста эффективности субъекта-эксплуататора при увеличении им интенсивности использования ресурсов эксплуатируемого субъекта; λ_1 , λ_2 – коэффициенты, характеризующие интенсивность изменения эффективности одного субъекта под влиянием другого субъекта.

Тогда возможны следующие сценарии экономической эксплуатации в рыночных экономических системах.

Кризисный сценарий «А» (рис. 6.17). Субъект-эксплуататор не способен эффективно использовать ресурсы эксплуатируемого субъекта. В результате он входит в зону кризиса и в конечном счете претерпевает банкротство ($E_2(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$), а эксплуатируемый субъект продолжает нормально функционировать и после некоторого переходного процесса достигает определенной эффективности $E_1^*(t) = \text{const}$.

Кризисный сценарий «В» (рис. 6.18). Субъект-эксплуататор слишком интенсивно использует ресурс эксплуатируемого, в результате последний входит в зону кризиса и претерпевает банкротство, после чего эксплуататор, лишаясь ресурсов для своего развития, сам попадает в кризисное состояние и претерпевает банкротство ($E_2(t) \rightarrow 0$ и $E_1(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$).

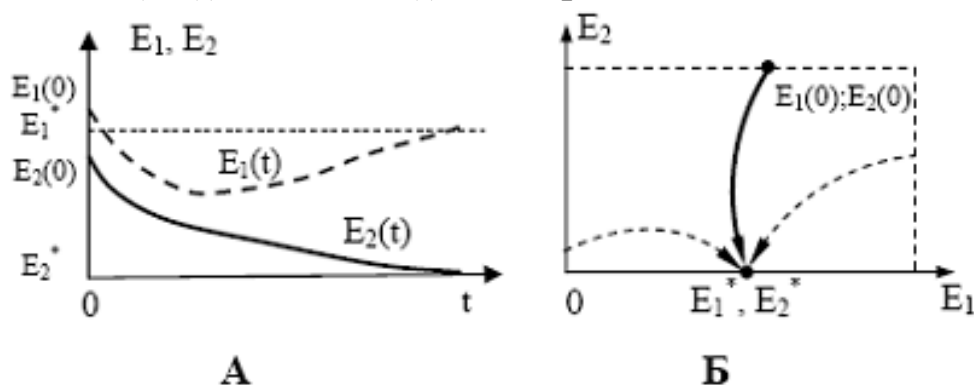


Рис. 6.17. Временная развертка (А) и фазовый портрет (Б) конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» с банкротством эксплуататора

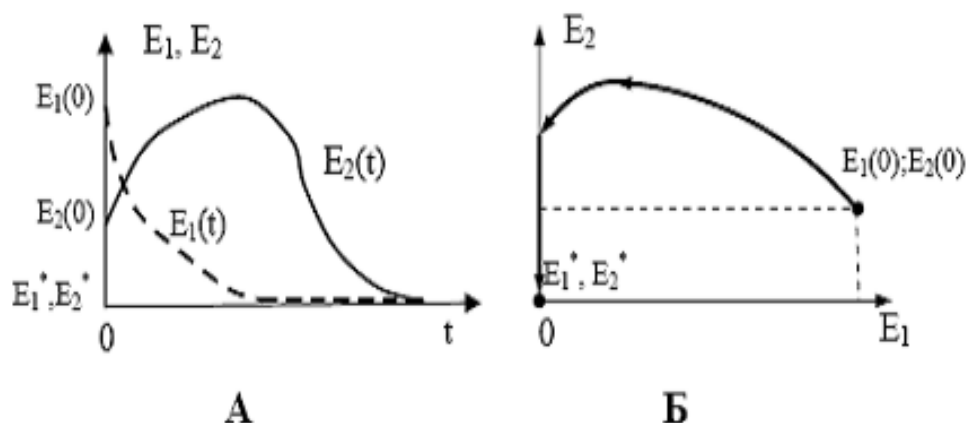


Рис. 6.18. Временная развертка (А) и фазовый портрет (Б) конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» с банкротством эксплуатируемого и эксплуататора

Бескризисный сценарий «С» (рис. 6.19). Субъект-эксплуататор интенсивно использует ресурс эксплуатируемого и быстро снижает его эффективность до некоторого порога, вблизи которого начинают действовать механизмы, препятствующие банкротству эксплуатируемого. Формально это означает, что существует единственная устойчивая комбинация (E_1^* , E_2^*), ко-

гда из любого начального состояния ($E_1(0), E_2(0)$) конфликт «эксплуататор-эксплуатируемый» жестко, без колебаний переходит в стационарное состояние, в котором обеспечивается нормальное (без кризисное) функционирование обоих субъектов.

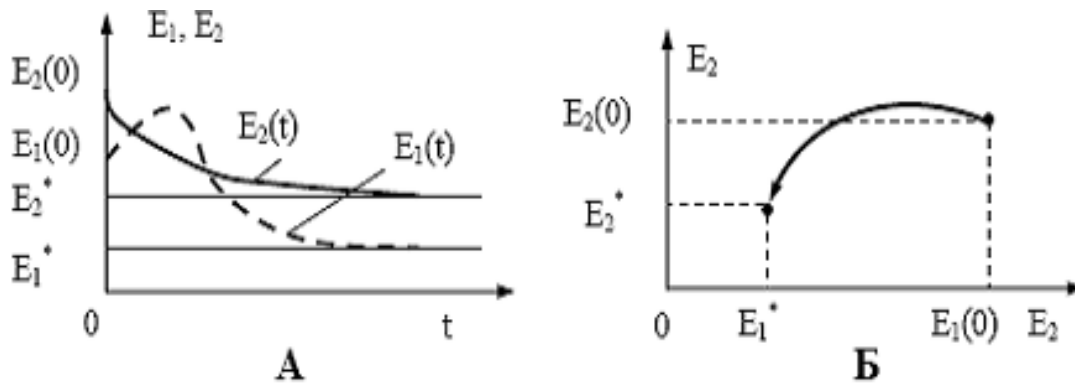


Рис. 6.19. Временная развертка (А) и фазовый портрет (Б) конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» с устойчивым стационарным состоянием без колебательного режима

Бескризисный сценарий «D» (рис. 6.20). Оба субъекта (эксплуататор и эксплуатируемый) в процессе взаимодействия приходят к компромиссному состоянию, по пути к которому имеют место противофазные затухающие колебания эффективностей.

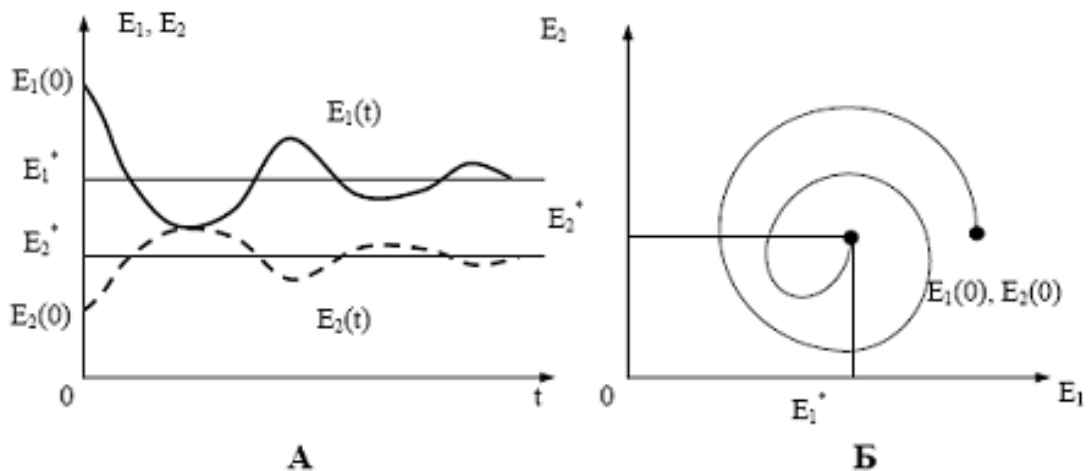


Рис. 6.20. Временная развертка (А) и фазовый портрет (Б) конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» с «мягко» устойчивым стационарным состоянием и с затухающими колебаниями

Формально развитие событий по такому сценарию означает, что существует единственная устойчивая точка (E_1^*, E_2^*), такая что из любого начального состояния после переходного процес-

са с затухающими колебаниями конфликт «эксплуататор-эксплуатируемый» стремится к этому состоянию.

Бескризисный сценарий «Е» (рис. 6.21). Конфликт «эксплуататор-эксплуатируемый» все время пребывает в колебательном (предкризисном) режиме, но банкротства субъектов не наблюдается. В этом случае траектория конфликта характерна тем, что из любого начального состояния $(E_1(0), E_2(0))$ она стремится к единственной замкнутой кривой θ (называемой предельным циклом), движение по которой осуществляется с периодом T .

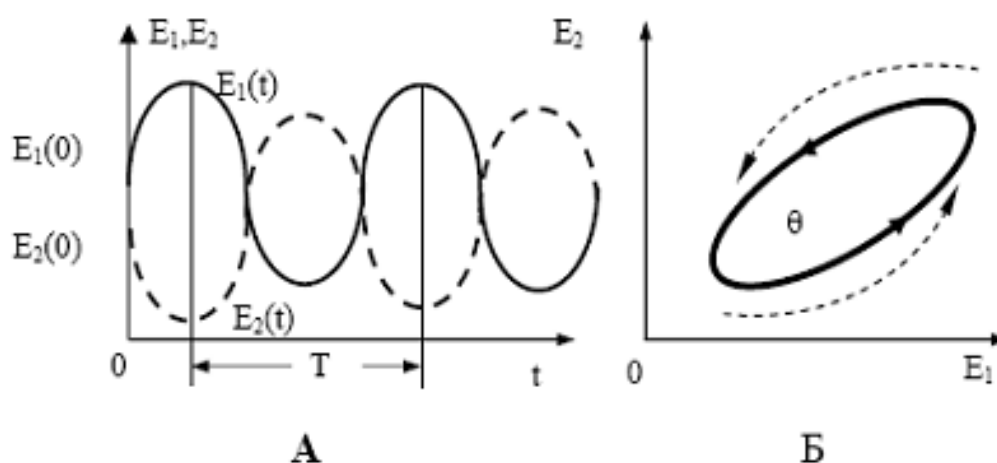


Рис.6.21. Временная развертка (А) и фазовый портрет (Б) конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» с устойчивым колебательным режимом типа «предельного цикла»

Кризисный сценарий «Г». Динамика конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый», как и в предыдущем случае, характеризуется колебательным режимом, но траектория имеет несколько предельных циклов θ_i с различными периодами T_i . Суть этого сценария состоит в том, что в конфликте «эксплуататор-эксплуатируемый» перманентно проистекают структурные экономические кризисы, не ведущие к банкротству.

В качестве итога изучения модели микродинамики конфликта экономической эксплуатации отметим, что этому типу конфликтов, свойственно разнообразие сценариев развития, среди которых есть как кризисные, так и бескризисные сценарии. Кроме того, в конфликтах «эксплуататор-эксплуатируемый» возможен сценарий, приводящий к образованию ряда предель-

ных циклов, когда конфликт теряет прежнее устойчивое состояние, но в то же время приобретает новое устойчивое состояние.

Динамика конфликта «эксплуататор-эксплуатируемый» в существенной мере зависит от поведения субъекта-эксплуататора. Чрезмерный ничем неограниченный рост его эффективности приводит к дестабилизации процесса, а относительная устойчивость обеспечивается лишь в том случае, когда субъект-эксплуататор обладает способностью к адаптации по отношению к текущему состоянию эксплуатируемых субъектов. В частности, система будет более жизнеспособной, если в процессе ее функционирования эксплуататор уменьшает свое «давление» на эксплуатируемые субъекты, предоставляя им возможность свободно развиваться и наращивать свой экономический потенциал. При сильном «давлении» эксплуатируемые субъекты разоряются и претерпевают банкротство, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на функционировании субъекта-эксплуататора. Он, теряя источники своего существования, либо разоряется, либо вынужден расширять сферу своей деятельности (изыскивать новых эксплуатируемых субъектов).

* * *

Согласно изложенному подходу динамика конфликтов представляет собой многослойный, иерархический, многошаговый, полифуркационный процесс, протекающий на макро-, мезо- и микроуровнях. Образно развитие конфликта можно сравнить с блужданием по лабиринту, который по ходу дела возводят сами конфликтующие стороны. Вход в этот лабиринт соответствует содействию или нейтралитету, тупики – различным формам противоборства, а выход – новому содействию, нейтралитету или катастрофе.

Макроуровень дает максимально укрупненное описание динамики конфликта с точностью до таких состояний как содействие, противодействие, эксплуатация, гибель и их разновидности. Образно говоря, это взгляд на конфликт с высоты птичьего полета, когда нас не интересуют детали, но важно понять что

происходит по-крупному. Мезоуровень позволяет детализировать процессы перехода конфликта из одного макросостояния в другое. Здесь, оперируя более тонкими состояниями конфликта (такими как конфликтная ситуация, латентная стадия, кризис, катастрофа), мы выявляем причины и побудительные мотивы смены макросостояний, и устанавливаем возможные траектории развития конфликтного процесса. Микроуровень позволяет детально рассмотреть процессы, которые происходят внутри макросостояний, и, используя методы моделирования, оценить результаты конфликтного взаимодействия.

Зачем потребовалось столь сложное представление динамики конфликтов?

Прежде всего, такая модель ориентирует исследователя на то, что конфликт недопустимо отождествлять с такими понятиями как противоборство, столкновение, обострение противоречий, конфронтация, кризис, катастрофа, которые суть его составляющие, причем вовсе необязательные. Любое «усеченное» понимание конфликта снижает ценность научных рекомендаций по способам урегулирования противоборств и кризисов, предупреждению катастроф и снижению уровня конфронтаций. Вместе с тем, в современных научных исследованиях ограниченность в трактовке конфликта – типовая ситуация. На практике такое понимание конфликта приводит к тому, что серьезное и обстоятельное расследование случившегося выливается в поиск «стрелочников» и наказание «козлов отпущения». Тем все и завершается, а истинные причины продолжают свое действие, приводя к новым катастрофам, кризисам и противоборствам.

Кроме того, многослойное представление динамики конфликта позволяет несколько расширить и, самое главное, дифференцировать горизонты его прогноза. Так, на микроуровне существует возможность совершенно точно установить характер развития конфликтного процесса на период существования данного макросостояния. На мезоуровне можно спрогнозировать и ранжировать вероятные варианты его развития, и указать чего

следует опасаться и чего не следует делать, чтобы не усугубить ситуацию. Макромодель позволяет указать потенциальный горизонт прогноза: выяснить, что можно ожидать в данном конфликте и что следует прогнозировать.

Далее. Предложенная модель позволяет ввести достаточно полную и объективную шкалу для оценки уровня конфликтности изучаемого явления. Так, если говорить о мезоуровне, то такая шкала может быть представлена следующим образом: «конфликтная ситуация» – начальный уровень конфликтности, «латентная стадия» – средний уровень конфликтности, «кризис» – высокий уровень конфликтности, «катастрофа» – наивысший уровень конфликтности. При изучении явлений на макроуровне шкала конфликтности выглядит по-другому: «нейтралитет» – полная неопределенность (нулевое противодействие и нулевое содействие), «противодействие» – наивысшая конфликтность, «содействие» – полное отсутствие конфликтности, «эксплуатация» – средняя конфликтность, «гибель» – полная определенность (отсутствие как противодействия, так и содействия). В свою очередь каждая точка такой шкалы может иметь свои градации конфликтности. Так, например, для состояния «противодействие» оценки уровня конфликтности таковы: «антагонизм» – высокая степень противоборства, «строгое соперничество» – средняя степень противоборства, «нестрогое соперничество» – низкая степень противоборства. Если речь идет об анализе конфликта на микроуровне, то здесь уже можно ввести количественные шкалы оценки конфликтности, например, по убыткам, понесенным тем или иным участником конфликта.

Конечно, такая шкала не очень наглядна и затруднительна для восприятия. Приходится мириться, столь сложное и многогранное явление как конфликтность нельзя измерить простой шкалой. Простота в данном случае может сослужить плохую службу, сведя научное изучение конфликтов к их умозрительному одностороннему постижению или к эмоционально-поэтическому восприятию.

6.4. Рефлексивное управление в конфликтах

Краткая история вопроса. Рефлексивное управление относится к числу тонких инструментов, имеющих теоретическое и практическое значение не только для изучения конфликтных процессов, но и в целом для развития системного анализа.

По-видимому, впервые термин «рефлексия» (от позднелат. *reflexio* – обращение назад, отражение) ввел в научный обиход Дж. Локк. Достаточно широко этот термин употребляется в философских трудах Г. Лейбница, Г. Гегеля, И. Канта, И.Г. Фихте для обозначения специфической формы умозрительной деятельности человека, направленной на осмысление своих собственных действий и их законов, а также деятельности самопознания, раскрывающей духовный мир человека. В современном понимании – это авторефлексия.

Начало широкого развертывания исследований рефлексивных процессов приходится на шестидесятые-семидесятые годы прошлого века, что в значительной степени связано с именем В.А. Лефевра [Лефевр, 1973], оригинальные идеи которого рождались в связи с потребностями разработки крупномасштабных проектов в военной и в военно-технической сфере. Требовалось создать модельные средства исследования различного рода конфликтов, найти адекватные методы описания их динамики, а также поддержки управленческих решений в конфликтных условиях. Важнейшая заслуга В.А. Лефевра в том, что он вывел понятие рефлексии из его узкой трактовки как авторефлексии, тем самым включив его в системное междисциплинарное поле и, самое главное, направив рефлексивные идеи в практическое русло. Возник рефлексивный подход, а создаваемые на его основе модели проходили апробацию в научных дискуссиях, экспериментальных и практических работах.

Научная среда того времени пыталась отторгнуть многие идеи В.А. Лефевра. Причина заключалась в господствующей тогда идеологии «бесконфликтности», согласно которой социаль-

ные противоречия и экономические конфликты (типа конкуренции) объявлялись несвойственными социалистическому обществу. В наше время ситуация принципиально изменилась. Осмыслен кризис классово-идеологического подхода к решению социальных и экономических проблем. На передний план выходят модельные методы изучения общественно-экономических явлений, базирующиеся не на политических догмах и утопических прожектах, а на адекватной аксиоматике, отражающей реальное бытие со всеми его составляющими: созиданием и разрушением, рисками и осторожностью, гармонией и конфликтностью, устойчивостью и кризисами.

Можно привести достаточно много примеров успешного и продуктивного использования рефлексивного подхода для решения различных проблем, как в гуманитарных, так и в естественнонаучных сферах. Но, по-видимому, самое главное заключается в том, что проблематика исследования рефлексивных процессов вышла далеко за рамки такого достаточно узкого понимания рефлексии как авторефлексии, и развивается преимущественно в русле рефлексивного управления.

Сущность рефлексивного управления в конфликтах такова. У участники любого конфликта, находясь в непрерывном взаимодействии, образует рекурсивный управленческий процесс взаимного влияния. Одна сторона влияет на решения и, соответственно, поведение другой стороны, а другая сторона, оценивая это поведение, принимает свои решения и, соответственно, формирует свое поведение, которое оценивается первой стороной, и т.д. Таким образом, в процессе рефлексивного управления поведение одних участников, формируются не только в результате наблюдения за развитием управляемого процесса, но и под воздействием других участников.

Сказанное иллюстрируется схемой, представленной на рис. 6.22, на которой одна группа участников конфликта условно названа стороной «А», а другая – стороной «Б». Как видно из этой схемы, рефлексивное управление в конфликте реализуется

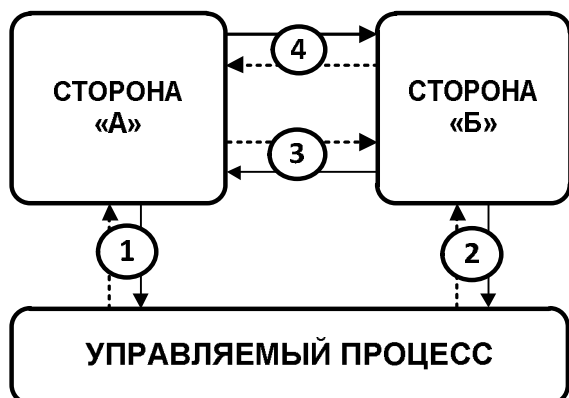


Рис. 6.22. Упрощенная схема рефлексивного управления

за счет прямых и обратных связей, образующих совместно с объектами своего приложения четыре контура управления (на схеме они обозначены цифрами). Первые два контура (1 и 2) образованы прямыми и обратными связями между стороной «А», стороной «Б» и управляемым процессом. Третий и

четвертый контуры управления образованы прямыми и обратными связями между сторонами «А» и «Б». При этом каждая сторона одновременно выступает в двух ипостасях: является объектом и субъектом управления для противоположной стороны.

Особенности рефлексивного управления. Рефлексивное управление в конфликте всегда носит обоюдно отражательный характер: «А» думает, что «Б» предполагает, что «А» примет решение, рассчитывая на то, что «Б» ответит... и т.д. Следовательно, для того чтобы осуществлять рефлексивное управление каждая сторона должна, прежде всего, установить, в какой мере другая сторона склонна и способна следовать той или иной своей стратегии и на этой основе принимать решения относительно своей стратегии поведения и воздействия на другую сторону. Такое понятие склонности количественно выражается *субъективной вероятностью*. Для ответа на вопрос: «Какой из своих возможных стратегий склонна придерживаться сторона «Б» в данный момент и в данной ситуации?», сторона «А» должна определить и оценить возможности, стиль поведения и мотивы стороны «Б», а так же умение «Б» осуществить каждую из своих стратегий. Значит, исходная (априорная) субъективная оценка вероятности реализации той или иной стратегии каждой из сторон должна опираться на ретроспективу, в том числе и на ре-

зультаты маркетинга. Но, кроме того, субъективная вероятность включает и *рефлексивную оценку* субъективной вероятности предполагаемого поведения другой стороны. Каждая из сторон в каждой конкретной ситуации выбирает свою стратегию (например, сторона «А» – i -ю стратегию) в расчете на то, что другая сторона применит вполне определенную стратегию (например, j -ю для «Б»). И при этом каждая сторона сама (то есть субъективно) оценивает субъективную вероятность (P) выбора стратегии противником по так называемой *схеме рефлексии*: «в сложившейся ситуации, по мнению стороны «А» сторона «Б» с вероятностью P_j выберет стратегию j ».

При ведении рефлексивного управления исключительно важная роль принадлежит мотивации, которая определяет как цель, так и содержание этого процесса. Особую значимость здесь приобретает «мотивирующая дезинформация» совместно с комплексным противодействием маркетингу конкурента, осуществляемым, например, показом ему ложных сведений о своих намерениях, передачей ему специальной информации, мотивирующей его поведение, защитой собственных информационных каналов. Эти и другие мероприятия должны быть рассчитаны на то, что конкурирующая сторона неадекватно оценит состояние управляемого процесса и примет неверное (несоответствующее реальной ситуации) решение относительно стратегии и тактике своего поведения. Обязательным условием дезинформации является ее «правдоподобность», обеспечивающая преодоление «фильтров», которые помогают конкуренту выделять истинную информацию из общей массы собираемой.

Для рефлексивного управления характерна неопределенность результатов управления (одна сторона может не принять или не понять сигналы от другой стороны, или, поняв их и их значение, реагировать на них в своих интересах). В результате управление становится недейственным. Для учета такой неопределенности введем субъективные вероятности: P_A – субъективная вероятность того, что сторона «А» воспримет мотивирую-

щую информацию от стороны «Б» и включит ее в свой контур управления; P_B – субъективная вероятность того, что сторона «Б» воспримет мотивирующую информацию от стороны «А» и включит ее в свой контур управления. Тогда $(1 - P_A)$ – будет субъективная вероятность того, что сторона «А» не воспримет мотивирующую информацию от стороны «Б» и не будет ее учитывать при принятии решений, а $(1 - P_B)$ – субъективная вероятность того, что сторона «Б» не воспримет мотивирующую информацию от «А» и не включит ее в свой контур управления.

Немаловажной особенностью рефлексивного управления является его динамичность и изменчивость. В конфликте рефлексия становится эффективной только в том случае, когда каждый ее шаг сопровождается вариациями в способах мотивации противника и в приемах ведения дезинформации. При этом для стороны, ведущей рефлексивное управление, важно не только отслеживать конкурента и реагировать на его действия, но и упреждать его намерения, периодически вводя в заблуждение относительно собственных намерений.

Структурная модель рефлексивного управления в конфликте в своем схематичном изображении представлена на рис 6.23. Каждый шаг такого управления на интервале времени $[t_0, t_4]$, расчленяется на этапы: $[t_0, t_1]$ – рефлексивный маркетинг; $[t_1, t_2]$ – мотивирование конкурента; $[t_2, t_3]$ – контрольный маркетинг; $[t_3, t_4]$ – корректировка рефлексии. На этапе рефлексивного маркетинга стороны оценивают состояние управляемого процесса и добывают информацию о параметрах конкурента, влияющих на эффективность управлений – E_A, E_B , и устанавливают закон изменения этих параметров во времени. Конечная цель рефлексивного маркетинга состоит в построении прогнозных моделей процесса и функционирования конкурента, которые экстраполируются на период времени $[t_2, t_4]$ и используются для выбора способа рефлексивного управления. После этого на этапе $[t_1, t_2]$ сторона «А» передает стороне «В» такую информацию, которая формирует у нее модель ситуации, выгодную стороне

«А». Расчет прост: если сторона «В» сочтет эту информацию истинной, то сама сформирует поведение, нужное стороне «А».

В ходе контрольного маркетинга сторона «А» также добывает и обрабатывает данные о стороне «В», дополняет прогнозную модель и устанавливает ее отклонение от ранее сформированной модели. Аналогичным образом поступает сторона «Б».

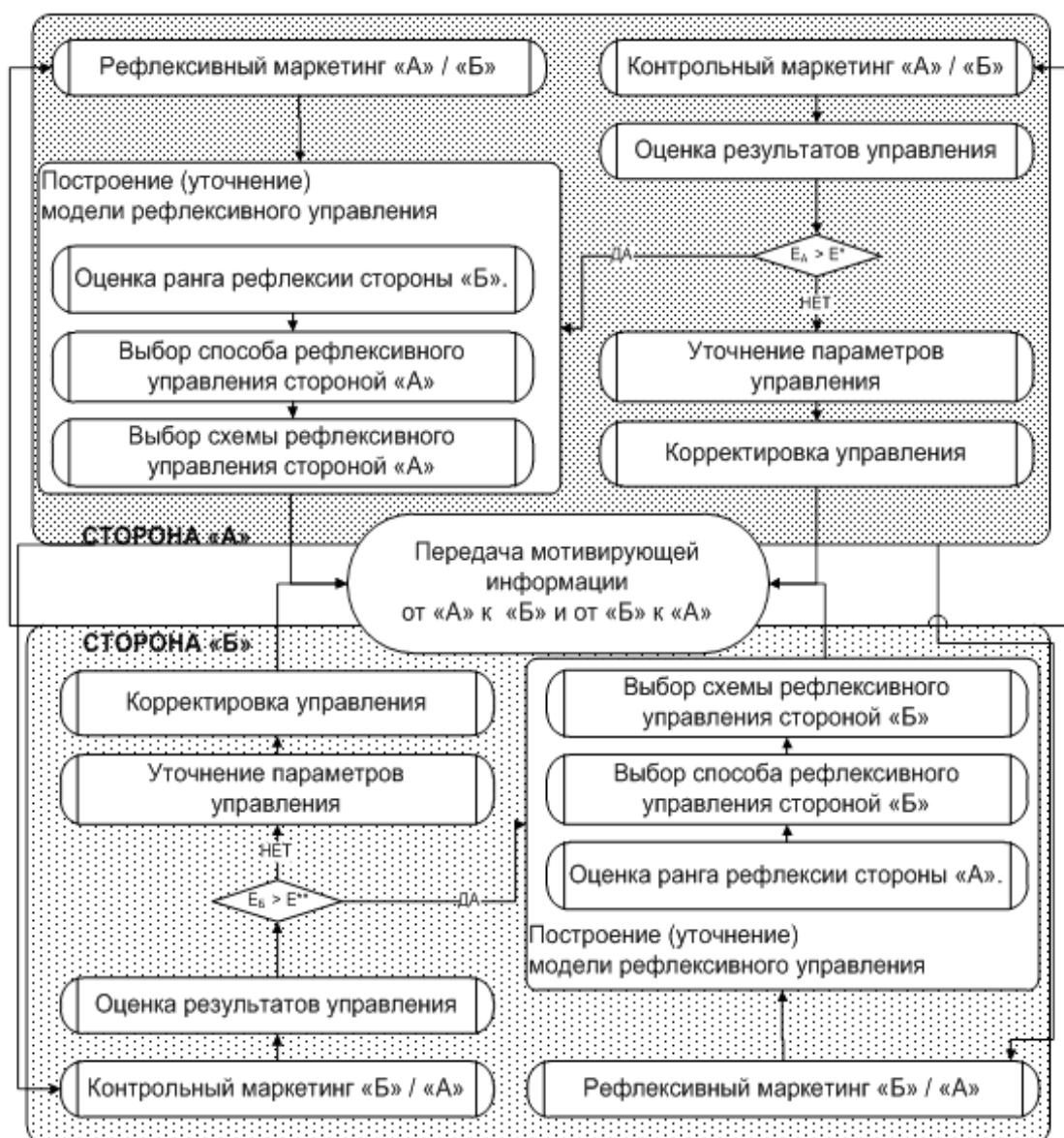


Рис. 6.23. Структурная модель рефлексивного управления в конфликте

Если это отклонение невелико и прогнозируемые оценки эффективности $E_A(E_B)$ не выходят за некоторый допустимый предел $E_A \geq E^*$ ($E_B \geq E^{**}$), то на интервале $[t_3, t_4]$ реализуется стратегия, сформированная ранее с незначительными оператив-

ными корректировками. Если $E_A < E^*(E_B < E^{**})$, то стороны выбирают новые способы воздействия на конкурента и цикл рефлексивного управления повторяется.

Каждому шагу процесса рефлексивного управления на интервале $[t_0, t_4]$, то есть каждому сочетанию применения сторонами стратегий (например, i -й со стороны «А» и j -й со стороны «Б»), сопоставим шестиместный картеж:

$$\langle P_i^A, \dot{P}_{i,j}^B, E_{i,j}(A), E_{i,j}(B), \dot{E}_{i,j}(A), \dot{E}_{i,j}(B) \rangle,$$

где P_i^A – субъективная вероятность (даваемая в оценке стороной «А») применения стороной «Б» стратегии j ; $\dot{P}_{i,j}^B$ – рефлексивная оценка стороной «Б» субъективной вероятности применения стороной «А» стратегии i ; $E_{i,j}(A), E_{i,j}(B)$ – эффективности «А» и «Б» при сочетании стратегий i и j ; $\dot{E}_{i,j}(A), \dot{E}_{i,j}(B)$ рефлексивные оценки одной стороной эффективности другой стороны.

Используя этот картеж, можно каждый шаг рассматриваемого процесса охарактеризовать рефлексивными матрицами $RM(A)$ и $RM(B)$, каждый элемент которых $M_{i,j}^k$ представляет собой субматрицу, которая для стороны «А» выглядит так:

$$M_{i,j}^k = \begin{vmatrix} E_{i,j}(A) & E_{i,j}(B) \\ \dot{E}_{i,j}(A) & \dot{E}_{i,j}(B) \end{vmatrix}.$$

Подробнее вопросы математического моделирования рефлексивного управления в конфликтах рассмотрены в приложении «А».

Способы рефлексивного управления в конфликте. Достоинство рефлексивного управления заключается в гибком сочетании силового и информационного давления на конкурента, когда победа достигается не только силой, но и умом. Способность к рефлексивному управлению – признак талантливого менеджера, умеющего поставить под контроль «волю случая» путем навязывания конкурентам нужный ему способ действия. Вместе с тем можно рекомендовать типовые способы практической реализации рефлексивного управления.

Рефлексивное управление посредством скрывания и искажения информации о своем состоянии. Это один из наиболее распространенных способов рефлексивного управления. Он заключается в том, что бы доставить конкуренту вполне определенную информацию о своем состоянии (завышенном или заниженном), которая бы мотивировала его поведение в заданном направлении, или вообще ликвидировать поступление любой информации о своем состоянии. Это способ реализуется, например, путем передачи конкуренту сведений типа «мы находимся в критическом финансовом состоянии», хотя на самом деле состояние вполне устойчиво, или «наше финансовое положение устойчиво», хотя в действительности близки к банкротству.

Рефлексивное управление посредством демонстрации конкуренту ложных намерений. В конфликтах следует различать глобальные и частные цели. Например, глобальная цель может заключаться в том, чтобы обанкротить конкурента и овладеть его имуществом. Эта цель формируется до начала конфликта и может сохраняться до его конца. Частная цель может состоять в том, чтобы вытеснить конкурента с определенного сегмента рынка, овладеть его ценными бумагами, отрезать его от источников информации» т.д. Эти частные цели возникают как следствие отражения некоторой локальной ситуации, и один из конкурентов может использовать это обстоятельство в своих интересах. Например, можно сознательно ослабить свою деятельность на определенном сегменте рынка таким образом, чтобы конкурент смог это увидеть. Тем самым попытаться передать противнику основания для принятия ложного решения о том, что этот сегмент освобождается и на нем не планируется проведение экономических операций, хотя на самом деле основные усилия будут сосредоточены именно в этом месте.

Рефлексивное управление посредством навязывания конкуренту своей точки зрения на ситуацию. Такое навязывание может быть осуществлено сознательным сбросом конкуренту специально сформированной информации, например, о состоянии

рынка или собственном финансовом положении. Кроме того, рефлексивным управлением такого типа будет «подтверждение» того, что замаскированные намерения конкурента не вскрыты (хотя на самом деле они вскрыты), а «ложные намерения» конкурента восприняты как «настоящие», хотя на самом деле их ложность установлена и учитывается при планировании собственного поведения.

Рефлексивное управление путем создания у конкурента ложных представлений о своем состоянии. Сущность этого способа заключается в том, чтобы информационными действиями сформировать у конкурента завышенную или заниженную оценку собственного экономического состояния. В принципе это возможно, поскольку любая оценка относительна и субъективна. Следовательно, речь идет о том, чтобы представить конкурирующей стороне такую (вполне объективную) экономическую информацию, основываясь на которой он либо недооценит, либо переоценит собственные возможности. Как в том, так и в другом случае, принимаемые им управленческие решения будут неадекватны истинному положению дел.

Рефлексивное управление посредством формирования цели конкурента. Задача заключается в том, чтобы сформировать у конкурента наиболее благоприятную для себя цель его действий в той или иной ситуации. Такой способ реализуется, например, в виде провокации, идеологической диверсии, коварного «дружеского совета» и т.д.

Рефлексивное управление посредством формирования доктрины конкурента. Под доктриной будем понимать оперативное средство, в простейшем случае – алгоритм, посредством которого из цели «вырабатывается» решение. Иногда доктрина предстает в вырожденном виде как система элементарных предписаний, например, в импликаций (если «А», то «Б», или если «А», то и «Б» и «В» и «Г»). Наиболее распространенный и эффективный прием формирования доктрины конкурента заключается в его обучении. Например, на рынок в течение некоторо-

го промежутка времени регулярно выбрасывается партия товара с достаточно низкой конкурентоспособностью, не представляющей экономической угрозы конкуренту. Конкурент привыкает к такому положению вещей и у него закрепляется данное действие как стандарт поведения противостоящей стороны, что и используется последней для достижения успеха в решающий момент: на рынок начинает поступать добротный товар, пользующийся спросом.

До сих пор рассматривались простые способы рефлексивного управления в конфликтах, которые сводятся к воздействию только на процесс отображения обстановки (ситуации) в управляющей подсистеме конкурента. Сложные (и более глубокие) способы состоят в воздействии на сам процесс принятия решений в управляющей подсистеме конкурента, то есть заключаются в управлении самой рефлексией. Рассмотрим содержание этих способов, подразделяя их на прямые и опосредованные.

Прямые способы реализуются целенаправленным информационным воздействием на управленческий персонал конкурирующей фирмы, например, рекламными, пиаровскими и другими способами, которые ориентируют их деятельность в нужном направлении. При этом точками приложения управлений являются (рис. 6.24):

- слой генерации альтернатив, в результате чего у субъекта, подвергшемуся информационному воздействию, либо сужается круг альтернативных вариантов решений, либо из числа альтернатив исключаются наиболее важные (с точки зрения эффективности) варианты решений (нарушается процесс концептуализации и структуризации проблем);

- слой анализа альтернатив, в результате чего субъекту, подвергшемуся информационному воздействию, навязываются результаты анализа, выгодные стороне, осуществляющей рефлексивное управление (нарушается процесс анализа проблем);

- слой выбора, в результате чего у субъекта информационного воздействия нарушаются алгоритмы реализации критериев

выбора решений, причем так, чтобы новые алгоритмы будут выгодны не ему, а другой стороне (нарушается алгоритм выбора рациональных решений).

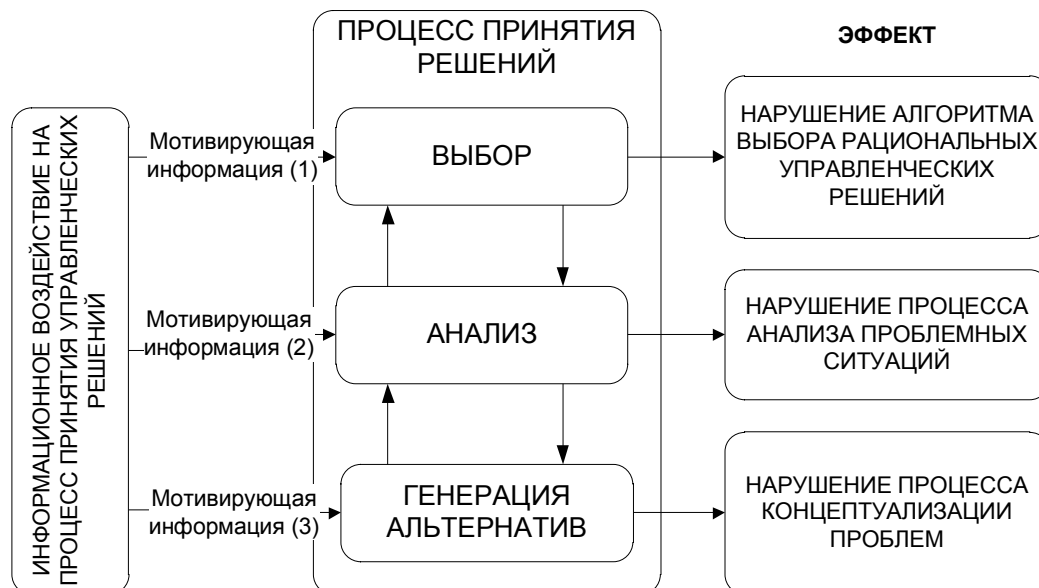


Рис. 6.24. Точки прямого воздействия на процесс принятия управленческих решений

Более сильный эффект получается при опосредованном влиянии на процесс принятия решений, то есть на те компоненты, которые определяют выработку управленческих решений. При этом точками приложения воздействий являются (рис. 6.25):

- слой понятий, в результате чего у субъекта, подвергнутого воздействию, происходит подмена или искажение сути понятий, которыми они руководствуются в своей деятельности;
- слой целевых функций, в результате чего у субъекта, подвергнутого воздействию, происходит искажение системы духовных и культурных ценностей, то есть деформируется структура целевых функций, ему навязываются цели, выгодные для стороны, осуществляющей информационное воздействие;
- слой критериев, в результате чего у субъекта, подвергнутого воздействию, формируются критерии принятия решений, выгодные для другой стороны;

- слой ограничений, в результате чего у субъекта, подвергнутого воздействию, происходит искажение или подмена системы моральных, этических, духовных и иных норм.

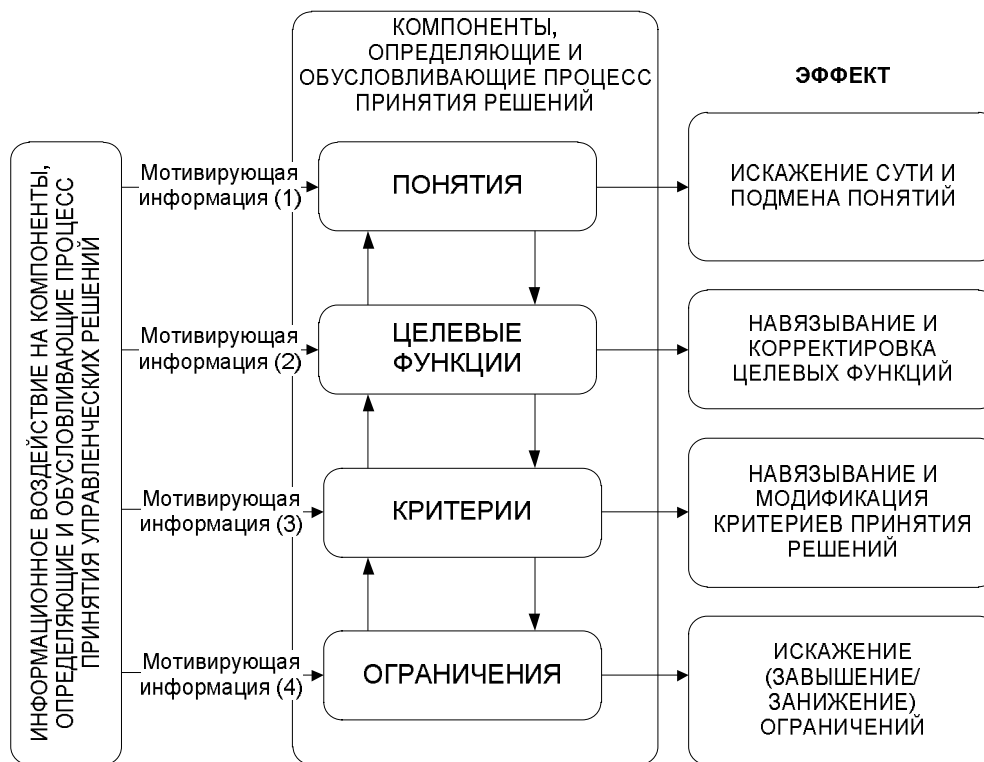


Рис. 6.25. Точки опосредованного воздействия на процесс принятия управленческих решений

6.5. Координационное управление в конфликтах

Понятие координации. Координация – это разновидность управления в иерархических многоуровневых системах, между компонентами которых есть конфликт, но нет антагонизма. Оно отличается от обычного управления следующими особенностями: а) координация предполагает специализацию, разделение управленческого труда, то есть проблема координации возникает тогда, когда подсистема управления состоит из нескольких управляющих компонентов, каждый из которых имеет дело с некоторой частью общего управляемого процесса; б) при координации всегда существует вышестоящий решающий компонент

(координатор), который имеет право вмешиваться в деятельность нижестоящих компонентов, не подменяя их и не возлагая на себя выполнение собственных им управленческих функций; в) проблема координация возникает тогда, когда нижестоящие компоненты обладают определенной самостоятельностью (активностью) при выборе управленческих решений. Не только исключение, но всякое ущемление свободы выбора, снижает качество управления, поскольку сопровождается снятием ответственности с подчиненных при выполнении ими своих функциональных обязанностей. Вместе с тем, свобода выбора управлений приводит к формированию у нижестоящих компонентов целей, в общем случае не совпадающих с целью всей системы. Возникает конфликт интересов частное-частное и частное-общее. Поэтому, в отличие от обычного управления, координация предполагает анализ конфликтных ситуаций и поиск путей их разрешения за счет согласования частных интересов сторон, в интересах достижения глобальных интересов всей системы.

Модель и способы координационного управления. Пусть имеется двухэшелонная система $S = \langle S_1, S_2 \rangle$, схема которой приведена на рис. 6.26.

На первом эшелоне S_1 она состоит из управляющей подсистемы US и управляемого процесса UO , на который действуют некие внешние возмущения $\xi(t)$, отклоняющие процесс от заданного целевого состояния, то есть $S_1 = \langle US, UO, U, O, \xi(t) \rangle$, где U – управления, O – обратная связь (информация о состоянии управляемого процесса).

Для определенности положим, что функция управляющей подсистемы US состоит в выработке управлений, приводящих к минимуму отклонение управляемого процесса UO от заданного целевого состояния на интервале времени $[t, t + T]$. То есть оптимальными считаются такие управления U^* , что

$$\delta_p(U^*, O, \xi(t)) \big|_{t, t+T} \rightarrow \min, U \subset Q, \quad (6.1)$$

где δ_p – отклонения управляемого процесса от заданного целевого состояния; Q – область допустимых управлений.

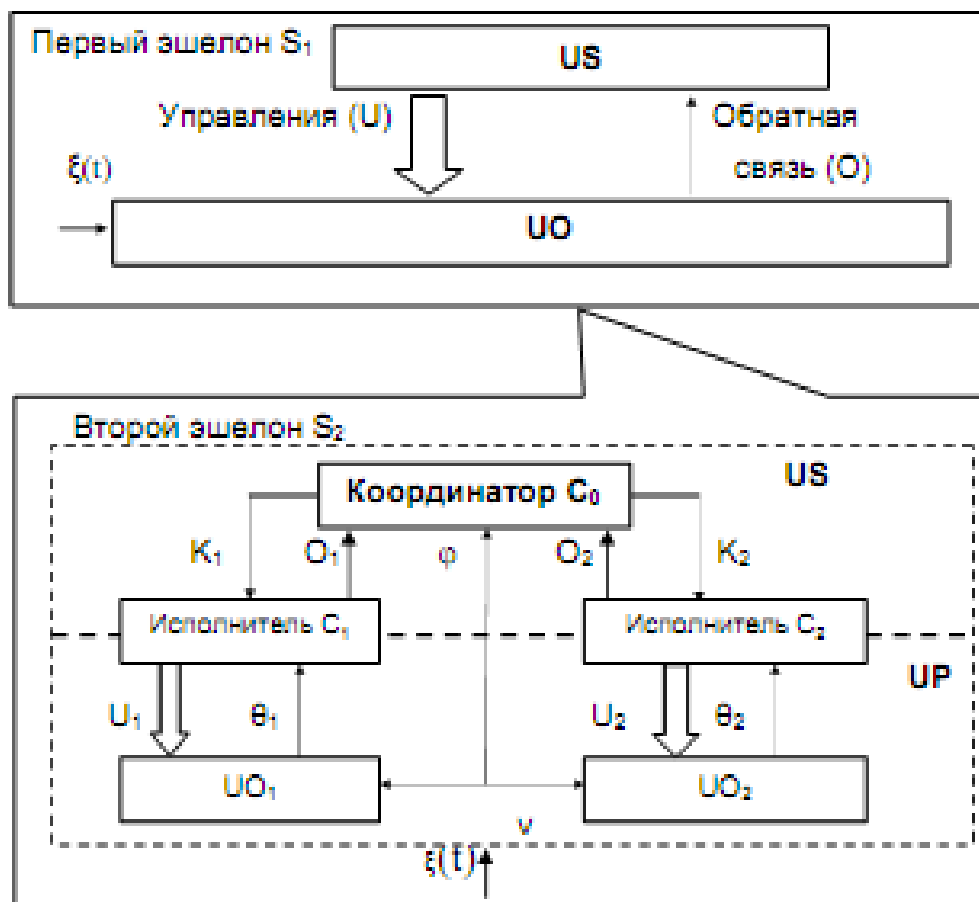


Рис. 6.26. Модель координационного управления

Это – традиционная, хорошо изученная задача оптимального управления. Для ее решения используется широкий арсенал методов математической оптимизации, в частности, линейного, нелинейного и динамического программирования. С практической точки зрения трудности в решении задач подобного типа начинаются с переходом ко второму эшелону представления системы, то есть с раскрытия структуры и механизмов формирования управляющих воздействий. В нашем случае второй эшелон S_2 образован координатором C_0 и исполнителями C_1, C_2 – органами, непосредственно управляющими взаимосвязанными частными подпроцессами UO_1, UO_2 , составляющими процесс $UO = \{UO_1, UO_2, v\}$, где v – взаимосвязи между подпроцессами. Дру-

гими символами на схеме обозначены: K_1 , K_2 – координирующие воздействия; U_1 , U_2 – управляющие воздействия; θ_1 , θ_2 – информация о состоянии подпроцессов, ϕ – информация о рассогласовании подпроцессов.

Функционирование такой системы представляется следующим образом. Координатор C_0 , получая информацию ϕ о текущем рассогласовании подпроцессов UO_1 и UO_2 , стремится минимизировать отклонение всего процесса UO от заданного целевого состояния. Подчеркнем, что при этом он основывается не на всей информации о состоянии процесса (O), а только на той его части, которая отражает возникающие рассогласования между составляющими управляемого процесса. Кроме того, C_0 не воздействует непосредственно на процесс UO , а управляет им опосредованно, путем подачи координирующих воздействий K_1 и K_2 на C_1 и C_2 . Как уже отмечалось, принципиальным качеством исполнителей является определенная свобода в выборе ими своего поведения, трактуемая, например, как возможность выработки управлений U_1 и U_2 исходя из собственного видения ситуации, то есть на основе информации $(\theta_1, \theta_2) \neq O$. Кроме того, они могут самостоятельно формировать цели своего поведения и выбирать критерии принятия локальных управленческих решений, которые в общем случае могут не совпадать с глобальной целью системы и даже ей противоречить. В любом случае разделение управляющей подсистемы на части эквивалентно наделению частей несовпадающими функциями, что служит основным фактором, порождающим проблему координации. В принципе этот фактор можно ликвидировать, но тогда все функции по управлению системой лягут на координатора, а исполнители превратятся в простые ретрансляторы, которые можно безболезненно исключить из состава системы. Так обычно и поступают в тех случаях, когда координатор в одиночку может справиться с дополнительными функциями и возрастающими потоками информации. Однако типовой является обратная ситуация, когда центральный орган перегружен информационными пото-

ками и физически не способен управлять развитием процесса без помощников – исполнителей. Таким образом, проблема координации возникает как своеобразная плата за децентрализацию управления или как реакция целого на его расчленение. Включение исполнителей в общий цикл управления формально означает декомпозицию выписанной выше задачи оптимального управления (6.1) на три совместно решаемые задачи:

$$\delta_{Pi} [U_i^*(K_i, \theta_i), \xi(t)] \big|_{t, t+T} \rightarrow \min, i = 1, 2, U_i \subset Q_i, \quad (6.2)$$

где Q_i – области допустимых управлений для исполнителей;

$$\delta_P [U_1^*(K_1^*, \theta_1), U_2^*(K_2^*, \theta_2), \varphi, v, \xi(t)] \big|_{t, t+T} \rightarrow \min, \quad (6.3)$$

$$(K_1, K_2) \subset G, U_i \subset Q_i, f(U_1, U_2, K_1, K_2) = 0,$$

где G – область допустимых координирующих воздействий.

Таким образом, задача координатора будет заключаться в том, чтобы на основании информации о характере рассогласования частных управляемых подпроцессов выработать и довести до исполнителей такие координирующие воздействия, которые заставят их или помогут им вырабатывать управляющие воздействия, минимизирующие отклонения общего процесса от заданного целевого состояния.

Решению подобных задач предшествует выбор способа координации. Под способом координации будем понимать правило, регламентирующее взаимоотношения между координирующим органом (координатором) и координируемыми объектами (исполнителями). Выделяют пять способов координационного управления [Месарович, Мако, Такахара, 1972].

I способ – координация путем прогнозирования противоречий, при которой координатор на основе анализа текущей ситуации осуществляет прогнозирование характера и тенденций развития конфликта и сообщает исполнителям информацию о возможных противоречиях и возможных путях их развития, а последние действуют с учетом этой информации.

II способ – координация путем прямого регулирования противоречий, при котором координатор отдает команды исполнителям, полностью исключаящие всякую неопределенность их

действий в конфликте, а они принимают эти команды к неукоснительному исполнению.

III способ – координация путем «развязывания» противоречий, при которой координатор не вмешивается в противоречивые взаимоотношения исполнителей, отдавая им «на откуп» решение возникающих проблем, ограничиваясь постановкой задач и оценкой результатов их выполнения.

IV способ – координация путем наделения ответственностью, при которой координатор разграничивает полномочия исполнителей по разрешению возникающих противоречий, а последние самостоятельно действуют в рамках отпущенных им полномочий.

V способ – координация путем создания коалиций, когда координатор объединяет исполнителей в группы по какому-либо признаку, например общности интересов, и предоставляет им возможность самостоятельно действовать в составе группы, но оставляет за собой право корректировать групповое поведение.

В табл. 6.1 ранжированы указанные способы в зависимости от состояния управляемого процесса.

Общая закономерность такова: что чем ближе подходит управляемый процесс к дезорганизованному состоянию, тем выше должна быть степень централизации управления, и, наоборот, чем стабильнее управляемый процесс, тем менее централизованной должна быть структура управления.

Т а б л и ц а 6.1

Целесообразные способы координации в зависимости от состояния управляемого процесса

Состояние управляемого процесса	Целесообразный способ координации
Дезорганизован	Прямое регулирование
Крайне неустойчив	Наделение ответственностью
Неустойчив	Создание коалиций
Устойчив	Прогнозирование противоречий
Стабильно устойчив	«Развязывание» противоречий

При управлении реальными конфликтными процессами указанные способы могут реализовываться в различных комбинациях. Помимо этого, в рамках каждого способа возможны специфические модификации, различающиеся уже не по формальным, а по содержательным признакам. В частности, следует выделить целевую, ресурсную, временную, пространственную координацию, а также координацию по объектам воздействия и используемым при этом способам совершения действий. Комбинируясь и сочетаясь, эти модификации образуют практически неограниченное число возможных вариантов координационного разрешения конфликтных ситуаций.

6.6. Поиск компромиссов в конфликтах «руководитель-подчиненный»

Компромиссом называется устойчивая договоренность между конфликтующими сторонами, достигнутая на основе взаимных уступок. В проблеме поиска таких договоренностей есть три аспекта: определения устойчивости компромисса, оценки уровня компромисса и выбора критериев принятия решения.

Понятие устойчивости компромисса. Устойчивыми считаются компромиссные договоренности, нарушение которых невыгодно ни руководителю, ни подчиненным. Множество таких договоренностей обозначим символом X_U . Дадим формальное определение.

Пусть в результате переговоров руководитель и подчиненный выбрали некоторое компромиссное решение x^* из множества возможных X . Для его устойчивости необходимо, чтобы при отклонениях от x^* как руководитель, так и подчиненный имели выгоду $f_1(x^* | x_1)$ и $f_2(x^* | x_2)$ соответственно меньшую, чем $f_1(x^*)$ и $f_2(x^*)$. Тогда условие устойчивости компромиссных договоренностей формально запишется в следующем виде:

$$X_U: [f_1(x^*) \geq f_1(x^* | x_1)] \wedge [f_2(x^*) \geq f_2(x^* | x_2)]; \quad x_1, x_2 \in X. \quad (6.4)$$

Если критерию (6.4) удовлетворяет единственный вариант договоренностей (то есть мощность множества X_U равна единице), проблема исчерпана. Если окажется, что множество X_U пусто, конфликтующим сторонам необходимо взять тайм-аут и продолжить переговоры по спорным вопросам с целью расширения множества X . В том случае, когда мощность множества X_U больше единицы, возникает задача выбора, связанная с необходимостью оценки уровня компромисса и выбора критерия принятия решения.

Оценка уровня компромисса и критерии принятия решения. При прочих равных условиях выбор того или иного варианта договоренности их множества X_U зависит от способностей конфликтующих сторон к компромиссу. Будем оценивать эту способность нормированным коэффициентом $K_{СК} = [0 \div 1]$, определив его на понятийном уровне следующим образом:

- если $K_{СК} = 0$, то в процессе поиска договоренностей подчиненный не идет на компромисс с руководителем, принимая к сведению только свои собственные соображения и сообразуясь только со своими личными интересами;

- если $K_{СК} = 1$, также нет компромисса, поскольку подчиненный, игнорируя собственные интересы, принимает к сведению выбор руководителя;

- если $0 < K_{СК} < 1$, имеет место компромисс, то есть при выборе варианта устойчивой договоренности учитываются интересы, как подчиненного, так и руководителя (хотя и в разной степени: при $0 < K_{СК} < 0,5$, доминируют интересы подчиненного, при $0,5 < K_{СК} < 1$, доминируют интересы руководителя, при $K_{СК} = 0,5$, имеет место паритет интересов).

В первом случае, когда $K_{СК} = 0$, исход выбора варианта устойчивой договоренности зависит от позиции руководителя:

- если руководитель не возражает против выбора подчиненного, то решение принимается согласно критерию

$$x^{**} \rightarrow \max_{x_i \in X_U} f_2(x_i^*), \quad (6.5)$$

то есть из всех возможных вариантов устойчивых договоренностей выбирается тот, который в наибольшей степени соответствует интересам подчиненного;

- если руководитель против того, чтобы окончательное решение осталось за подчиненным, переговоры заходят в тупик и сторонам необходимо взять тайм-аут для переосмысливания своих позиций.

Во втором случае, когда $K_{СК} = 1$, критерий выбора очевиден:

$$x^{**} \rightarrow \max_{x_i \in X_U} f_1(x_i^*), \quad (6.6)$$

то есть из всех возможных вариантов устойчивых договоренностей выбирается тот, который в наибольшей степени соответствует интересам руководителя.

В третьем случае, когда $0 < K_{СК} < 1$, выбор зависит от значения коэффициента $K_{СК}$. В общем случае эта зависимость не однозначная, поскольку критерий выбора определяется характером и стилем руководства. Для учета этого фактора введем в рассмотрение функцию принадлежности $\mu_B(K_{СК}) = [0 \div 1]$. Возможные варианты вида этой функции для типовых стилей руководства представлены на рис. 6.27.

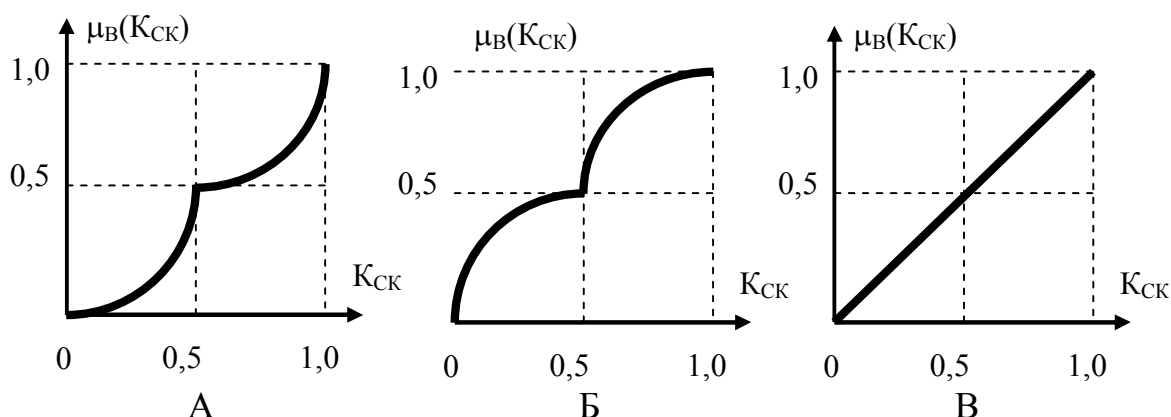


Рис. 6.27. Вид функции принадлежности $\mu_B(K_{СК})$ для типовых стилей руководства: А – доверительный, Б – авторитарный, В – неопределенный.

В аналитической форме указанные варианты функции принадлежности $\mu_B(K_{СК})$ записываются в следующем виде:

- для неопределенного стиля руководства

$$\mu_B(K_{CK}) = K_{CK}; \quad (6.7)$$

- для доверительного стиля руководства

$$\mu_B(K_{CK}) = \begin{cases} 0,5 + \sqrt{0,25 - K_{CK}^2} & \text{при } 0 \leq K_{CK} < 0,5; \\ 0,5 & \text{при } K_{CK} = 0,5; \\ \sqrt{0,25 - (K_{CK} - 0,5)^2} + 1 & \text{при } 0,5 < K_{CK} \leq 1,0; \end{cases} \quad (6.8)$$

- для авторитарного стиля руководства

$$\mu_B(K_{CK}) = \begin{cases} \sqrt{0,25 - (K_{CK} - 0,25)^2} & \text{при } 0 \leq K_{CK} < 0,5; \\ 0,5 & \text{при } K_{CK} = 0,5; \\ 0,5 + \sqrt{0,25 - (K_{CK} + 1)^2} & \text{при } 0,5 < K_{CK} \leq 1,0. \end{cases} \quad (6.9)$$

С учетом сказанного, критерий выбора варианта устойчивой компромиссной договоренности при $0 < K_{CK} < 1$ может быть записан в следующем виде:

$$x^{**} \rightarrow \max_{x_i \in X_U} \left\{ \mu_B(K_{CK}) f_1(x_i^*) + [1 - \mu_B(K_{CK})] f_2(x_i^*) \right\}, \quad (6.10)$$

то есть из всех возможных вариантов устойчивых компромиссных договоренностей выбирается тот, который с учетом характера взаимоотношений сторон (определяемого функцией принадлежности $\mu_B(K_{CK})$) в наибольшей степени соответствует как интересам руководителя, так и подчиненного.

Как видно из представленных формул, центральным звеном оценки уровня компромисса является расчет коэффициента K_{CK} . Рассмотрим этот вопрос.

Допустим, что:

а) множество стимулов, вынуждающих подчиненного идти на компромисс с начальником, сводится к пяти мотивирующим факторам: вере (V) в приоритет цели руководителя над целью подчиненного; ожиданию поощрения (G), которое подчиненный получит за достижение цели руководителя; наказанию (D), которое он ожидает получить, если цель руководителя не будет достигнута; самосознанию (P), в соответствии с которым подчи-

ненный сознательно отдает приоритет цели руководителя по сравнению со своей собственной целью; личностным отношениям (L) в виде взаимной симпатии или антипатии;

б) все стимулы, вынуждающие подчиненного идти на компромисс с руководителем, действуют независимо, количественно измеримы, и их можно представить в некотором пространстве параметров;

в) величина коэффициента $K_{СК}$ является функцией указанных стимулирующих факторов $K_{СК} = f(V, G, D, P, L)$.

Тогда, для расчета значений величин V, G, D, P, L можно предложить следующие расчетные соотношения:

$$V = \sum_{i=1}^m \lambda_i, \text{ при } \sum_{i=1}^M \lambda_i = 1, \quad (6.11)$$

где m – число указаний руководителя, принятые подчиненным для исполнения; M – общее число указаний; $\lambda_i (\lambda_i = \overline{0,1})$ – фактор существенности.

$$G = \frac{1}{\log N} \left[\sum_i^N p_i^P \log p_i^P - \sum_i^N p_i^D \log p_i^D \right], \quad (6.12)$$

где p_i^D, p_i^P – экспертные оценки вероятности реакции подчиненного на внешние воздействия соответственно до и после поощрения; N – количество материальных и социальных целей подчиненного.

$$D = \frac{1}{\log N} \left[\sum_i^N v_i^P \log v_i^P - \sum_i^N v_i^D \log v_i^D \right], \quad (6.13)$$

где v_i^D, v_i^P – экспертные оценки вероятности реакции подчиненного на внешние воздействия соответственно до и после наказания.

$$P = \omega_{ЦП} - \omega_{ЦО}, \quad (6.14)$$

где $\omega_{ЦО}$ ($0 \leq \omega_{ЦО} \leq 1$) – удельный вес цели руководителя; $\omega_{ЦП}$ ($0 \leq \omega_{ЦП} \leq 1$) – удельный вес цели подчиненного; $(\omega_{ЦО} + \omega_{ЦП}) = 1$.

$$L = \frac{1}{S} \sum_i^S \varphi_i Z_i, \quad (6.15)$$

где φ_i ($\varphi_i = \overline{0,1}$) – экспертный коэффициент, характеризующий важность i -й ($i = \overline{1,S}$) ситуации общения; Z_i – экспертный коэффициент, характеризующий эмоциональную составляющую общения подчиненного с руководителем

$$E_i = \begin{cases} 1,0 - \text{положительные эмоции;} \\ 0,5 - \text{полное отсутствие эмоций;} \\ 0 - \text{отрицательные эмоции.} \end{cases} \quad (6.16)$$

Тогда, численное значение коэффициента $K_{СК}$ можно определить как средневзвешенное значение показателей, характеризующих перечисленные стимулы:

$$K_{СК} = 0,2 (V\xi_V + G\xi_G + D\xi_D + P\xi_P + L\xi_L), \quad (6.17)$$

где ξ ($0 \leq \xi \leq 1$) с соответствующим индексом – экспертный коэффициент, характеризующий чувствительность подчиненного к тому или иному стимулу.

Резюме. Обобщая знания о конфликтах, системную суть этого явления можно отразить следующими гранями.

Конфликт – это специфическая форма взаимодействия двух и более систем или нескольких компонентов одной системы в ходе их совместного функционирования, которая порождается ресурсно-коммуникационными противоречиями между ними, развивает эти противоречия, разрешает возникшие противоречия кризисным или бескризисным путем и порождает новые противоречия.

В таком понимании конфликт есть не что иное, как новая система или, как говорят, надсистема, образованная конфликтующими сторонами и обладающая уже другими свойствами и качествами, чем каждый из участников конфликта в отдельности. Следовательно, изучать конфликты надо так же, как изучают

любые другие системы: разложение на части, изучение значения каждой части, изучение соотношения с окружающей средой, построение модели или комплекса моделей, проведение компьютерных модельных экспериментов, объединение результатов и, в конце концов, понимание на основании всего этого глубинного существа конфликтных процессов и определение способов рационального управления ими.

Конфликт – это разветвляющийся самоуправляемый процесс перехода количества в качество, который ведет к нарушению устойчивого функционирования системы и завершается либо ее возвратом в прежнее устойчивое состояние, либо образованием в ней нового устойчивого состояния, либо ее катастрофой и гибелью.

Мы привыкли изучать системы, имеющие вполне определенную цель, то есть точку или область устойчивого равновесия, в которую система стремится попасть в процессе своего функционирования, и эта точка (область) известна исследователю и самой системе. В конфликтующих же системах области и точки устойчивости неизвестны ни исследователю, ни системе, поскольку они формируются и распадаются в ходе развития конфликта. Образно говоря, конфликты – это процессы, теряющие контроль над самими собой. В них периоды стабильного развития чередуются с интервалами, где система как бы «выбирает» направление своего дальнейшего движения, причем эти моменты не подчиняются какой-либо статистической закономерности, а определяются характером взаимодействия конфликтующих сторон и частичным действием случайных факторов. Подчеркнем, что конфликты – это не случайные и не детерминированные, предопределенные кем-то свыше процессы. Они представляют собой хаотичные по сути, но управляемые процессы. Причем управление здесь особое, основанное не на принципе оптимальности, а на поиске компромисса и применении специальных технологий ухода от конфронтации, кризисов, катаклизмов и сглаживания противоречий.

Конфликт – это динамическое явление, в котором будущее не входит составной частью в прошлое, то есть всякое данное состояние конфликтующей системы не может быть объяснимо только из предшествовавших ему. Конфликт по ходу развития порождает принципиально новые состояния взаимодействующих систем, которые невозможно предвидеть заранее.

Многие полагают, что, изучая прошлое, можно найти «золотые» правила, которые позволят предупредить, избежать или урегулировать любой конфликт. Это – иллюзия. В конфликтах наши знания о прошлом часто становятся не союзником, а врагом человека. Конечно, их не следует игнорировать, но в конфликтных ситуациях следует руководствоваться только личными соображениями, отдавая себе отчет в том, что лучший способ предвидеть то, что будет, изучать то, что было, но знать, что всё, бывшее прежде нас, никогда уже не повторится с абсолютной точностью. Феноменология конфликтов такова, что нет и быть не может «золотых правил» их урегулирования, но зато конфликтам присущи свойства, функции и закономерности в развитии, знание которых позволяет человеку нормально жить в конфликтных условиях и даже разворачивать их себе на пользу. Положительным примером в этом отношении может служить использование законов конфликта для урегулирования конкурентных экономических отношений в интересах потребителя и вообще для стабилизации экономики. Отрицательный пример тоже есть – деятельность отечественных «практикующих конфликтологов». Не отягощенные знаниями теории, но раскусившие психологию обывателя, они без тени смущения берутся разрешать любые конфликтные проблемы за вознаграждение, не унижающее их собственное достоинство. В результате возникает реальная опасность «американизации» науки о конфликтах – превращения ее в доходный бизнес, делающий деньги на бедах, несчастьях и пороках людей, но не разрешающей насущные проблемы личности и общества.

Конфликт – это регулирующая часть самоорганизации систем любой природы, обуславливающая неустойчивый, нелинейный, необратимый характер процессов их внутреннего развития и взаимодействия со средой. Без конфликтов невозможна самоорганизация систем, предполагающая самостоятельное формирование их состава, структуры, свойств и вообще движение без принуждающего влияния извне.

В таком аспекте конфликтные процессы выступают уже не только в качестве негатива, который нужно искоренить из нашей жизни, но и как явления, несущего в себе потенциал созидания и совершенствования природы и общества, через разрушение всего старого, непригодного и отжившего, через продвижение всего нового прогрессивного жизнеспособного. Другой вопрос, в каких формах реализуется этот созидательный потенциал. Пока социальные конфликты выливаются чаще всего в конфронтацию, кризисы, противоборства и катастрофы, воплощая известный принцип: вначале нужно разрушить, а потом уже строить. Уродливые антигуманные формы конфликтов будут существовать до тех пор, пока человек в своем эволюционном развитии не достигнет определенного духовного, культурного и интеллектуального уровня и не научится жить не по понятиям, а на основе норм права.

Конфликт – это атрибутивное (неотъемлемое) свойство всех форм движения материи, выступающее основным фактором и движущей силой эволюционного процесса в социальных, биологических, физических, технических, технологических и других системах.

Конфликты как явления не являются прерогативой человечества. Человек разумный сам является продуктом борьбы за существование – природных конфликтов. Образовав в процессе своей эволюции социум, он продолжил дело, начатое природой: сам стал источником и причиной социальных конфликтов. Эти конфликты имеют уже иное качество и принимают другие формы. Вместе с тем, они эволюционно объединены с природными,

а следовательно, путь к постижению сущности конфликтов, связанных с деятельностью человека, проходит через познание конфликтности как атрибутивного свойства всех форм движения материи.

При проведении прикладных исследований (юридических, экономических, социологических, военных и др.) допустимо любое частное определение конфликта, отражающее специфику данной предметной области и глубину ее познания. Однако при использовании этих определений необходимо осознавать их неполноту и учитывать системные трактовки функций, свойств, динамики и причинной обусловленности конфликтов.

ГЛАВА 7. САМООРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ

В настоящее время изучение самоорганизации осуществляется по нескольким направлениям.

Первое, *экономико-социальное* направление ориентируется на традиции, восходящие к работам Адама Смита и Давида Рикардо. В частности Смит одним из первых ясно выразил мысль о том, что *«...спонтанный порядок на рынке является результатом взаимодействия различных, часто противоположных стремлений, целей и интересов многочисленных его участников. Именно такое взаимодействие приводит к установлению того никем не предусмотренного порядка на рынке, который выражается в равновесии спроса и предложения»* [Смит, 1962]. Конечно, идеи Смита были результатом скорее интуитивного прозрения, нежели строго научными исследованиями. Тем не менее, они подготовили почву для будущих модельных исследований самоорганизации в социально-экономических системах.

Второе направление (*математико-экономическое*), характерно прорывом математики в сферу изучения самоорганизующихся систем, в частности рыночных: имеются в виду работы В. Леонтьева, П. Самуэльсона, М. Фридмана, Фр. Фон Найека, М. Аллэ, Дж. Фон Неймана, О. Моргенштерна, Э. Мулена. Цен-

тральным объектом исследования здесь выступают механизмы саморегулирования на основе баланса спроса и предложения. Прикладное значение теоретических результатов, полученных в рамках этого направления трудно переоценить: на их основе прогнозируется динамика рыночных цен на товары и услуги, рассчитываются оптимальные объемы производства, оцениваются последствия проводимой налоговой политики и т.п. Вместе с тем нетрудно видеть, что поддержание баланса «спрос-предложение» является хотя и важной, но только частью механизмов самоорганизации, а соответственно, математические модели, формализующие эти механизмы, выступают фрагментом модели самоорганизации в экономических системах.

Третье направление, которое можно назвать *термодинамическим*, связано с работами Ильи Пригожина. В рамках этого направления исследуются фундаментальные механизмы, обуславливающие саморазвитие и самодвижение систем неживой природы. Непосредственным объектом изучения здесь выступают термодинамические системы, далекие от теплового равновесия. В настоящее время установлено, что термодинамические самоорганизующиеся процессы наблюдаются на всех уровнях организации косной материи – от молекулярного до галактического. Без преувеличения можно сказать, что модели самоорганизации, разработанные в рамках этого направления, оказали огромное влияние на общее мировоззрение. Самоорганизацию традиционно относили к атрибуту живой материи, но относительно ее присутствия в неживой природе не было убедительных экспериментальных данных. Такое положение сохранялось до середины прошлого века. В 1958 г. наш соотечественник химик Е.К. Белоусов опубликовал сообщение о периодически действующей химической реакции лимонной кислоты с броматом калия в присутствии катализатора – паров церия. Работа в этом направлении была продолжена А.М. Жаботинским и успешно завершилась открытием так называемой реакции Белоусова – Жаботинского [Жаботинский, 1974]. Эта реакция играет роль

своеобразной натурной модели в экспериментах по изучению механизмов самоорганизации в неорганических соединениях. Она позволяет в зависимости от ряда исходных обстоятельств наблюдать широкий диапазон явлений, например, самовозбуждающиеся колебания в однородных смесях и волнообразные процессы. Реакция Белоусова – Жаботинского допускает также химические спиральные волны. Их можно получить, налив реагенты Белоусова – Жаботинского в чашку Петри. Волны либо возникают спонтанно, либо их можно инициировать, коснувшись поверхности раствора раскаленной проволокой. Сегодня установлено, что физико-химические самоорганизующиеся процессы, подобные реакции Белоусова – Жаботинского, наблюдаются на всех уровнях организации материи.

Четвертое направление (*синергетическое*). Это сравнительно новое междисциплинарное научное направление, развиваемое Германом Хакеном и его последователями, ставит своей основной задачей изучение коллективных, кооперативных взаимодействий в возникновении и поддержании самоорганизации в открытых системах (подробнее см. раздел 7.2).

Пятое направление – *биологическое*. Сущность самоорганизации биологических систем раскрывается в теории Чарльза Дарвина, которая традиционно считается учением об эволюции в живой природе. Вместе с тем дарвинизм – это в значительной степени учение о самоорганизации биосистем. Из этого учения следует, что там, где мы наблюдаем в природе некую «целесообразность», на самом деле нет никакого «сообразования» с какими-либо «целями», а проявляется результат внутренних процессов развития. Этими процессами управляют биологические конфликты, которые «автоматически» приводят к разрушению всего неприспособленного к среде, всего, что в данных условиях неустойчиво, непрочное. Биологическая жизнь – это непрерывная череда конфликтов различного масштаба и интенсивности, в которых выживает тот, кто приспособился к конфликтам и научился преодолевать кризисы без катастрофы. В системном

аспекте основное достижение теории Дарвина заключается в том, что в ней впервые был сформулирован и аргументирован тезис о неразрывной связи эволюции, самоорганизации и конфликтов, нашедший свое конструктивное приложение не только в биологии, но и в социально-экономических исследованиях.

Шестое направление (*кибернетическое*) – Ф. Розенблат, Н. Винер, У. Эшби, Д.А. Поспелов, В.И. Варшавский и др., ставит своей основной задачей отыскание новых принципов построения технических систем и устройств, обладающих повышенной эффективностью, надёжностью и помехоустойчивостью. Кроме того, в рамках этого направления решаются вопросы создания вычислительных машин и алгоритмов, способных имитировать различные стороны интеллектуальной деятельности человека. В ряду многочисленных достижений этого направления (с точки зрения системной тематики) следует отметить: открытие и объяснение механизмов обратной связи в живой и неживой природе; построение моделей самоорганизующихся систем на основе теории автоматического управления и регулирования (Я.З. Цыпкин); концепции и подходы к оценке устойчивости систем (А.М. Ляпунов); методы анализа и синтеза алгоритмов экстремального управления (Л.С. Понтрягин, Н.Н. Красовский и др.). Нужно подчеркнуть, что, хотя это направление первоначально ориентировалось на изучение технических систем, его результатами в последние годы начинают пользоваться специалисты, изучающие процессы управления в социально-экономических, биологических и других системах.

Седьмое направление (*управленческое*) развивается в рамках теории активных систем (В.Н. Бурков, Д.А. Новиков), представляющей раздел общей теории управления в социально-экономических системах, изучающий свойства механизмов их функционирования, обусловленные проявлениями активности участников системы. Исследования, проведенные в рамках этого быстро развивающегося направления, позволили не только выявить основные механизмы управления в самоорганизующихся

социально-экономических системах, но и построить соответствующие математические модели, которые с успехом применяются для решения прикладных задач. Основная концепция теории активных систем сводится к тому, что самоорганизация рассматривается не как спонтанное явление, а как контролируемый процесс, который с помощью рациональных управлений может быть ориентирован в желательном направлении.

* * *

Из анализа содержания перечисленных направлений видно, что свойства самоорганизации обнаруживают системы самой различной природы как живой, так и косной. Несмотря на колоссальные различия в строении и формах существования систем, процессам их самоорганизации присущи некоторые общие закономерности. В этих закономерностях мы постараемся разобраться, рассматривая самоорганизацию с мировоззренческой, методологической и с процессуальной точек зрения.

7.1. Самоорганизация как мировоззрение

Самоорганизация – это концепция, постулирующая доминирование внутренних факторов развития систем над внешними факторам и, соответственно, предполагающая отсутствие предначертанности в самом развитии. Альтернативой самоорганизации выступает так называемая концепция предопределенности, или фатальности, основанная на представлении о том, что все происходящее в нашем мире чем-либо предопределено или запрограммировано свыше (божественной волей, вселенским разумом, законами природы или чем-то другим, нам неизвестным). В системном плане предопределенность в развитии обусловлена тем, что любая система есть часть какой либо надсистемы, которая может определять цели и характер движения своих частей.

Справедливость этих крайних точек зрения нельзя ни доказать, ни опровергнуть, поскольку в развитии природных и общественных процессов наблюдается как предопределенность, так и

самостоятельность. Однако положения обеих концепций можно совместить таким образом, что они будут дополнять, а не исключать друг друга. Развитие систем происходит под действием двух групп факторов – внутренних и внешних. Внутренние факторы есть не что иное, как самоорганизация, присущая любой системе, а внешние факторы выступают в качестве ограничений на возможность ее конкретных проявлений. Иначе говоря, природа и общество устроены таким образом, что надсистема (какое бы естество она не имела) не предопределяет полностью поведение своих частей, предоставляя им возможность самостоятельно развиваться и проявлять индивидуальность, устанавливая при этом рамки, выход за которые чреват определенными последствиями. Формы выражения ограничений могут быть различными – от фундаментальных физических законов до религиозных морально-этических заповедей. Существенно различаются и их параметры – от жестких, однозначно предписывающих линию поведения, до мягких, предупреждающих о возможных неприятностях. Для концептуального восприятия самоорганизации не принципиальны формы выражения и параметры ограничений, важна сама формула: самоорганизация – это саморазвитие систем в рамках установленных свыше ограничений.

Возникает естественный вопрос: что служит фундаментальной причиной и движущей силой самоорганизации? Почему, предоставленные сами себе, системы проявляют внутреннюю активность, движутся и развиваются? Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо обратиться к основной диалектической категории – противоречию. Согласно Гегелю, диалектическое противоречие – это взаимодействие противоположных, взаимоисключающих сторон системы, которые вместе с тем находятся во внутреннем единстве и взаимопроникновении, а потому являются источником самодвижения и развития нашего мира. Этой категорией постулируется его аномальное устройство (от греч. *anōmalia* – неровность). Любая точка нашего мира представляет собой реальный объект со своим составом, струк-

турой и с присущими ему свойствами, которые проявляются в виде противоречий. Устойчивость, регулярность и постоянство есть частный случай неустойчивости, ситуативности и изменчивости. В этом аномальном мире системы зарождаются в результате разрешения противоречий, противоречиво развиваются и распадаются в результате разрешения противоречий. Траектории их развития могут прерываться, делать непредсказуемые, но неслучайные повороты, разветвляться, уходить в иные пространственно-временные измерения и вновь проявляться. Явление «А», в результате действия взаимных обратных связей, может одновременно быть как причиной, так и следствием явления «В». При аномальном развитии в структуре систем нет порядка, но нет и хаоса – все, что в них происходит, закономерно, но не предопределено. Многое из того, что сегодня представляется аномальным, завтра может быть признано в порядке вещей.

Итак, динамика противоречий и присущие ей переходы количества в качество – есть тот фундаментальный механизм, который обуславливает самодвижение и саморазвитие систем вне зависимости от их природы. Образно говоря, динамическая противоречивость была встроена в наш мир тем, кто его создал (бог, высший разум, другой параллельный мир или кто-то еще), для того чтобы он самостоятельно развивался и двигался. Только исходя из динамики противоречий в различных формах их проявлений (физической, биологической, социальной) можно понять феномен самоорганизации систем и объяснить причины возникновения в них новых неожиданных свойств и качеств.

Признание динамики противоречий основным фактором саморазвития систем вынуждает по-новому взглянуть на традиционные методы и приемы их моделирования. Прежде всего, следует поставить под сомнение утверждение о возможности описания процессов самоорганизации методами дифференциального и интегрального исчисления. Сомнение не следует понимать упрощенно, как попытку незаслуженно исключить эти методы из инструментария системного анализа. Речь идет о том, что для

системных аналитиков методы интегро-дифференциального исчисления – это инструмент познания действительности, который должен в максимальной мере использоваться для решения системных задач, но сообразно своим возможностям.

Возможности теории интегро-дифференциального исчисления по описанию явлений действительности ограничены ее базовой аксиоматикой, в основе которой лежат два утверждения: а) все, что наблюдается, может быть выражено в количественных категориях (метрах, килограммах, секундах, градусах и т.д.); б) движение объектов происходит по непрерывным, делимым на сколь угодно малые части траекториям, в которых нет аномалий, то есть «дырок», «скачков», «непредвиденных разветвлений» и т.п. Согласно такой аксиоматике, наш мир бесконечно делим, и в своей основе состоит из «ничего», то есть все то, что наблюдается, ощущается и осязается, собрано из пустоты, абстракций. Но вместе с тем существуют некие неведомые механизмы, которые собирают и конструируют из пустоты и абстракций то, что мы видим, слышим и чувствуем. В процессе развития такого мира количество переходит в количество, но не в качество. В этом смысле системы, поведение которых описывается интегро-дифференциальными уравнениями (пусть сколь угодно сложными), запрограммированы. Их развитие заранее предопределено, непредсказуемость таких систем сводится либо к случайности, либо к выбору начальных условий, но в них нет самоорганизации, а варианты эволюционных изменений предопределены изначально и сводятся к простому движению.

Принятая аксиоматика является идеализацией реально наблюдаемых процессов. Разного рода аномалии и противоречия постоянно встречаются в исследовательской практике и буквально преследуют тех специалистов, которые хоть однажды пытались разрешить какую-либо жизненную проблему путем ее сведения к решению системы интегро-дифференциальных уравнений. Ограниченность такого подхода хорошо известна и самим математикам, поскольку не раз заводила их в тупиковые си-

туации. Выход всегда находился. Следуя установившейся ортодоксальной традиции, аномалии и противоречия объявляли следствием незнания существа процессов – иллюзиями, подлежащими «сглаживанию», например, за счет введения дельта-функций, отклоняющихся аргументов, линеаризации функциональных зависимостей и применения других формальных способов. Тем самым реалии подгонялись под принцип: что нельзя измерить количеством и продифференцировать, то не может стать объектом моделирования.

Конечно, можно решать многие практические задачи, оперируя только числом (количеством) и гладкими дифференцируемыми функциями. Вместе с тем, нельзя отрицать существования проблемных ситуаций, в которых качество доминирует над количеством, выступая решающим фактором понимания их сути и мотивации принимаемых решений. В силу этого при анализе систем, наряду с математическими (количественными) языками, используются так называемые формализованные языки, близкие по своей выразительности к естественному языку, но в то же время обладающие достаточно развитыми средствами формальных эквивалентных преобразований. Модели, построенные с использованием языков такого типа, получили название логико-лингвистических, а вычислительные процедуры, реализующие их, названы мягкими вычислениями. Появление таких моделей и вычислительных процедур положило начало процессу создания новой математики, базирующейся не на положениях закона непрерывности, а на аксиоматике «аномальности».

В настоящий период времени «аномальная» математика находится в стадии своего становления и пока не позволяет эффективно решать весь комплекс задач системно-аналитических исследований. Вместе с тем, несомненно – феномен ее появления и существования, даже в том состоянии, в котором она сейчас пребывает, стал тем новым, что было внесено в системный анализ последними десятилетиями.

7.2. Самоорганизация как методология (синергетика)

Эта точка зрения возводит самоорганизацию в ранг методологического принципа, пришедшего на смену кибернетическому взгляду на изучение систем и протекающих в них процессов. Наиболее ярким выражением самоорганизации как методологического принципа служит синергетика [Хакен, 1985, 1991].

Синергетика – это сравнительно новое междисциплинарное научное направление, которое ставит своей основной задачей изучение коллективных, кооперативных взаимодействий в возникновении и поддержании самоорганизации в открытых системах. В физике синергетика занимается изучением термодинамических систем, далеких от теплового равновесия. При этом общие законы термодинамики рассматриваются как предельные случаи для законов синергетики. Но синергетика имеет дело и с системами, изучением которых занимаются химики, биологи, экономисты и социологи. Синергетика – наука, пока далекая от своего завершения. Тем не менее, можно сформулировать ряд общеметодологических положений, выдвинутых в рамках этой науки и имеющих принципиальное значение с точки зрения теории анализа систем.

В отличие от кибернетики, предполагающей стремление всех процессов, происходящих в природе и в обществе, к некоему устойчивому состоянию (аттрактору), синергетика исходит из принципиальной неустойчивости физических, биологических, социальных и других процессов. Согласно синергетическим представлениям, каждая система обладает множеством областей слабой устойчивости (множеством аттракторов), перемещения между которыми и пребывание в которых собственно и образуют процесс развития (движения) систем. При этом сами аттракторы не постоянны, а являются результатом процесса самоорганизации, то есть они возникают и исчезают под действием условий, которые они сами же и создают.

В развитие принципа отрицательной обратной связи, на котором основывается кибернетическое понимание устойчивого управления и сохранения динамического равновесия систем, синергетика на равноправной основе использует диаметрально противоположный принцип – положительной обратной связи. Согласно этому принципу, изменения, появляющиеся в системе, не устраняются, а напротив, накапливаются и усиливаются, что совместно с действием отрицательных обратных связей и приводит к возникновению нового порядка и структуры. Причем предполагается, что эффект проявления как положительных, так и отрицательных обратных связей носит нелинейный характер в том смысле, что следствия, возникающие в результате их действия, не пропорциональны самому действию. В результате математические уравнения, которыми описывают такие явления, приобретают нелинейный вид.

Синергетика исходит из того, что самоорганизующаяся система способна вести себя совсем не так, как того требует упоминавшийся ранее принцип непрерывности (*lex continui*), согласно которому поведение системы целиком и полностью определяется ее предшествующей историей (настоящее всегда скрывает в своих недрах будущее). На поведение систем с нелинейными обратными связями отрицательного и положительного действия не менее значительное влияние оказывает также и будущее. Поэтому самоорганизация рассматривается как слабо прогнозируемый процесс, то есть процесс, развитие которого можно задать только возможными вариантами, но не однозначной траекторией. Формально зависимость настоящего от будущего задается внутренним временем, которое выступает нечетким оператором преобразования вида $T: s(t + \tau) \rightarrow s(t)$, где $s(t)$ – текущее состояние системы, то есть ее состояние в момент времени t , $s(t + \tau)$ – нечеткое множество будущих состояний системы, то есть ее возможные состояния в момент времени $t + \tau$.

Синергетика исходит из того, что в развитии природных и общественных явлений наиболее существенную роль играют

необратимые процессы, то есть процессы, которые невозможно осуществить в противоположном направлении, последовательно повторяя в обратном порядке все промежуточные состояния прямого процесса. В необратимых процессах время утрачивает свое монотонное, линейное течение, приобретая черты нелинейности и структурности. В методическом плане необратимость выражается в том, что математические уравнения, описывающие динамику процессов, становятся чувствительны к тому, в какую сторону «движется» время ($t \rightarrow -t$ или $t \rightarrow +t$).

Другим важным понятием синергетики являются точки и области разрыва и ветвления эволюционного процесса, названные бифуркациями. Поведение системы в окрестностях точки или области бифуркации становится парадоксальным: существенную роль играют случайности (флуктуации). Происходит это потому, что точка (область) бифуркации – это, фактически, зона кризиса, разрушающего внутрисистемные связи, которые раньше цементировали систему и препятствовали влиянию флуктуаций на ее функционирование.

В синергетике самоорганизующиеся процессы рассматриваются как иерархические, в которых образование нового качества происходит вследствие взаимодействия соподчиненных уровней. Так, Хакен выделяет в физических процессах три уровня иерархии: микроскопический (положения и скорости молекул), мезоскопический (поле плотности, скорости, температуры) и макроскопический (структуры). Такая операция рассматривается как способ, позволяющий выделить так называемые регулировочные параметры порядка на соподчиненных уровнях, то есть ограниченное число характеристик системы, обуславливающих межуровневые взаимодействия. Использование этих параметров позволяет сократить объем учитываемых характеристик системы до приемлемого для практики уровня, без существенных потерь в точности описания изучаемого процесса.

В целом синергетическое направление можно характеризовать как прорыв системной идеологии в науку о природе и чело-

веке. Причем, с развитием синергетики возникла и все более утверждается новая парадигма изучения физических, биологических и социально-экономических систем, заменяющая линейные одноуровневые бесконфликтные схемы их развития на концепцию нелинейности, конфликтности и иерархичности.

7.3. Самоорганизация как процесс

Самоорганизация – это социальный, биологический, физический или какой-либо иной процесс, ведущий к образованию новых, заранее неизвестных свойств и качеств системы без принуждающего влияния извне. Центральным моментом в таком представлении самоорганизации является вопрос о фундаментальной исходной причине этого процесса. Как уже отмечалось, при синергетическом подходе считается, что «пусковым толчком» самоорганизации выступает случайность, то есть присутствие в любой системе флуктуаций – внешних или внутренних воздействий случайного характера, способных при определенных условиях вывести систему из состояния равновесия и поставить ее перед необходимостью изыскивать точку нового равновесия. Этот процесс обычно называют «образованием порядка через флуктуации» [Пригожин, Стенгерс, 1986]. Он созвучен с пониманием случайности как условия, необходимом для появления нового в развитии мира, высказанным еще античными философами Эпикуром и Лукрецием Каром. Отчасти такое утверждение справедливо. Однако это одноаспектное видение причинной обусловленности самоорганизации, фиксирующее лишь один из возможных сценариев, но не объясняющее закономерную природу возникновения этого явления. Случайностью можно объяснить происхождение любого явления, но это мало что дает для уяснения существа происходящего.

Если подходить к анализу причин самоорганизации с системных позиций, то следует констатировать, что самоорганизующиеся процессы зарождаются и развиваются под действием

трех факторов: предопределенности, конфликтности и случайности, каждый из которых вносит свою лепту в формирование динамики и структуры самоорганизующихся систем (рис. 7.1).

Предопределенность накладывает ограничения на возможный диапазон изменения характеристик системы, задавая область функционального пространства, в котором допускается ее движение. В физике такие ограничения выражаются соответствующими законами. Так, например, закон всемирного тяготения существенно ограничивает траекторию движения снаряда, выпущенного из орудия, но не определяет ее полностью. В электротехнике закон Ома связывает изменение тока и напряжения, но такая связь не всегда однозначна и наблюдается только в случае, когда сопротивление проводника строго линейно. Развитие биологических и гуманитарных систем происходит также в рамках действия соответствующих законов. Эти законы не всегда известны, что, однако, не означает их отсутствия. Одна из характерных особенностей системных исследований заключается в том, что они производятся, как правило, в условиях неполного или неточного знания законов, ограничивающих развитие и формирование систем.

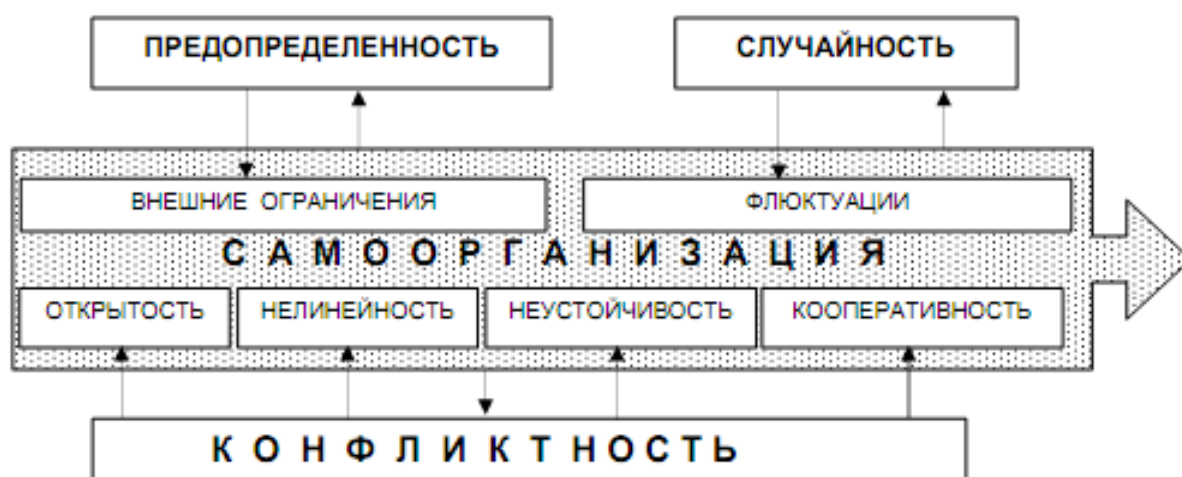


Рис. 7.1. Факторы, обуславливающие самоорганизацию систем

Конфликты приносят в систему условия, необходимые для того, чтобы в ней развивался процесс самоорганизации, а имен-

но: открытость, неустойчивость, нелинейность и кооперативность. Нет конфликтов – нет и самоорганизации.

Действительно, для возникновения и развития самоорганизации необходимо, чтобы система была открытой, то есть обладала способностью обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей средой (другими системами). В противном случае движение системы предопределено вторым началом термодинамики – в конечном счете, она попадет в состояние, характеризующееся максимальным беспорядком или дезорганизацией. Рассматривая свойства конфликтов, мы убедились в том, что именно конфликты являются тем механизмом, который регулирует степень открытости систем. Открытая система должна постоянно находиться в неустойчивом состоянии и одновременно иметь возможность переходить из одних областей неустойчивости в другие неустойчивые области. При этом траектория ее движения должна быть нелинейной, то есть процессы, происходящие в системе, должны иметь полифуркационный характер. Иначе система приобретает свойство эргодичности и со временем переходит в какое-либо устойчивое глобальное состояние (процесс самоорганизации прекращается). Препятствуют возникновению эргодичности кризисы, которые, как мы уже знаем, ликвидируют глобальную устойчивость системы, трансформируя ее во множество локальных областей слабой устойчивости.

Самоорганизация может происходить лишь в системе, имеющей фрактальную структуру, то есть система должна иметь достаточно большое количество относительно свободных, но в то же время взаимодействующих компонентов. Но этого недостаточно – необходимо, чтобы компоненты системы действовали согласованно (кооперативно). Как уже отмечалось, фрактальность систем есть не что иное, как результат действия интегро-дифференцирующей функции конфликтных процессов, а кооперативность поведения частей системы обусловлена кумулятивными свойствами конфликтов.

Следует обратить внимание на обратное влияние самоорганизации на конфликты, predeterminedность и случайность. Механизмы такого влияния пока слабо изучены, но их проявления наблюдаются в развитии природных и общественных процессов. В частности, влияние самоорганизации на конфликты обнаруживается в том, что в процессе самоорганизации происходят существенные изменения в структуре системы, которые отражаются на характере конфликтного взаимодействия ее частей. Самоорганизация может не только подавлять или интенсифицировать развитие конфликтов, но и изменять их критериальные классы. Так, например, в экономике часто отмечаются ситуации, когда в результате самоорганизации экономические конфликты переходят из антагонизма в нормальную эксплуатацию.

Схематичное изображение процесса самоорганизации приведено на рис. 7.2. В нем выделяются фазы двух типов. Фазы первого типа называются бифуркациями (на верхней части схемы они обозначены кружками). Фазы второго типа, показанные

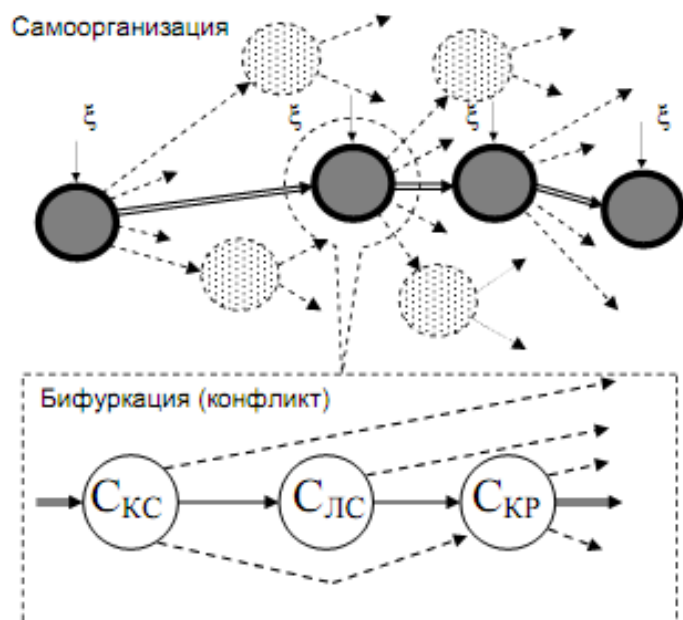


Рис. 7.2. Схематичное изображение процесса самоорганизации

на верхней части схемы стрелками, назовем дорогами. Нижняя часть схемы раскрывает содержание одной из бифуркаций, обведенной пунктирной линией, которая есть не что иное, как мезодинамика конфликта. Символом ξ обозначены флюктуации. Двойные стрелки – это состоявшиеся дороги, то есть дороги, по которым шло развитие

процесса, а пунктирные стрелки соответствуют виртуальным дорогам (от лат. *virtualis* – возможный), по которым могло бы происходить развитие процесса, но не произошло. Темные

кружки соответствуют состоявшимся бифуркациям, более светлые кружки – виртуальным бифуркациям, которые могли бы быть, но не случились. Внешние ограничения на схеме не показаны, но учитываются конечным числом бифуркаций и дорог. Саморазвитие систем происходит по нелинейным траекториям: периоды стабильности сменяются бифуркациями (кризисами), в результате чего возникает целый спектр виртуальных альтернативных сценариев, ведущих к содействию, противодействию, эксплуатации, нейтралитету или к катастрофе.

Заметим, что не все бифуркации есть кризисы. В области бифуркации конфликтный процесс может развиваться по траектории, не проходящей через кризис. Такой вариант развития событий характерен для систем, которые в процессе эволюции научились (приобрели способность) преодолевать конфликты без вхождения в кризисное состояние.

Конечно, выбор того или иного сценария происходит в условиях случайности и в рамках ограничений, но в целом развитие систем определяется не случаем или спущенной сверху программой, а характером взаимодействия конфликтующих сторон. Поэтому будущее каждой конкретной системы почти лишено случайности и, тем более, непреложного фатума.

Резюме. Нетрудно заметить, что самоорганизация присуща системам, обладающим свойством внутренней активности. Применительно к социально-экономическим системам это свойство проявляется в трех основных аспектах. Во-первых, активность предполагает определенную «свободу» поведения компонентов системы, включая определение целей функционирования и способов их достижения. Во-вторых, управляемые компоненты активных систем для реализации своих функций должны обладать возможностью, получать информацию об окружающей среде и, используя эту информацию, прогнозировать поведение управляющих компонентов. В-третьих, активным системам имманентно присуща внутренняя и внешняя конфликтность, кото-

рая может порождать разнообразные кризисы, уводящие систему из равновесного состояния и в то же время вновь приводящие ее к некоторому новому равновесию. Совместное действие конфликтности, случайных флуктуаций и внешних сил обуславливают сложное, слабопредсказуемое поведение самоорганизующихся систем.

ГЛАВА 8. ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ

Понятие эволюции (от лат. *evolutio* – развертывание) употребляется в разных смыслах, но обычно эволюция отождествляется с движением, развитием систем от простого к сложному или рассматривается как процесс длительных, постепенных изменений, которые в конечном итоге приводят к коренным качественным изменениям, завершающимся возникновением новых систем, структур, форм и видов.

В настоящее время нет общей теории эволюции, объясняющей исчерпывающим образом все то исключительное многообразие явлений, которое связано с эволюционными процессами в живой и неживой природе. Наша задача прагматична. Мы ограничимся описанием эволюции как мировоззренческой категории и обозначим некоторые проблемы, возникающие в связи с эволюционным взглядом на природу вещей.

8.1. Эволюция как концепция

Эволюционная точка зрения постулирует доминирование тенденции развития и совершенствования систем над застоем, стагнацией и их движением в сторону хаоса, беспорядка и дезорганизации. Антиномией эволюции выступает концепция инволюции (от лат. *involutio* – обратное развитие).

Обе противоположности имеют под собой надежные научные обоснования и подкреплены многочисленными экспериментальными данными. Концепция инволюции базируется на вто-

ром начале термодинамики, из которого следует, что развитие физических и других систем неживой природы происходит в направлении усиления хаотичности, разрушения и дезорганизации. Существование механизмов эволюции подтверждается наблюдениями, свидетельствующими о том, что живые системы в своем развитии стремятся к совершенствованию своей организации, устранению беспорядка и хаоса, усложнению структурного устройства.

Противоречивость концепций эволюции и инволюции удастся совместить, если исходить из того, что хаос порождает порядок, а порядок порождает хаос, и регулятором этих противо-

положно направленных тенденций являются конфликты (см. схему на рис. 8.1).

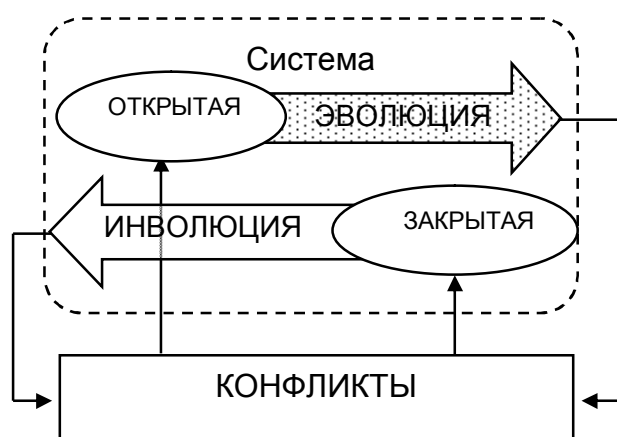


Рис. 8.1. Конфликты как регуляторы характера развития систем

Регулирующая функция конфликтов проявляется в том, что внутренние и внешние конфликты (приведшие к кризисам) открывают или закрывают системы. Для закрытых систем, вне зависимости от

их субстанциональной сущности, характерно инволюционное развитие, а для открытых – эволюционное развитие. В то же время, как при инволюционном, так и эволюционном развитии в недрах системы происходят конфликты, которые, выливаясь в кризисы, изменяют характер взаимодействия системы со средой. В результате может произойти инверсия развития, то есть в системе возникнет состояние, когда эволюция сменяется инволюцией или, наоборот, инволюционное развитие переходит в эволюционное.

Наглядным примером регулирующей функции социальной конфликтности служат революции – типичные кризисы в соци-

альных отношениях. Независимо от их целевой направленности и конечных результатов, революции выступают переломным моментом в развитии общественных отношений, после которого система либо закрывается, как, например, произошло после победы большевизма в нашей стране в октябре 1917 года, либо открывается, как, например, случилось после победы так называемой французской буржуазной революции конца XVIII века.

Итак, в системах любой природы наблюдаются циклы эволюции-инволюции, которые порождаются конфликтами, выступающими отрицательными и положительными обратными связями, стабилизирующими и дестабилизирующими развитие систем. Моменты инверсии соответствуют кризисам, которые, собственно, и регулируют процесс развития систем.

8.2. Жизненный цикл системы

Обычно эволюционный процесс представляется в виде спиралевидной траектории, по которой движется бытие в некотором пространстве параметров под давлением внешних и внутренних факторов. Это общая, сильно агрегированная модель эволюции, усредняющая характер развития множества систем. Она мало чувствительна к частностям, а потому не пригодна для конструктивного анализа конкретной биологической, социальной или технической системы.

При системном анализе центральным является понятие жизненного цикла системы. Его принято изображать в виде условной кривой, показанной на рис. 8.2.

На этой кривой, ограниченной по оси абсцисс моментом рождения системы T_R и моментом ее гибели T_G , выделяют определенные стадии: зарождение (1), становление (2), развитие (3), расцвет (4), регресс (5), упадок (6) и гибель (7). Основанием для выделения стадий служит текущая эффективность системы – ее способность выполнять свою основную функцию или отвечать своему предназначению. Стадии 1, 2 и 3 соответствуют периоду

эволюции, стадии 5, 6 и 7 – периоду инволюции, а стадия 4 – это зона, где периоды инволюции сменяются периодами эволюции, и наоборот, эволюционный характер развития переходит в инволюционный.

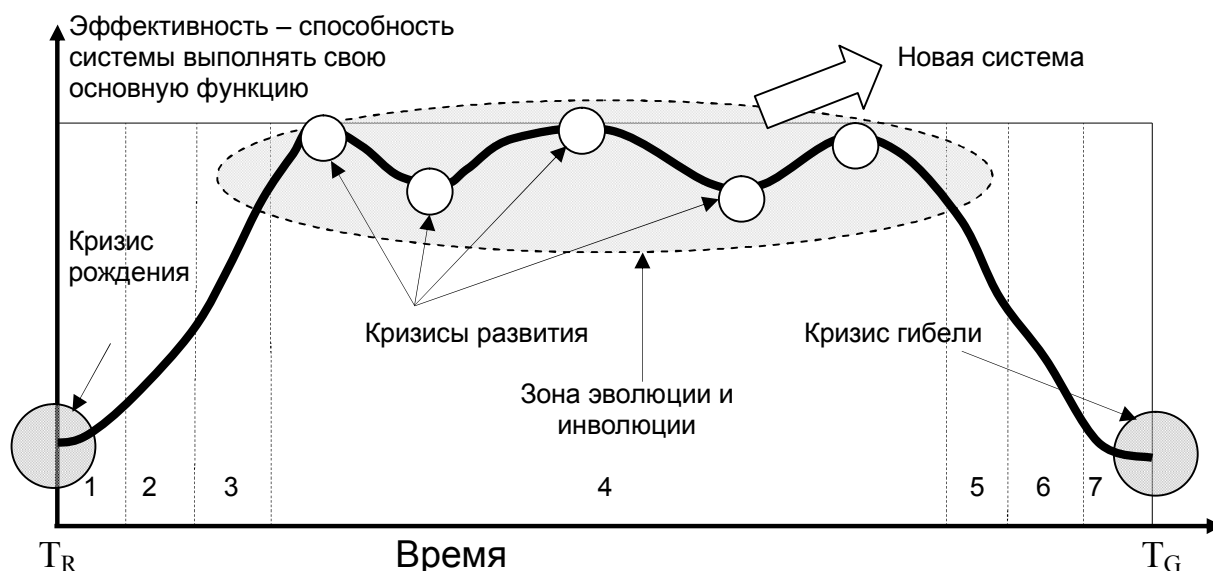


Рис. 8.2. Графическое изображение жизненного цикла системы

Применительно к конкретным системам перечисленные стадии получают содержательную интерпретацию. Так, если речь идет об анализе технической системы, то в ее жизненном цикле выделяются следующие типовые стадии: обоснования технического задания на разработку системы (зарождение системы); проектирования системы (концептуальное, техническое, технологическое); создания опытного образца и его испытания (становление и развитие системы); серийного производства, эксплуатации и модернизации системы (ее расцвет); физического износа и морального устаревания системы (регресс); снятия системы с эксплуатации (упадок); ликвидации изготовленных экземпляров и утилизации остатков (естественная гибель системы).

Естественным параметром жизненного цикла считается среднее время жизни системы, то есть интервал времени $\Delta T_S = T_G - T_R$. Среднее время жизни – не физическая, а среднестатистическая характеристика системы. Она исчисляется на множестве систем определенного класса путем регистрации и усреднения естественной продолжительности жизни каждой из них.

Знание этой характеристики не позволяет рассчитать продолжительность жизни отдельно взятой (персональной) системы. Поэтому она не может служить основанием для каких-либо серьезных прогнозов относительно ее будущего. Причина кроется не в разбросе величины ΔT_s , а в статистическом способе ее получения, не позволяющем связать персональное время жизни данной системы с процессами, влияющими на продолжительность ее жизни. Здесь мы встречаемся с уже отмеченным ранее обстоятельством, когда статистические методы имеют предсказательную силу только для случая, когда система бесконфликтна. В случае же конфликтности, каждый из кризисов развития может перерасти в кризис гибели, и этот момент статистически непредсказуем для персонифицированной системы.

*У каждого есть тайный личный мир.
Есть в мире этом самый лучший миг.
Есть в мире этом самый страшный час.
Но это все не ведомо для нас.*

(Евгений Евтушенко)

Другое дело, когда речь идет о множестве однотипных систем, например, людей вообще. Тогда действительно можно, основываясь на статистических данных, утверждать, что средняя продолжительность жизни среднего человека составляет примерно 60-70 лет.

Кроме того, понятие среднего времени жизни в условиях приспособляемости системы к среде таит в себе много неясностей. Действительно, непрерывная изменчивость системы, накапливаясь, может привести к системе, существенно отличающейся от исходной. Иногда изменчивость, в частности биологических систем, из-за мутационных механизмов может носить не непрерывный, а скачкообразный характер (например, превращение кокона в гусеницу или головастика в лягушку). В таких случаях, говоря о среднем времени жизни системы, нужно точно определить, что считать одной и той же (пусть трансфор-

мированной) системой, а что – уже новой системой, появившейся после гибели или качественной трансформации исходной.

Уже сам термин «жизненный цикл» предполагает, что у любой системы должны быть дожизненный и послезжизненный циклы ее существования. Применительно к деятельности в технической сфере дожизненный цикл проявляется в том, что прообраз будущей системы существует задолго до того момента, когда специалисты приступят к отработке технического задания на ее создание. Виртуальный облик системы, которой еще нет в натуре, содержится в трудах изобретателей, реально существующих системах аналогичного предназначения, а также в тех процессах, которые стимулируют зарождение новой системы. Игнорирование дожизненного цикла всегда чревато ошибками и заблуждениями, а наибольший прогресс в создании технических систем достигается тогда, когда технология и организация их проектирования и создания основываются на преемственности и опыте предшествующих разработок. Пренебрежительное отношение к дожизненному циклу – это забвение своего прошлого, непочитание своей истории, что недопустимо и опасно.

Послезжизненный цикл технической системы проявляет себя в том, что, несмотря на снятие с эксплуатации системы, отслужившей свой срок, ее многие черты продолжают сохраняться в системах следующего поколения. Это уже другие системы, но в них всегда можно найти множество устройств, схем, технических и конструктивных решений, которые были свойственны их предшественнице. В практическом плане послезжизненный цикл выражается в виде комплексной проблемы утилизации систем, актуальность которой все более возрастает. Примером важности учета послезжизненного цикла служит проблема утилизации атомных электростанций, выработавших свой ресурс. После чернобыльской катастрофы актуальность ее решения стала очевидной, как и очевидным стало то, что еще на дожизненном цикле атомных энергосистем необходимо предусматривать эффективные способы их утилизации.

Резюме. Итак, конфликты, самоорганизация и эволюция систем представляют собой неразрывно связанные явления, составляющие суть бытия. Изучение этих явлений применительно к конкретным системам составляет содержание системно-аналитических исследований.

Нетрудно видеть, что в этих явлениях особую роль играет время. При эволюционном взгляде на природу вещей можно увидеть только минувшее и предстоящее, а настоящее, как образно сказал поэт, – это всего лишь миг между прошлым и будущим. Моделируя эволюцию систем, мы можем условно остановить этот миг и выяснить текущее состояние процесса, но это будет огрубленный взгляд на существо происходящего, не несущий конструктивного начала.

С точки зрения самоорганизации, миг-настоящее трансформируется в реальный отрезок времени, выражением которого выступает внутреннее время системы, которое может как замедляться, так и ускоряться по отношению к прошлому и будущему. Иными словами, в самоорганизующихся процессах время приобретает фрактальную структуру, что позволяет детализировать представление о происходящем и более точно выяснить состояние изучаемого объекта.

В конфликтах доминирует не прошлое, не будущее, а настоящее, то есть, конфликтующая система живет не прошлым, не будущим, а настоящим, текущим. Этим определяется феноменологическая роль, которую играют конфликты в развитии природных и общественных явлений: в конфликтах, приведших к кризисам, происходит формирование условий, определяющих будущие состояния системы, поэтому утверждается, что конфликты есть двигатели эволюции и источники самоорганизации систем.

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ. МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изложенные в предыдущих разделах положения составляют категориальный и одновременно методологический аппарат системно-аналитических исследований. Этот аппарат вводит в курс системной аналитики, но еще не позволяет приступить к полноценному разрешению реальных системных проблем. К сожалению, на практике нередко случаи, когда, опираясь только на категориальный и методологический аппарат, разворачиваются исследования конкретных системных объектов и, более того, на этой базе обосновываются и выдаются заказчику якобы «системно проработанные» рекомендации по способам его действий в ответственных ситуациях. Такой подход распространен в гуманитарных исследованиях и по своей сути есть не что иное, как практическая реализация известного метода проб и ошибок с той лишь разницей, что при этом используются системные термины и понятия. Недостаток этого подхода проявляется не только в ошибочной ориентации заказчика, но в дискредитации системного анализа как метода научных исследований, когда системной «трескотней» прикрываются бессистемные по своей сути исследования. Именно это обстоятельство тормозило и тормозит внедрение системной идеологии в практику гуманитарных исследований.

Широко распространены ошибки иного рода, когда, не освоив и не осознав категориального и методологического аппарата системного анализа, приступают к практическому разрешению системной проблемы методами математического моделирования. При этом, как правило, заранее ориентируются на какой-либо известный математический аппарат, подгоняя существо объекта исследования под его возможности, не особенно задумываясь об адекватности модели сути проблемы. Такой подход характерен по большей части для естественнонаучных и техни-

ческих исследований. Его недостаток проявляется в двух аспектах. Во-первых, создается иллюзия обоснованности результатов анализа, в плену которой оказывается не только заказчик, но, прежде всего, сам исследователь. Во-вторых, анализ системной проблемы через призму любого математического метода неминуемо приводит к идеализации действительности и, следовательно, к потере многоаспектности. В любом случае происходит вырождение системной проблемы, ведущее к негативным последствиям и ошибкам при принятии ответственных решений. Правильное решение математической задачи вовсе не означает правильного разрешения практической системной проблемы.

Категориальный и методологический аппарат системного анализа является его важнейшей составной частью, без которой системные исследования невозможны. Другая же, не менее значимая составная часть системного анализа заключена в его методическом аппарате, то есть концепциях системно-аналитических исследований, а также методах и языковых средствах построения моделей систем, позволяющих в совокупности с философским пониманием системности правильно решать практические проблемы.

ГЛАВА 9. БАЗОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

9.1. Конструктивный прагматизм

Системный анализ, аккумулируя знания и адаптируя (развивая и наращивая) методы специальных дисциплин, не стремится к выявлению всеобщих закономерностей и установлению общих законов природы. В этом смысле он не обладает общностью научной теории, но зато ему присущ конструктивный (от лат. *constructio* – построение) прагматизм (от греч. *pragma* – действие, практика) – строгая целевая ориентация на разрешение конкретных практических проблем по заданию заказчика, в ин-

интересах потребителя, в установленные сроки и в пределах выделенного объема финансирования. Тем самым не только точно формируется предмет исследования, но и определяется основной объект системного анализа – системы, функционирование которых привели к возникновению проблем, требующих своего разрешения.

Следует акцентировать внимание на том, что, в конечном счете, в рамках системного анализа исследуется не модель системы, а сама реальная система. Этим положением не исключается, а наоборот, подчеркивается необходимость создания и изучения моделей систем, но одновременно ограничивается абстрактность в проведении исследований. Моделирование как антитеза эмпиризму представляет собой основной метод системно-аналитических исследований. Вместе с тем в рамках системного анализа любая модель (математическая, физическая, описательная или какая-либо другая) должна строиться не ради модели, а использоваться как рабочий инструмент познания и разрешения конкретной системной проблемы.

Другая сторона конструктивного прагматизма системно-аналитических исследований состоит в том, что каждое из этих исследований имеет неповторимый, уникальный характер и проводится не само по себе, а в тесной взаимосвязи с фундаментальными поисковыми и конструкторскими исследованиями, то есть вписывается в общую технологию производства научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Разрешение системной проблемы начинается, как правило, с фундаментальных поисковых исследований. Они ограничиваются получением глубоких, но фрагментарных знаний об отдельных аспектах и некоторых свойствах изучаемого объекта. Результаты фундаментальных исследований хотя и предопределяют во многом конструктивность разрешения системных проблем, но в силу одноаспектности не могут служить надежным основанием для принятия ответственных решений. Поэтому за ними следуют комплексные научно-исследовательские работы.

Они основываются на результатах фундаментальных исследований, а в методическом плане опираются на технологии, методы и приемы системного анализа. В ходе проведения таких работ вскрывается целостная картина изучаемого явления. Ранжируются возможные способы решения частных проблем. Взвешиваются все «за» и «против», оцениваются ожидаемые приобретения и возможные потери.

За комплексными научно-исследовательскими работами (в случае их успешного завершения и при необходимости) следуют проектные и опытно-конструкторские разработки, неотъемлемой составной частью которых являются системные сопроводительные работы. Их цель – текущая координация фактических результатов проектирования и частных разработок, в том числе – получение оценок типа «эффективность – стоимость», «потери – приобретения», дающих основание принимать решения о целесообразности (нецелесообразности) финансирования тех или иных проектов и их внедрения в жизнь.

Стремление к конструктивному прагматизму определяет главное отличие системного анализа от общей теории систем [Берталанфи, 1969; Садовский, 1974; Месарович, Такахара, 1978], объектами изучения которой являются не конкретные системы, а модели, принципы и законы, применимые к обобщенным системам независимо от их частного вида и поставленных задач исследования. Отличие настолько существенное, что специалисты этих родственных направлений зачастую не понимают друг друга. В настоящее время достижения общей теории систем не оказывают заметного влияния на практику системного анализа. Взаимосвязь прослеживается на уровне обсуждения общих проблем и заимствования концептуальных положений.

Конструктивный прагматизм системных исследований проявляется также и в том, что выявляемые закономерности и формулируемые обобщения носят характер не всеобщих, но локальных тенденций – направлений, по которым может развиваться изучаемое явление при определенных условиях. В реальности

ни одна из системных тенденций не выступает изолированно, в абсолютно чистом виде. В зависимости от конкретных обстоятельств она (тенденция) может усиливаться или ослабляться (либо даже совсем исчезать) в результате действия других тенденций. Поэтому, говоря о какой-либо системной закономерности, необходимо понимать ее относительный, неабсолютный характер и учитывать это обстоятельство при принятии решений. Иначе возникают промахи, связанные с абсолютизацией относительных истин, и заблуждения доктринального характера.

В качестве примера доктринального заблуждения можно привести все еще бытующую точку зрения о преимуществе плановой жестко централизованной экономики перед самоорганизующейся рыночной экономикой. Действительно, можно строго доказать, что плановое централизованное управление экономикой лучше, чем стихийное децентрализованное. Но только в идеальных условиях: абсолютной слаженности в работе всех хозяйственных механизмов, неограниченности материальных и финансовых ресурсов, отсутствии управленческого бюрократизма, унификации желаний потребителей, строгого соблюдения стандартов качества выпускаемой продукции и т.д. Как известно, попытки воплотить эту концепцию в жизнь закончились неудачей. Сегодня общепризнанно, что успешное развитие реальной экономической системы возможно только при гибком сочетании механизмов планово-централизованного и самоорганизующегося рыночного хозяйствования. Однако для того, чтобы понять эту системную закономерность, потребовался эксперимент продолжительностью почти в семь десятилетий. Интересно, что и в наше время многие руководители не осознают того, что когда за управление экономикой берутся политики — экономическое крушение неизбежно. Когда за это дело берутся экономисты — исход тот же. Когда за управление экономикой берутся юристы — результат ещё хуже... Любой однобокий несистемный подход к управлению экономикой — это путь к катастрофе. В нормальной экономике должны работать механизмы самоорганизации, а

политики, экономисты, юристы и другие специалисты должны способствовать этому процессу, или, по меньшей мере, не мешать его развитию.

Конструктивный прагматизм предполагает специфический стиль системного мышления, основанный не столько на примерах и умозрениях, сколько на обобщениях и категориях. Различного рода примеры из жизни хотя и широко используются в теории и практике анализа, но служат лишь демонстрационным полем, поясняющим выводы и заключения. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть какое-либо системное положение, недостаточно обнаружить наблюдаемый факт и положить его в основу аргументации «за» или «против». Сам умозрительный факт, без глубокого понимания причин, его породивших, может отражать не более чем образ мышления наблюдателя, его стереотипы или начальные установки. В таком случае споры относительно истинности того или иного утверждения теряют конструктивизм. Интересное замечание по этому поводу мы находим в даосских текстах 4-3 веков до н.э. Там сказано: *«Говорить об истине все равно, что надевать шляпу на человека, у которого уже есть шляпа»* [Бхагаван Шри Раджнеш, 1994].

В спорах по поводу истинности обычно отсутствует предмет спора – начальная концепция или категория, обуславливающие справедливость данного утверждения. Если некое системное утверждение кажется сомнительным – это вовсе не означает, что оно неверное. Скорее всего, присутствует расхождение в базовых точках зрения на предмет изучения. В теории системного анализа такое положение не есть нонсенс – наоборот, несовпадение точек зрения считается источником развития теории и способом получения новых знаний. Любые попытки нивелировать противоречивость взглядов, унифицировать точки зрения и стандартизировать образ мышления ведут к деградации науки. Поэтому в тезаурусе системного анализа нет прилагательного «антинаучный», но широко используется понятие «противоречие» в его изначальном диалектическом смысле.

9.2. Объективный субъективизм

Классический (галилеевский) подход к науке исходит из того, что изучаемую систему мы рассматриваем как бы извне, анализируя ее, но, не принадлежа ей. Тем самым абсолютизируются законы окружающего физического мира, и игнорируется сам факт присутствия в нем человека (субъекта) с его взглядами, желаниями, потребностями и возможностями.

Такой стиль научного мышления принято называть физикализмом. Его можно определить как *«методологию надежды построить здание науки не только простых, но и сложных систем на основе известных и еще неоткрытых законов физики»* [Флейшман, 1982].

Утвердившись в науке с XVII века, физикалистический подход оказался чрезвычайно плодотворным и полезным при изучении вещественно-энергетических преобразований, но обнаружил свою несостоятельность при познании структурно-поведенческих сторон процессов и явлений.

В основе системного анализа лежит подход, сочетающий в себе черты физикализма с интересами людей, которые нуждаются и заинтересованы в разрешении данной проблемы: потребителями (пользователями), заказчиками и исследователями. Таким подходом выражается специфическая особенность системно-аналитических исследований, которую следует назвать объективным субъективизмом: наш мир субъективен по своему восприятию и объективен по своему содержанию.

В своей основе эта особенность отражает диалектический принцип анализа систем. При проведении системно-аналитических исследований, с одной стороны, исходят из интересов людей и, тем самым, привносит субъективизм в проблемную ситуацию независимо от того, какую природу она имеет – социальную, биологическую, физическую или какую-либо другую. С другой стороны, положения и выводы системно-аналитических исследований опираются на объективно наблю-

даемые факты и фиксируемые закономерности, которые не всегда являются абсолютными, но, тем не менее, существенно ограничивают устремления и потребности субъектов (заказчиков, потребителей, исследователей). Ограничения касаются, прежде всего, целей (желаемых результатов) исследования и связаны с возможными способами их достижения в рамках отведенных ресурсов (временных, финансовых, материальных, информационных и других).

Первые и весьма успешные попытки преодоления отрицательных качеств физикализма были предприняты в теории исследования операций, в рамках которой выдвинут и практически реализован своеобразный принцип разделения функций между потребителем, заказчиком и исследователем, иллюстрируемый схемой на рис. 9.1.

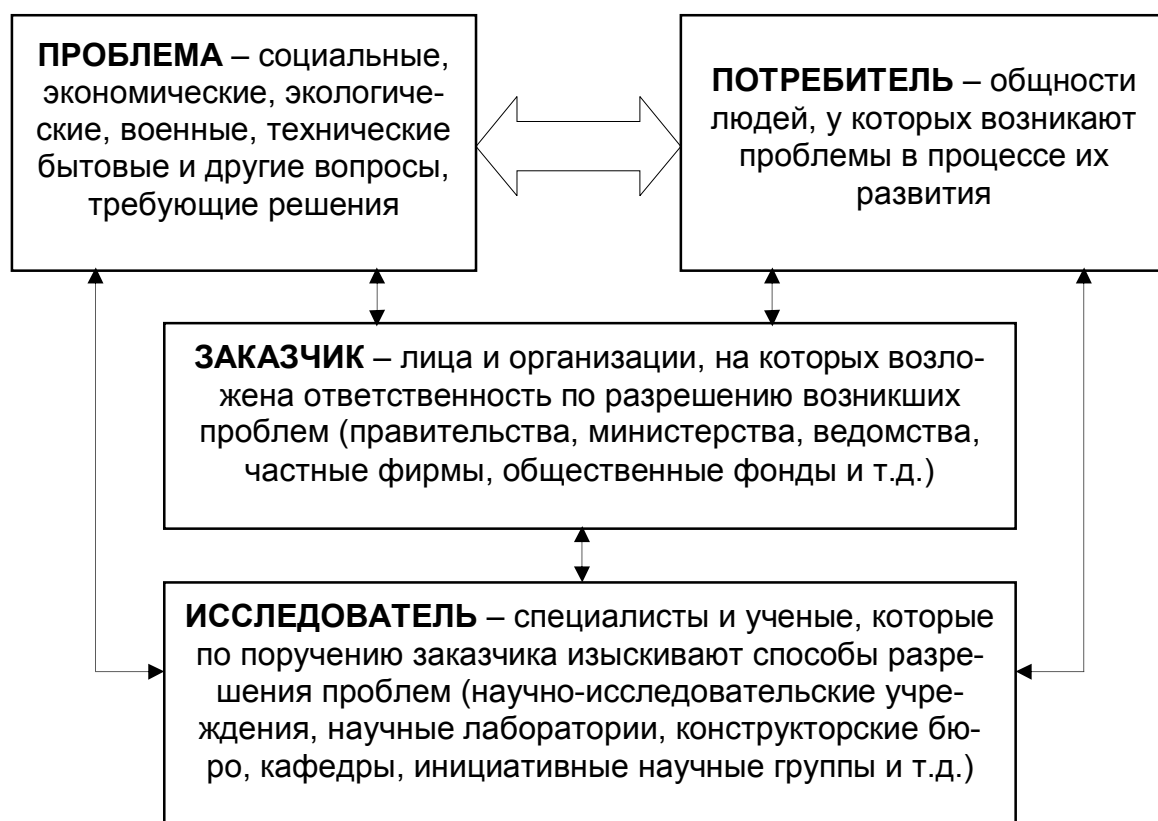


Рис. 9.1. Структура взаимоотношения потребителя, заказчика и исследователя при проведении системно-аналитических исследований

Заказчик, отражая интересы потребителя и преследуя свои собственные цели, включается в структуру проблемной ситуации и поручает исследователю разрешение возникшей проблемы. Он финансирует и материально обеспечивает исследования, а потому занимает доминирующую позицию в процессе разрешения проблемы, оставляя исследователю лишь подготовку вариантов решения и их мотивацию.

В операционных исследованиях заказчика принято называть лицом, принимающим решение (ЛПР). В частном случае лицом, принимающим решение, может быть потребитель, заказчик и исследователь в одном лице. Теория системного анализа, унаследовав сам принцип, предполагает определенное равноправие сторон. Заказчик не только принимает окончательное решение, но непосредственно включается в процесс исследования (определяя главным образом цели исследования и ограничения), а исследователь – в процесс принятия решения (раскрывая существо проблемной ситуации и предоставляя возможные варианты ее разрешения). Поэтому в системном анализе лицом, принимающим решение, называют пару: заказчик + исследователь. Тем самым ниспровергается еще бытующее мнение о самоустраненности ученых от практики, которое образно можно выразить фразой: наше дело «прокукарекать», а там хоть не рассветай.

В то же время при проведении исследований четко разграничиваются функции исследователя и заказчика. Каким бы ни был заказчик (компетентным или некомпетентным с точки зрения исследователя), вся ответственность за последствия того или иного варианта разрешения проблемы ложится на него. В конечном счете, рискует заказчик, выбирая линию поведения по результатам научных исследований, потребители же могут улучшить или ухудшить свое положение, а исследователю достаются лишь отблески успеха или тени неудач.

9.3. Системный гомеостаз

Непосредственное включение интересов потребителей, заказчиков и исследователей в процесс системно-аналитических исследований обуславливает системный принцип дополнительности: плохо или хорошо, но любая возникшая проблема может быть разрешена двумя путями – либо, отталкиваясь от возможностей (делаем не то, что нужно, а то, что можно), либо, исходя из потребностей (делаем не то, что можно, а то, что нужно).

Эти подходы одновременно исключают и дополняют друг друга в том смысле, что, приступая к разрешению системной проблемы, невозможно установить реальный уровень потребного, поскольку не всегда известны возможности его удовлетворения, и наоборот – нельзя точно выявить возможности, поскольку они существуют не сам по себе, а стимулируются потребностями. Таким образом, для системно-аналитических исследований типовой является противоречивая проблемная ситуация, разрешимость которой связана с правильным урегулированием взаимных обратных связей между желаемым и возможным.

Способ, который предлагает теория системного анализа для разрешения противоречий такого рода, выражается формулой: если существо проблемы выступает инвариантом, а заказчик и исследователь имеют дело с его проекциями, отражающими их субъективные точки зрения, то процесс разрешения проблемы должен строиться таким образом, чтобы, не потеряв ее сути и не нарушив объективных ограничений, прийти к некоему компромиссному решению, учитывающему интересы сторон.

В практике системно-аналитических исследований эта формула реализуется различными способами, содержательная сторона которых зависит от специфики проблемы и особенностей изучаемого объекта. В то же время наиболее адекватной является схема исследования, основанная на концепции системного гомеостаза, изображенная на рис. 9.2, где приняты следующие обозначения: Р.1 – выделение проблемы, обуславливающей

необходимость проведения системно-аналитических исследований; Р.2 – концептуализация проблемы; Р.3 – установление критериев принятия решений; Р.4 – идеализация проблемы (упрощение до уровня, допускающего формализацию на базе существующих методов или их модификаций); Р.5 – декомпозиция проблемы и проведение модельных экспериментов; Р.6 – композиция результатов частных исследований; Р.7 – принятие решений, оформление и защита результатов исследования.

Реализация системного гомеостаза в соответствии с приведенной схемой выглядит следующим образом. Пусть проведено предварительное обследование объекта исследования и сформулированы цели исследования. Необходимо разработать и вы-

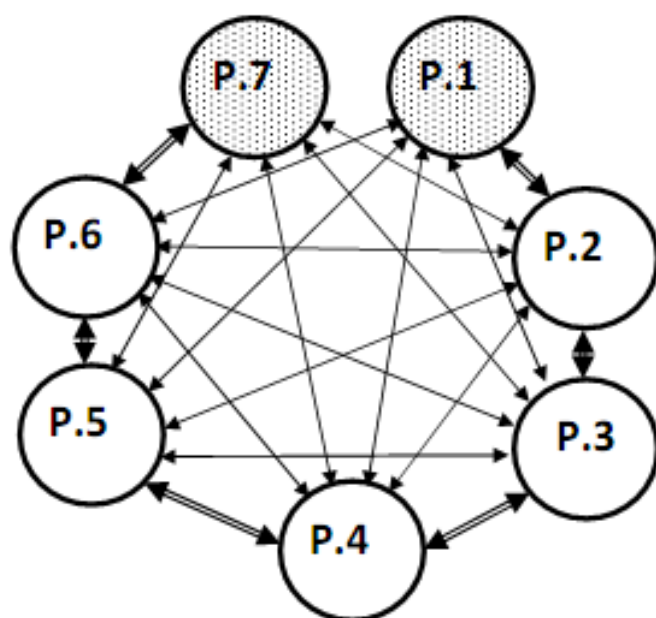


Рис. 9.2. Схема системно-аналитических исследований на основе концепции системного гомеостаза

брать вариант решения проблемы, удовлетворяющий требованиям пользователя, то есть в первом приближении выделить проблему исследования и иметь альтернативные варианты ее решения. А для сопоставления альтернативных вариантов и хотя бы самого поверхностного выбо-

ра из них предпочтительного нужно установить соответствующие критерии. Таким образом, оказывается, что, приступив к выполнению операции Р.1, нельзя получить никаких достаточно обоснованных результатов, не начав одновременно с ней выполнять вторую операцию и т.д. При этом необходимо учитывать, что в процессе системно-аналитических исследований практически все решения принимаются в условиях дефицита информации

об объекте исследования. Но, получив для некоторой проблемы определенное решение и дополнительные исходные данные, необходимо проверить, как такое решение может сказаться на решении предыдущих подпроблем. Вышеизложенное поясняет смысл соединения на рис. 9.2 всех операций между собой разнонаправленными стрелками – по крайней мере, теоретически все операции должны решаться параллельно и во взаимосвязи, а это не что иное, как организация, управление и реализация разнообразных итерационных процедур из всего многообразия, характеризующегося указанной схемой.

На первый взгляд может показаться, что выполнять параллельно и во взаимосвязи семь операций труднее, чем осуществлять их поочередно. Но в процессе системного гомеостаза должна реализовываться взаимозависимость операций и на этой основе должно находиться их рациональное взаимное согласование. А это означает, что при поочередном их решении нужно для каждой подпроблемы искать полное множество решений, а затем подбирать такие из них, которые взаимно согласуются одновременно для всех семи подпроблем. При таком способе приходится выполнять полный перебор огромной массы вариантов, который невозможно реализовать в более или менее приемлемые сроки даже с использованием самых быстродействующих компьютеров. При совместном же решении подпроблем последние взаимно ограничивают области возможных решений, исключая необходимость анализа основной массы альтернатив как нерациональных и, сокращая тем самым объем перебора.

На практике схема системно-аналитических исследований на основе принципа гомеостаза реализуется различными способами, содержательная сторона которых во многом зависит от специфики проблемы и особенностей изучаемого объекта. В то же время можно выделить то общее, что характерно для любого системного исследования – это этапность, цикличность и итеративность, в совокупности позволяющие синтезировать известные подходы к изучению систем от целого к частям (надсистема

→ система → компоненты → элементы) и от частей к целому (элементы → компоненты → система → надсистема).

Этапность. Процесс разрешения системной проблемы реализуется не одноактно, а разделяется на ряд последовательных этапов так, чтобы ими охватывался весь жизненный цикл системы. Типичным примером поэтапного представления процесса разрешения системной проблемы может служить схема проектирование технических систем, изображенная на рис. 9.3.

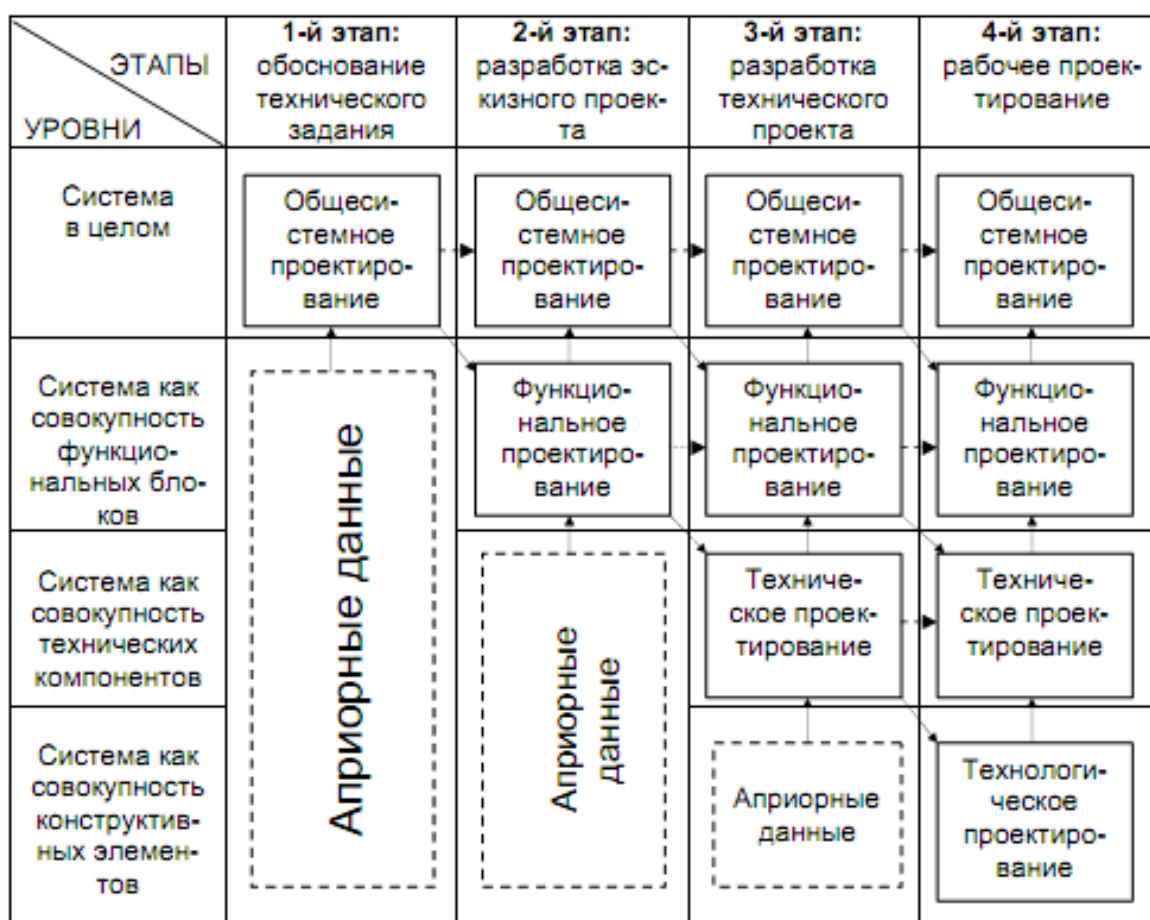


Рис. 9.3. Схема поэтапного разрешения системной проблемы на примере проектирования технической системы (фрагмент)

Как видно из этого рисунка, проектирование систем этого класса подразделяется на обоснование технического задания (первый этап), разработку эскизного проекта (второй этап), разработку технического проекта (третий этап) и рабочее проектирование (четвертый этап).

Содержание этих этапов закреплено в соответствующих ГОСТах, и разработчики технических систем руководствуются

этими документами в своей практической деятельности. В других проблемных областях количество и содержание этапов иное. Важен принцип – каждый этап соответствует определенной точке зрения на объект изучения, причем с переходом от этапа к этапу происходит углубление в существо проблемы и повышается детальность описания связанных с ней явлений. Для иллюстрации сказанного, в приложении «Д» рассматривается поэтапная схема конкурсного управления региональными проектами по охране окружающей среды.

Цикличность (от греч. *kuklos* – колесо, круг, кругооборот) предполагает организацию процесса разрешения системной проблемы на каждом из выделенных этапов в виде совокупности типовых операций, выполнение которых дает некий законченный результат, позволяющий заказчику принять промежуточное или окончательное решение. Так, если возвратиться к проектированию технических систем, то полный цикл анализа включает типовые операции общесистемного, функционального, технического и технологического проектирования. Соответственно, результатами цикла являются: техническое задание (на первом этапе), эскизный проект (на втором этапе), технический проект (на третьем этапе) и рабочий проект (на четвертом, заключительном этапе) на создание системы. Эти результаты, оформленные соответствующим образом, предоставляются заказчику, который рассматривает их и использует для обоснования принимаемых решений.

Итеративность (от лат. *iteratio* – повторение) предусматривает неоднократное повторение типовых операций анализа с постепенным уменьшением доли априорных данных и наращиванием объема апостериорных данных. На первом этапе проблема рассматривается как целостный концептуальный объект, заданный своими входами и выходами; все его свойства определены располагаемыми априори исходными данными. Главная задача состоит в установлении взаимосвязей анализируемой проблемы с другими проблемами и в получении прогнозных оценок, позволяющих заказчику принять решение. В частном

случае это могут быть оценки типа «эффективность – стоимость» или «выгода – затраты». На последующих этапах проблема последовательно разукрупняется и представляется в виде совокупности частных задач, связанных по входам и выходам так, что бы их совместное решение позволяло разрешить проблеме целиком.

Особенность схем системного анализа, построенных на принципах этапности, цикличности и итеративности, состоит в том, что в общем случае они не формализуемы и сами по себе не гарантируют сходимости процесса исследований, то есть нахождения устойчивого компромисса, удовлетворяющего как запросам заказчика, так и возможностям исследователя. По сути, такой путь разрешения системной проблемы следует назвать самоорганизующимся, то есть многовариантным исследовательским процессом, развитие которого происходит не по установленной заранее жесткой программе, а согласно тем реальным данным, которые удастся получить на каждом его шаге. Важным является то, что любое системное исследование всегда уникально и не может осуществляться без дополнения индивидуальным творчеством исследователей.

9.4. Целевая иерархия, предпочтения, критерии выбора

Целевая иерархия. Проведение конструктивных системно-аналитических исследований возможно только при определенной и однозначно сформулированной цели в форме ее четкого задания на качественных или количественных шкалах. Основным методом решения этой задачи является так называемая квантификации целей как разновидность широко распространенного приема декомпозиции применительно к категории «цель исследования». Квантификация целей – это последовательное расчленение глобальной цели исследования систем на подцели разных уровней, и формирование таким способом системной иерархии целей и подцелей (частных целей). Как пра-

вило, такая операция осуществляется путем реализации алгоритма, представленного на рис. 9.4.

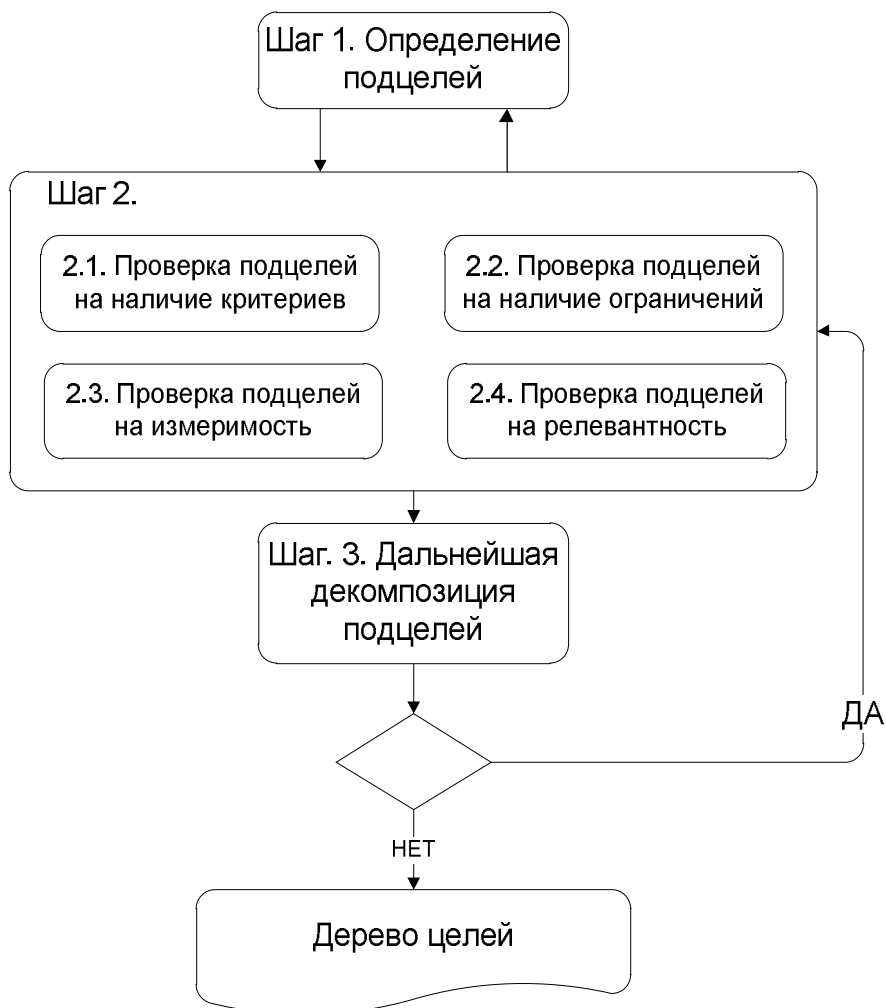


Рис. 9.4. Алгоритм квантификации целей при проведении системно-аналитических исследований

Первый шаг квантификации делается для того, чтобы: а) уточнить конечную цель исследования (на практике это – начальная фаза работы заказчика и исполнителя по формированию технического задания на предстоящую научно-исследовательскую работу); б) определить подцели исследований, то есть выделить совокупность задач, совместное выполнение которых позволит достичь цели системно-аналитических исследований.

На втором шаге каждая из выделенных подцелей проверяется на наличие критериев и ограничений, а также на измеримость и релевантность. При этом проверка на релевантность означает оценку вклада данной подцели в достижение вышестоящей це-

ли. Если такой вклад пренебрежимо мал, то данная подцель исключается из рассмотрения (и из иерархии).

Третий шаг предполагает дальнейшую декомпозицию подцелей исследования. Если такая операция возможна, то осуществляется возврат к шагу 2, но уже с новыми (более детальными) подцелями.

Циклическое повторение такого алгоритма продолжается до тех пор, пока подцели самых нижних уровней не будут удовлетворять четырем условиям: наличию критерия выбора, ограничений на выбор, измеримости и релевантности.

В результате совокупность целей исследования приобретает форму «дерева», которое может быть построено либо «корнями вниз», либо «кроной вверх».

Предпочтения. При определении рационального уровня квантификации, как это ясно из предыдущего, большую роль играет измеримость целей, рассматриваемая как свойство, которое обеспечивает выбор лучшей системы на некотором множестве $\{^0S_i\}$.

Для пояснения основных правил такого выбора рассмотрим ситуацию, когда задано множество $^0S = \{^0S_i\}$ систем одного целевого назначения «А» или, что то же самое, предназначенных для достижения цели «А». Для любой пары 0S_i и 0S_j из 0S установлено одно из следующих соотношений: 1. $^0S_i \overset{A}{\succ} ^0S_j$, где символ $\overset{A}{\succ}$ означает «предпочтительнее по отношению к цели «А»»; 2. $^0S_i \overset{A}{\prec} ^0S_j$, где символ $\overset{A}{\prec}$ означает «менее предпочтительно по отношению к цели «А»»; 3. $^0S_i \overset{A}{\sim} ^0S_j$, где символ $\overset{A}{\sim}$ означает «эквивалентно по отношению к цели «А»»; 4. $^0S_i \overset{A}{\nprec} ^0S_j$, где символ $\overset{A}{\nprec}$ означает «несравнимо по отношению к цели «А»» (случай, когда невозможно установить для сравниваемых систем ни одно из указанных выше соотношений).

Очевидно, что 1-4 образуют полное множество возможных исходов попарного сравнения систем из множества $\{^0S_i\}$.

Цель «А» считается измеримой, если для любой $^0S_i \in ^0S$ существует $^0S_j \in ^0S$ такая, что для 0S_i и 0S_j выполняется одно из соотношений $^0S_i \overset{A}{>} ^0S_j$, $^0S_i \overset{A}{<} ^0S_j$ или $^0S_i \overset{A}{\sim} ^0S_j$, но в 0S нет таких пар, что $^0S_i \overset{A}{\neq} ^0S_j$. Если же для пары 0S_i и 0S_j при соблюдении любого из предпочтений 1...3, допускается также и соотношение 4, то такая цель будет частично измеримой.

Простейший способ сравнения и выбора наилучшей по отношению к некоторой цели системы из множества 0S может быть иллюстрирован с помощью графов, показанных на рис. 9.5.

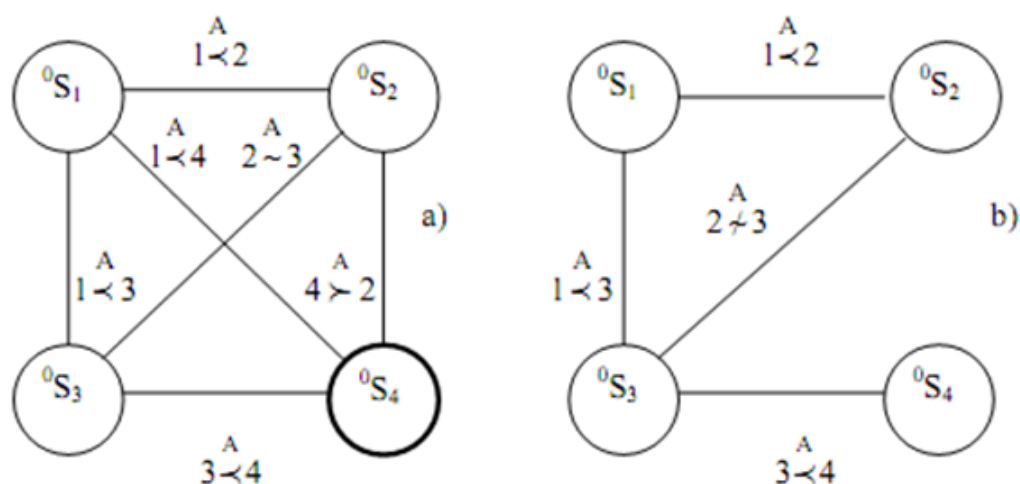


Рис. 9.5. Сравнение систем с помощью размеченного графа

На этих графах вершины – это системы из множества 0S , а ребра – установленные отношения $\overset{A}{>}$, $\overset{A}{<}$, $\overset{A}{\sim}$ или $\overset{A}{\neq}$.

Граф «а» отражает ситуацию измеримости цели «А», а неполный граф «b» отражает ситуацию частичной измеримости цели «А», так как отношения предпочтительности на нем установлены не для всех пар вершин (не для всех 0S). В обоих случаях сопоставляются четыре системы, но в первом случае («а») лучшая система по отношению к рассматриваемой цели выделя-

ется (это – 0S_4), а во втором («b») оказывается, что некоторые системы несравнимы.

Критерии выбора. Построение и анализ подобных графов помогают при небольшом количестве сравниваемых систем. Но уже в случае, когда множество сопоставляемых систем более десяти, приходится устанавливать отношения предпочтительности для более 45 пар систем и анализ становится громоздким. Поэтому более удобным оказывается введение и использование понятия количественно измеримой цели. С этой целью для множества сравниваемых систем $\{{}^0S_i\}$ необходимо задать вещественную функцию $U({}^0S_i)$, сохраняющую упорядочение вида

$${}^0S_i \overset{A}{\succ} {}^0S_j \Rightarrow U({}^0S_i) > U({}^0S_j). \quad (9.1)$$

Логика определения такой функции сводится к следующему. Если функция $U({}^0S)$ по определению вещественная, то всегда можно определить положительные приращения этой функции ($\varepsilon > 0$) и, следовательно, можно построить некоторую функцию $f(\varepsilon)$ от этих приращений. Если значения функции $U({}^0S)$ определить так, что функция $f(\varepsilon) = P({}^0S_i \overset{A}{R_i} {}^0S_j): U({}^0S_i) - U({}^0S_j) = \varepsilon$ позволяет вычислить для каждого $\varepsilon > 0$ вероятность P существования на множестве 0S отношения R_i (либо $\overset{A}{\succ}$, либо $\overset{A}{\prec}$), или, иными словами, вероятность истинности для всех $\{{}^0S_i, {}^0S_j\} \in {}^0S$ утверждения $(U({}^0S_i) - U({}^0S_j) = \varepsilon) \Rightarrow ({}^0S_i \overset{A}{R_i} {}^0S_j)$, то в таком случае $U({}^0S)$ есть критерий, характеризующий соответствие систем 0S_i и 0S_j цели «А» (при этом необходимо, чтобы $f(\varepsilon)$ не убывала).

С учетом сказанного, простейший способ построения функции $U({}^0S)$ сводится к тому, что для области значений ε выделяется некоторое множество точек $\{\varepsilon_m\}$, $m = \{1, 2, \dots, M\}$ и для каждого ε_m указывается величина P – вероятности того, что имеет место $\langle {}^0S_i \overset{A}{R_i} {}^0S_j \rangle$, то есть системы 0S_i и 0S_j связаны отношением R_i . Ситуация, когда о системах 0S_i и 0S_j известно только то, что для них $U({}^0S_i) - U({}^0S_j) = \varepsilon$, означает, что $P = f(\varepsilon)$ и искомая функция $f(\varepsilon)$ аппроксимируется по M точкам.

Если учесть, что ε это – приращение критерия при переходе от 0S_i к 0S_j , а $f(\varepsilon) = P({}^0S_i R_i {}^0S_j)$ – вероятность справедливости утверждения, что ${}^0S_i R_i {}^0S_j$, то $f(\varepsilon)$ есть количественная (в виде значения вероятности) мера того, как критерий $U({}^0S)$ описывает существующее на множестве 0S отношение предпочтительности R_i . Это дает основание назвать $f(\varepsilon)$ функцией доверия данного критерия.

Рассуждая аналогично: если из множества возможных значений ε выбрать одно конкретное значение ε_ξ , то вычисленное для него значение функции $f(\varepsilon_\xi)$ несет всю информацию о критерии. Значение функции доверия для заданного приращения значения ε_ξ называется представительностью критерия $U({}^0S)$.

Значит, если для некоторого значения ε_ξ справедливо неравенство $U({}^0S_i) - U({}^0S_j) \leq \varepsilon_\xi$, то системы 0S_i и 0S_j по цели «А» на множестве 0S неразличимы между собой с заданной представительностью $f(\varepsilon_\xi)$, и поэтому приращение ε_ξ естественно назвать погрешностью критерия. Аналог величины ε_ξ в физике – погрешность измерения, а $f(\varepsilon_\xi)$ ассоциируется с чистотой эксперимента. В системном анализе эта аналогия продолжена так: отношения предпочтительности между системами нельзя устанавливать только по значению критерия без учета его представительности и погрешности. Всегда необходима проверка представительности и погрешности критерия, используемого для оценки систем: ε_ξ определяет «разрешающую способность» критерия и, следовательно, позволяет установить максимально допустимый уровень ошибок при вычислении его значений; $f(\varepsilon_\xi)$ позволяет судить о соответствии критерия цели «А».

По степени представительности критерии разделяются на представительные, косвенные и непредставительные. Определенный на множестве 0S критерий $U({}^0S)$ считается представительным, если $\lim_{\varepsilon \rightarrow \delta} f(\varepsilon) = 1$; косвенным, если $0,5 \leq \lim_{\varepsilon \rightarrow \delta} f(\varepsilon) < 1$, непредставительным, если $\lim_{\varepsilon \rightarrow \delta} f(\varepsilon) < 0,5$. Здесь δ соответствует

минимальному значению величины ε (δ и ε – только положительные), которое исследователь может учесть при установлении отношения предпочтительности на множестве 0S .

Представительный критерий гарантирует истинность отношений предпочтительности, установленных по такому критерию: если R есть отношение \succ , то лучшей системе будет соответствовать его максимальное значение (для отношения \prec – минимальное). Учитывая, что отношение R на множестве 0S определяет (устанавливает) исследователь совместно с заказчиком, более точным в данном случае будет утверждение: представительный критерий гарантирует согласованность с представлениями лиц, принимающих решение, отношений предпочтительности на определенном множестве систем.

Нетрудно заметить, что процедура оптимизации системы по единственному представительному критерию сводится к отысканию экстремума $U({}^0S_i^*) = \max_{{}^0S_i \in {}^0S} \min U({}^0S_i)$.

Эта формальная процедура обеспечена хорошо разработанными методами математической оптимизации, что порождает стремление свести задачу отыскания лучшей на множестве системы к такому виду. Но если при этом по той или иной цели максимизируются или минимизируются значения косвенного или непредставительного критерия, то создается неправильное впечатление о качествах оцениваемых систем, лучшей может быть признана даже неработоспособная система.

Из определения косвенного критерия видно, что для него

$$U({}^0S_i) - U({}^0S_j) \Rightarrow P({}^0S_i R_i {}^0S_j) > 0,5. \quad (9.2)$$

Это означает, что с вероятностью, не меньшей, чем $f(\delta)$, большему значению критерия соответствует лучшая система. Косвенный критерий тоже отражает отношения предпочтительности, установленные на множестве 0S , но если для представительных критериев связь между отношениями предпочтительности и значениями критериев является функциональной (детер-

минированной), то для косвенных критериев она носит вероятностный характер. Это существенно усложняет интерпретацию результатов сравнения систем по косвенному критерию, так как для любой системы выполнение условия (9.2) еще не означает, что она наиболее предпочтительна. Это условие утверждает лишь то, что с вероятностью $f(\delta)$ система имеет значение косвенного критерия в интервале $U(^0S_i) \pm \delta$. Чем меньше величина δ и больше $f(\delta)$, тем уже область, в которой следует искать предпочтительную систему.

Пока понятие критерия по единственной цели введено формально в предположении, что можно найти упорядочивающую функцию $U(^0S_i)$. Не касаясь возможностей и способов отыскания $U(^0S_i)$, продолжим обсуждение перехода от цели к критерию эффективности по этой цели.

Прежде всего, необходимо иметь в виду связь между целью «А» и критерием эффективности системы по этой цели: являясь заключительной стадией однозначного определения цели, формирование критерия влияет на интерпретацию свойства системы, представляемого целью «А» и, что еще важнее – на результирующую оценку эффективности системы по этой цели. Так, если цель «А» является количественно измеримой целью нижнего (корнями вниз) уровня дерева целей, то критерием эффективности по такой цели может быть только количественная мера измерения этой цели и никаких вопросов или проблем при этом не возникает. Но если некоторая цель «А» или нестабильна или без специальных мер неизмерима количественно, то именно выбором и формированием показателя эффективности она «доводится» до однозначности и определенности. Например, экономичность любого производства может оцениваться на базе показателей производительности оборудования или себестоимости продукции. При этом как способ, так и результаты оценки такого производства-системы будут несовпадающими. Выбор критерия изменяет интерпретацию свойств системы.

9.5. Порог действия

Существование порога действия – фундаментальное свойство процессов, протекающих в нашем мире. Так, из физики известно, что для перехода электрона на орбиту с более высокой энергией требуется сообщить ему энергию, не меньшую $\Delta E = h\nu$, где h – постоянная Планка (квант действия), равная $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж.сек, ν – частота света. Для того чтобы вода закипела (перешла в парообразное состояние), необходимо довести ее температуру при нормальном атмосферном давлении до 100^0 С. По существу такая же пороговая закономерность наблюдается в биологических системах: муравьи и пчелы образуют жизнеспособную семью-систему только при достижении определенного количества особей.

В системно-аналитических исследованиях эмпирически обнаруженная закономерность о существовании порога действия обобщается и формулируется так: для изменения состояния системы необходим прирост действия, превосходящий некоторый порог, – квант (от лат. *quantum* – сколько), который является в общем случае функцией количества определенного вещества, количества энергии определенного качества и информации определенного качества и количества.

Знание порогов может служить основанием для стратификации изучаемых объектов. Так, например, при изучении каналов радиосвязи различают две основные страты. Первая соответствует случаю, когда отношение энергии полезного сигнала к энергии мешающего шума (помехи) превышает некоторую величину, называемую коэффициентом подавления. Вторая страта имеет место, когда это отношение меньше коэффициента подавления. На первой страте канал радиосвязи описывается и изучается методами статистической радиотехники, на второй – методами теории радиоэлектронного конфликта. Другой пример. В физике используется такое понятие, как волна де-Бройля: $\lambda =$

\hbar/mV , где m – масса объекта, V – скорость. Это своего рода порог, разделяющий физические объекты на две страты: волновую и корпускулярную. Корпускулярными представляются объекты, период внутренних колебаний которых много больше длины волны де-Бройля. Движение таких объектов адекватно описывается формулами классической (ньютоновской) механики. Для объектов, у которых период внутренних колебаний меньше или сравним с длиной волны де-Бройля, характерно проявление волновых свойств (интерференции, дифракции и других). Здесь законы классической механики нарушаются. Поэтому для описания движения таких объектов используются формулы квантовой механики или электромагнитной динамики.

Существование порогов действия позволяет не только стратифицировать изучаемые объекты, но и устанавливать области их устойчивого функционирования. Так, если $O(a,b,c)$ есть точка равновесия некой системы, заданная в трехмерном пространстве состояний (x,y,z) , то область устойчивости может быть задана сферой: $(x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 = R^2$, где R – условный порог устойчивости.

В том случае, когда система обладает единственной областью устойчивости, с превышением отклоняющего воздействия ξ порога R ($\xi > R$) происходит нарушение ее функционирования в том смысле, что она уже не может вернуться в точку равновесия. Если отклоняющее воздействие не превосходит порог $\xi < R$, то функционирование системы не нарушается, она возвращается в точку своего равновесия. При наличии у системы нескольких областей устойчивости, она под отклоняющими воздействиями может либо перейти в другую устойчивую область (при $\xi > R$), либо вернуться в прежнюю точку равновесия (при $\xi < R$). Система, у которой существует одна единственная область устойчивости, называется системой с сильной или глобальной устойчивостью. Система, обладающая множеством устойчивых областей, в каждую из которых она способна переходить в результа-

те отклоняющих воздействий, называется системой со слабой или локальной устойчивостью. По всей видимости, в природе не существует систем с областями сильной устойчивости. Такая система, скорее всего, – абстракция. Однако подобное абстрагирование часто встречается в практике системных исследований. Это связано, прежде всего, с недостаточной изученностью объекта, когда по той или иной причине не представляется возможным провести его стратификацию и установить весь спектр областей устойчивости (за исключением одной очевидной области, явно проявившей себя).

Конечно, можно предположить, что существование порогов действия – не более чем иллюзия: достаточно увеличить детальность изучения процесса, ввести более мелкий масштаб, и пороги исчезнут сами собой. Однако более убедительной и конструктивной представляется иная точка зрения, согласно которой всем взаимодействиям присуща иерархия в порогах действия, обусловленная дискретностью, а точнее, бинарностью устройства нашего мира. Любая, сколь угодно подробная, детализация образующих его объектов приводит лишь к появлению новых порогов действия, но не исключает их вовсе.

9.6. Внешняя связанность

При системно-аналитических исследованиях, помимо внутренней связанности, выделяют внешнюю связанность, то есть отношения, связи и взаимодействия изучаемой системы с окружающей ее средой. Среда в свою очередь рассматривается как система высшего эшелона, то есть в качестве надсистемы по отношению к данной системе. В такой трактовке среды – надсистемы важно учитывать, что она представляет собой некоторое множество систем, каждая из которых по-своему взаимодействует с системой – объектом анализа. Выделяют четыре ситуативных класса такого взаимодействия: содействующее, нейтральное, противодействующее и смешанное. Содействующе-

щей выступает среда, которая оказывает положительное влияние на функционирование и развитие системы, способствуя достижению ее целей и повышению эффективности. Противодействующая среда, наоборот, подавляет функционирование и снижает эффективность системы, препятствуя достижению целей. В случае нейтральности среда не оказывает непосредственного воздействия на систему, но и тогда необходимо учитывать ее присутствие, так как нейтральность есть неустойчивое состояние, в котором формируются условия, обуславливающие переходы к содействию или противодействию. Для смешанной среды характерны все перечисленные выше варианты ее влияния на систему.

Учет влияния среды на функционирование изучаемой системы является необходимым компонентом любого системно-аналитического исследования. В теории системного анализа эта проблема считается не формализуемой в том смысле, что не существует универсальных методов учета влияния среды применительно к любой системе. По большей части здесь приходится опираться на искусство, опыт и научную интуицию исследователя. Вместе с тем, практикой выработаны следующие полезные правила, следование которым позволяет если не избавиться от ошибок, то, по крайней мере, сократить их количество:

При анализе данной системы в качестве объекта изучения должна рассматриваться не только она сама, но и ее окружение (среда). При этом распределение усилий, оцениваемое, например, по времени, затрачиваемому на изучение названных объектов или выделяемым финансовым средствам, должно соотноситься как один к одному. Это значит, что не самое худшее решение системной проблемы может быть достигнуто только при равнопрочном анализе, как ее внутреннего содержания, так и сопутствующих обстоятельств.

Слишком большое количество отношений, связей и взаимодействий между системой и средой свидетельствует о том, что на самом деле исследуется не система, а нечто другое, например,

какой-либо ее компонент или несколько тесно связанных систем. Такое положение сигнализирует о неверной постановке данного научного исследования и о необходимости уточнения исходной постановки задачи. Иначе говоря, требуется дополнительная структуризация проблемы, переопределение системы и проведение повторных исследований.

Все возможные воздействия среды на изучаемую систему должны быть типизированы, сведены в некоторые группы по признаку общности ожидаемого эффекта влияния на систему. Для этого весьма полезно использовать принцип, предложенный А.Д. Армандом [Флейшман, 1982], суть которого заключается в разделении всех воздействий среды на три класса: константы, существенные и шумы. Константой по отношению к данной системе выступает воздействие, для которого выполняется соотношение: $\Delta X_B / \Delta t \ll \Delta X_A / \Delta t$, где ΔX_A , ΔX_B – существенное приращение параметра, характеризующего системный процесс и воздействие среды соответственно, Δt – характерное время, имеющее порядок среднего времени существования системы. Воздействие среды, для которого $\Delta X_B / \Delta t \approx \Delta X_A / \Delta t$, следует рассматривать как существенно влияющее на функционирование изучаемой системы. И, наконец, то воздействие среды, для которого $\Delta X_B / \Delta t \gg \Delta X_A / \Delta t$, выполняет для системы роль «шума».

9.7. Принятие решений

Принять решение – означает ответить на возникшие вопросы по поводу линии поведения в определенной проблемной ситуации. Проблема в том, что отвечать на эти вопросы можно по-разному. Обычно решение трактуется как выбор наилучшей линии поведения, сообразуясь с определенным критерием или совокупностью критериев. На поддержку принятия решений в таком их понимании направлены почти все оптимизационные методы, модели и алгоритмы.

Такая достаточно узкая трактовка категории решения в системно-аналитических исследованиях становится неприемлемой. Поясним, в чем здесь дело?

В системном понимании решение – это многослойный итеративный информационный процесс, инициируемый проблемной ситуацией, предшествующий действию и включающий

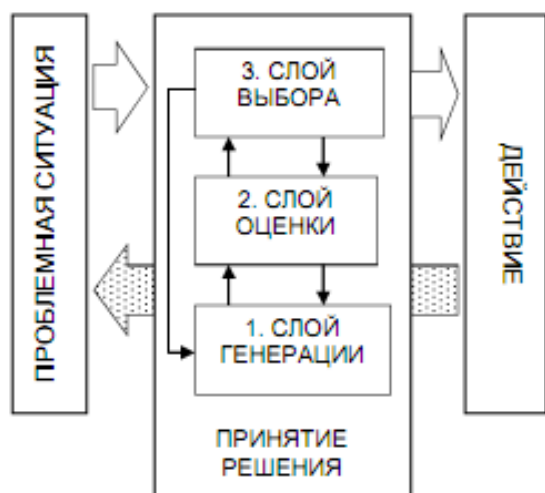


Рис. 9.6. Системное представление процесса принятия решения

ной ситуацией, предшествующий действию и включающий (рис. 9.6):

1. Слой генерации, предполагающий выполнение операций по идентификации проблемной ситуации, оценке имеющихся ресурсов, определению ограничений и допустимых целей действия, а также потенциальных способов их достижения, в совокупности

позволяющих ответить на вопросы «В чем заключается суть проблемы?», «Что есть правда?» и «Как можно действовать в сложившейся ситуации?».

2. Слой оценки, включающий операции по определению критериев эффективности и моделированию предстоящих действий с целью оценки исходов и последствий, совместно позволяющих ответить на вопросы «Какой эффект следует ожидать от реализации того ли иного решения?» и «Чего не следует делать, чтобы не совершить ошибки?».

3. Слой выбора, включающий операции по обсуждению оснований, говорящих «за» или «против» той или иной линии поведения, и собственно акт принятия решения, отвечающий на вопросы «Как лучше действовать?»

Такое понимание процесса принятия решения позволяет по-новому взглянуть на его обеспечение научными методами и средствами. Оказывается (и это подтверждается опытом исследовательских работ), что многочисленные ошибки в проектной и

научной деятельности обусловлены не просчетами выбора и анализа, а являются следствием ограниченности базы альтернативных вариантов разрешения проблемы, неполным пониманием ее сути. Именно в слое генерации сосредоточено узкое звено принятия решения, менее всего обеспеченное моделями, алгоритмами и программными средствами.

Системный взгляд на процесс принятия решений смещает акценты в прикладных задачах анализа систем. Первостепенной становится концептуализация проблемы, ее многоаспектное представление и моделирование, а разработка алгоритмов и методов выбора альтернативных линий поведения уходит на второй план. Этим самым существенно расширяется точка зрения на поддержку принятия решений, развиваемая в теории ожидаемой полезности [Нейман, Моргенштерн, 1970; Райфа, 1977; Фишберн, 1978; Ларичев, 1979]. Она не ориентирована на глубокое проникновение в специфику и существо решаемой проблемы, а опирается на формальные аксиомы предпочтительности и универсальные алгоритмы многокритериального выбора. Теория ожидаемой полезности хороша там, где принимаются простейшие по своей структуре решения с очевидными альтернативами, но она не способна ответить на главный вопрос: откуда берутся эти самые альтернативы.

С пониманием структурной сложности процесса принятия решения наметилась устойчивая тенденция трансформирования западного научного менталитета в сторону его сближения с восточным менталитетом, для которого всегда было характерно акцентированное внимание не к вопросам выбора, а к всестороннему изучению всего комплекса обстоятельств, предшествующих акту выбора альтернатив. *«Когда японцы говорят о «принятии решения», они имеют в виду нечто существенно иное, чем американцы или вообще люди на Западе. В японском менеджменте ответ на вопрос является делом вторичным, главное же состоит в выявлении сути проблемы, ее концептуализации и формулировании»* [Drucker, 1971].

Конечно, человек способен принимать сложные и ответственные решения еще и на основе интуиции, то есть, не пользуясь логическими или какими-либо другими обоснованиями. Интуиция – это мощный природный механизм, позволяющий человеку принимать разумные решения и действовать рационально в совершенно неопределенных проблемных ситуациях. Однако и в этом случае теория системного анализа может быть полезной, выступая стимулятором интуитивного акта и поставляя необходимые для этого исходные данные.

Наука пока не вскрыла сущностных сторон и механизмов интуиции, но установлено, что интуитивное озарение не возникает из «ничего». Ему предшествует глубокое и целенаправленное обследование проблемной ситуации, ее комплексный анализ и мысленное моделирование, а этому надо научиться. Иначе интуиция позволит в любой проблеме разглядеть только то, что мы ожидаем и надеемся увидеть.

Системная точка зрения требует введения соответствующей классификации решений. Рассмотрим один из возможных вариантов такой классификации.

По своей структуре решения могут быть *элементарными* и *системными*. Элементарными в структурном отношении являются решения, состав которых не раскрывается или не может быть раскрыт в силу различных причин. Они задаются только своими «входами» и «выходами». Из этих решений формируются системные решения, представляющие собой совокупность элементарных решений, связанных различными отношениями. Не следует, однако считать, что элементарные решения просты и всегда легко принимаются. Приведенное деление отражает только тот факт, что решения, названные элементарными, выступают компонентами более общей системы. Элементарные решения могут оказаться очень ответственными в смысле влияния на конечный результат управления; и напротив, сложное решение может практически не влиять на управляемый процесс. Кроме того, любое системное решение может быть «свернуто» в

элементарное, и рассматриваться как составная часть некоторой надсистемы решений.

В зависимости от типа отношений решения подразделяются на *управляющие, согласующие и координирующие*. Управляющие решения принимаются непосредственно по отношению к управляемым процессам и определяют область их допустимых характеристик. Согласующие и координирующие решения формально не имеют прямого отношения к управляемым процессам, они направлены на изменение (уточнение) области допустимых значений управляющих решений с целью устранения возможных вредных связей и усиления полезных связей в интересах обеспечения наибольшей эффективности всей системы. Различие между ними состоит в следующем. Согласующие решения принимаются либо элементами одного уровня иерархии (один из которых является инициатором согласования), либо элементами различных уровней по указанию старшего начальника. Принятие же координирующих решений всегда является прерогативой старшего начальника.

По своему содержанию решения подразделяются на *информационные, оперативные и организационные*. Информационные решения определяют какие данные, необходимые для управления, следует считать истинными в данной ситуации. Они отвечают на вопрос: «что есть правда» и предшествуют оперативным и организационным. Оперативные решения устанавливают рациональные управления в конкретных условиях и отвечают на вопрос: «как действовать». Организационные решения соответствуют вопросу: «каким быть», и определяют состав и структуру организации или ее части.

По тому, сколько лиц участвует в процессе выработки решений, они подразделяются на *индивидуальные и коллегиальные*. Индивидуальные решения принимаются одним лицом, которое и несет персональную ответственность за результаты его реализации. Коллегиальные решения принимаются группой лиц с использованием различных процедур, в частности таких как: все

«за»; никто не «против»; более 2/3 «за» и др. При этом ответственность за реализацию принятого решения возлагается на тот коллектив, который принимал решение. В этом случае ответственность как бы «размазывается» между членами коллектива, и найти «виновного» подчас становится невозможным.

9.8. Виды неопределенностей при проведении системно-аналитических исследований и способы их учета

Практически любое системно-аналитическое исследование сопряжено с двумя видами неопределенностей: фундаментальной (или квантовой) и утилитарной (или практической).

Фундаментальная неопределенность связана с тем, что для любых взаимодействий характерен порог действия, ниже которого эффект вещественного, энергетического или информационного действия не проявляется (см. раздел 9.5). Обнаруживается фундаментальная неопределенность в том, что измерение значения двух и более параметров изучаемой системы с точностью, превышающей определенный уровень, невозможно.

Строгая лингвистическая формулировка фундаментальной неопределенности такова: максимальная точность определения (измерения) количественно описываемых свойств системы зависит от присущей данной системе области неопределенности, внутри которой повышение точности определения одного свойства влечет за собой снижение точности определения другого свойства [Кузнецов, 1994].

Наглядно проявление этой неопределенности можно продемонстрировать на примере такой системы, как радиолокатор. Из теории радиолокации известно, что невозможно одновременно определить дальность и скорость лоцируемого объекта с точностью, превышающей некоторый порог, зависящий от вида сигнала, применяемого в данном радиолокаторе. Так, при использовании частотно-модулированного сигнала измеряется линейная функция от скорости и координаты объекта и, следовательно-

но, точность оценки величины этой функции следует рассматривать как системный инвариант, ограничивающую точность совместного определения дальности и скорости.

Этот пример наглядно демонстрирует природу фундаментальной неопределенности. Она состоит в том, что измеряемая величина, являющаяся количественным выражением свойства изучаемой системы, влияет через внутрисистемный инвариант на другие ее свойства. В результате наблюдается нечто, подобное закону сохранения применительно к измерению параметров системы: точность измерения зависимых параметров системы – величина постоянная. В результате, чем точнее измеряется один параметр, тем большая погрешность возникает при измерении другого взаимосвязанного параметра.

Практическим следствием существования фундаментальной неопределенности является необходимость выявления, изучения и учета всех инвариантов исследуемой системы, то есть тех ее параметров, величины которых не зависят от выбора пространства, метрики и системы координат (в физике это: сила, скорость, напряжение, токи т.п.).

Фундаментальную неопределенность нельзя ликвидировать, так сказать «силовым» способом, но ее можно учесть как при проведении системно-аналитических исследований, так и при интерпретации их результатов. Так, например, при расчете сметной стоимости строительных проектов в условиях рыночной экономики, следует исходить из того, вследствие неопределенности состояния рынка стройматериалов, погрешность такого расчета составит не менее 15-20%, как правило, в сторону увеличения. Попытки уменьшить эту погрешность инструментальными или какими-то другими средствами приводят лишь к тому, что возрастают погрешности определения других параметров данного проекта (в частности, таких как фактический срок его завершения, качество выполнения строительно-монтажных работ и т.п.).

Под *утилитарной неопределенностью* при проведении системно-аналитических исследований понимают отсутствие, неполноту, недостаточность у лица, принимающего решение, данных о конкретных характеристиках изучаемой системы и среды ее обитания. Эта неопределенность ситуативная по своей природе: она может присутствовать на одних этапах системно-аналитических исследований, и отсутствовать на других; одним системам она присуща, другим – несвойственна.

В зависимости от характера информированности лица, принимающего решение, различают следующие виды утилитарной неопределенности.

Вероятностная неопределенность – заключается в знании только распределения вероятности возможных значений некоторой характеристики системы, но не ее конкретного значения.

Интервальная неопределенность – заключается в знании не конкретного значения характеристики системы, а множества ее возможных значений в некотором ограниченном интервале.

Нечеткая неопределенность – заключается в знании только степени принадлежности значения характеристики системы к какой-либо величине или диапазону величин.

Другим признаком выделения видов утилитарной неопределенности служит характер влияния на нее субъекта, осуществляющего системно-аналитическое исследование. С этой точки зрения выделяют следующие виды неопределенности.

Объективная неопределенность – неполная информированность о характеристиках системы, влияющих на принятие решения, которую системный аналитик может учесть, но от которой он не может избавиться.

Субъективная неопределенность – неполная информированность о характеристиках системы, влияющих на принятие решения, возникающая вследствие специфичности восприятия данным системным аналитиком объекта исследования.

Третьим признаком выделения видов утилитарной неопределенности служит способ представления параметров, влияющих на принятие решения.

Параметрическая неопределенность – возникает тогда, когда неопределенность касается временных, энергетических, информационных, стоимостных, вещественных и других параметров исследуемой системы.

Игровая неопределенность – возникает вследствие неполной информированности о замыслах, намерениях и действиях сторон в конфликтующих системах.

Структурная неопределенность – имеет место тогда, когда неопределенность касается связей, взаимодействий и отношений как внутри изучаемой системы, так и с ее окружением.

Когда системные аналитики сталкиваются с утилитарными неопределенностями указанных типов, то они обычно оперируют следующими способами их учета и парирования (снятия):

- сознательно (или бессознательно) игнорируют существование неопределенностей, то есть принимают решения так, как будто неопределенностей не существует, предполагая при этом, что их учет будет осуществлен уже в реальных условиях;

- экспертным путем выбирают наиболее существенные с их точки зрения виды неопределенностей и используют соответствующие теории и математические структуры, ориентированные на учет выбранных видов неопределенностей;

- организуют лабораторные, натурные или машинные эксперименты, создавая или имитируя условия, максимально приближенные к реальным условиям, в ходе которых осуществляют всестороннюю или частичную проверку качества решений, по результатам которой осуществляют модернизацию изучаемой системы, а при необходимости и ее коренную реконструкцию.

Если исключить первый способ как недостаточно конструктивный с научной точки зрения, то следует признать, что остальные два способа имеют право на существование. Причем, с сугубо прагматической позиции наиболее эффективным будет

последний способ, позволяющий теоретически или экспериментально выяснить спектр неопределенностей и оценить их влияние на качество функционирования изучаемой системы. Вместе с тем, он обладает тем очевидным недостатком, что достаточно громоздкий и требует для своей реализации определенных финансовых и материальных затрат. Кроме того организация и проведение экспериментов значительно увеличивает сроки проведения системно-аналитических исследований, превращая исследовательский процесс в перманентную корректировку результатов, что тоже влечет за собой дополнительные затраты.

Учитывая сказанное, в практике системно-аналитических исследований реализуется комплексный подход к учету и снятию неопределенностей утилитарного типа. При этом упор делается на теоретические методы, а именно:

а) для учета и снятия вероятностной неопределенности используются экспериментальные распределения вероятностей или, в крайнем случае, их аппроксимации;

б) для учета и снятия ситуативной неопределенности осуществляется типизация внешних условий с последующим применением экспертных процедур для ранжирования их важности;

в) для учета и снятия нечеткой неопределенности используется аппарат теории нечетких множеств и логико-лингвистического моделирования;

г) для учета и снятия структурной неопределенности применяются специальные процедуры целевой декомпозиции организационных структур;

д) для учета и снятия игровой неопределенности используют аппарат теории игр.

Обратим внимание на то, что одним из способов парирования утилитарной неопределенности выступает прогнозирование. Однако если системный аналитик не обладает нужной квалификацией, то прогнозирование, осуществляемое им или под его руководством, может таковым и не быть. Связано это с тем, что зачастую происходит перепутывание прогнозирования с такими

родственными процедурами как «предсказание» и «предвидение», и исследователи не обращают особого внимания на, то с помощью какой из них были получены те или иные оценки будущего. Между тем применение каждой из них определяет не только специфику решения исследовательских задач, но и достоверность результатов их решения.

Предсказание можно определить как заключение о состоянии изучаемого процесса или объекта в будущем, основанное на последовательности некоторых правдоподобных суждений или интуитивных посылок.

Предвидение – это опережающее отображение состояния изучаемого объекта или процесса, основанное на познании законов развития природы и общества.

Прогнозирование – это процесс формирования суждения о вероятном состоянии изучаемого объекта или процесса в определенный момент в будущем и об альтернативных путях достижения этого состояния, основывающийся на анализе тенденций развития.

Различия между этими процедурами можно афористично, но не строго, выразить следующими формулировками:

- предсказание – это то, «что будет»;
- предвидение – это то, «что может быть»;
- прогнозирование – это то, «что вероятно будет».

Из приведенных определений следует:

а) предвидение включает в себя прогнозирование и предсказание, но оно не адекватно ни одному из них в отдельности;

б) каждая из этих процедур обеспечивает формирование у лиц, принимающих решение, определенных представлений (предположений) о будущем, но каждое из них формирует их по-разному и с разной достоверностью.

Соответственно, должны быть различными не только отношения системных аналитиков к предположениям, полученным в рамках предвидения, предсказания или прогнозирования, но и способы действия заказчика, опирающегося в своих реше-

ниях на эти предположения. При этом он может ориентироваться на следующее утверждение, неоднократно проверенное научной и житейской практикой. Наиболее достоверными являются результаты, полученные с помощью прогнозирования. Далее по уровню достоверности располагаются результаты, полученные с помощью процедуры предвидения. И замыкают эту линию результаты предсказания.

Резюме. В заключение отметим некоторые из недопустимых способов парирования неопределенностей при проведении системно-аналитических исследований.

Во-первых, фундаментальную неопределенность недопустимо подменять незнанием. Более того, необходимо отказаться от отождествления неизвестного и случайного. Незнестность можно со временем устранить, а фундаментальную неопределенность и случайность нельзя – это атрибуты любого системного исследования.

Во-вторых, существуют системы и процессы, по отношению к которым неприменимы процедуры предсказания, предвидения и прогнозирования. Это – хаотические системы и конфликтные процессы, обладающие ограниченным и, как правило, нечетким горизонтом прогноза, с превышением которого никакие методы не способны с приемлемой точностью определить состояние системы и установить характер развития процесса.

В-третьих, для парирования неопределенности недопустимо использовать результаты тестирования, даже в том случае, если для их обработки используются безукоризненные в математическом смысле методы. Памятуя, что любой тест обязательно опирается на какую-либо концепцию, накладывающую отпечаток, как на методику тестирования, так и на интерпретацию полученных данных. Поэтому демонстрируемые результаты тестирования только создают видимость объективности, на самом деле подтверждая лишь положения исходной концепции.

В-четвертых, при парировании любого вида неопределенности непозволительно опираться на мнение большинства, даже в

том случае, если это большинство представляет собой коллектив высококвалифицированных специалистов данного профиля. Памятуя при этом известные слова Иоганна Вольфганга Гёте: *«Нет ничего отвратительнее большинства»*.

ГЛАВА 10. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

10.1. Общие положения

Философской базой моделирования выступает теория отражения, точнее, исходный постулат об отражении как специфическом взаимодействии двух систем, в результате которого одна система воспроизводится в другой. В научных исследованиях свойство отражения получает форму взаимодействия реальности и исследователя (рис. 10.1). Реальность через органы чувствования воспринимается и воздействует на исследователя, в результате чего в его психике формируется модель (от фр. *modèle* – образец), которую он каким-либо способом воспроизводит на том или ином носителе информации. Далее он ее анализирует (изучает), а по результатам анализа принимает решение на совершение действия и дей-

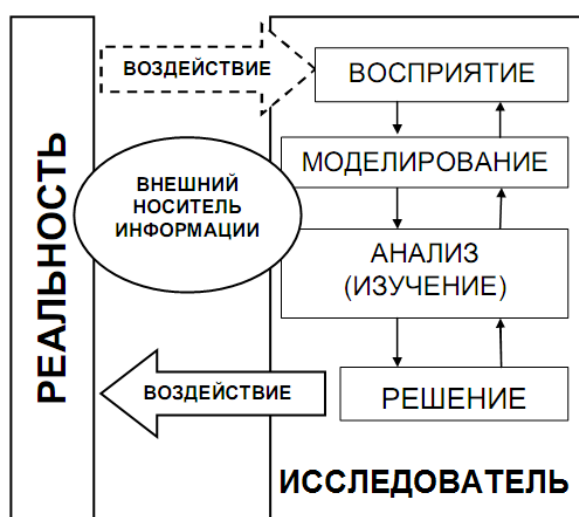


Рис.10.1. Место моделирования в структуре взаимодействия субъекта и реальности

ствует.

Таким образом, модель несет в себе информацию о реальности, воспринятую субъектом и выраженную им в форме мыслительной конструкции, рисунка, математической формулы, словесного текста, графического изображения, компьютерной

программы и т.д. Поэтому утверждается, что любая модель (независимо от способа ее выражения) субъективна по своему

содержанию. Это означает, что для одного и того же реального объекта можно построить совершенно разные модели, отражающие субъективный взгляд того или иного исследователя на объект изучения.

При проведении системно-аналитических исследований моделирование рассматривается как основной метод научного познания действительности, связанный с совершенствованием способов получения и фиксации информации об изучаемых объектах, а также с приобретением новых знаний на основе модельных экспериментов. В последние три десятилетия подавляющее количество моделей разрабатывается с использованием компьютерной техники и информационных технологий.

Исторически методу моделирования предшествовал метод научного эмпиризма (от греч. *empeiria* – опыт). Эмпирические исследования ограничиваются наблюдениями, сбором информации, классификацией изучаемых явлений и формулированием выводов на основе логических умозаключений. Эмпиризм и сегодня не потерял своего научного значения как метод, предвещающий и сопровождающий любое модельное познание. Вместе с тем, доминирование эмпиризма свидетельствует о застое в данном научном направлении, отсутствии новых конструктивных идей методологического плана, а зачастую и о консерватизме работающих в нем ученых и специалистов.

10.2. Краткий исторический экскурс

В своем историческом развитии метод моделирования прошел три основных этапа. Причем каждый последующий этап не отрицал, а дополнял и расширял предыдущий, включая в себя все то лучшее и конструктивное, что было достигнуто предшествующими исследователями.

Для первого (физикалистического) этапа характерно стремление построить модели не только простых, но и сложных систем на основе законов физики. Утвердившись в науке с середи-

ны XVII века, такой подход оказался чрезвычайно плодотворным при изучении вещественно-энергетических преобразований. Достаточно упомянуть такие продуктивные модели как:

- модель гармонического колебания, лежащая в основе электротехники

$$u(t) = U \cos(\omega t + \varphi), \quad (10.1)$$

где U – амплитуда; ω – частота; φ – начальная фаза;

- модель свободного колебания в идеальном контуре, составляющая с учетом различных модификаций теоретическую основу современной радиотехники

$$\frac{d^2 i}{dt^2} = -\frac{1}{LC} i, \quad (10.2)$$

где i – сила тока; L – индуктивность катушки; C – емкость конденсатора;

- модель Шрёдингера в квантовой механике, определяющая состояние микрочастиц в каждый момент времени t

$$i\hbar \frac{\partial \psi(x, y, z, t)}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(x, y, z) \right] \psi(x, y, z), \quad (10.3)$$

где $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; $\hbar = h / 2\pi$, h – постоянная Планка; $V(x, y, z)$ – потенциал сил, действующих на микрочастицу; $\psi(x, y, z, t)$ – функция пространственных координат и времени, определяющая состояние микрочастиц; m – масса частицы;

- модель Лотки-Вольтера в биологии, имитирующая динамику n -видовых биологических сообществ с любыми комбинациями возможных типов межвидовых взаимодействий

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i \left(r_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_j \right) (i = 1, \dots, n), \quad (10.4)$$

где β_{ij} – безразмерные коэффициенты, абсолютная величина которых характеризует интенсивность, а знак (> 0 , $= 0$, < 0)

направление влияние одного вида на другой и на самого себя, g – биотический потенциал популяций, x – плотности популяций; t – время.

Однако физикализм обнаружил свою несостоятельность при попытках познания структурно-поведенческих сторон процессов и явлений. Вера в простоту устройства нашего мира ушла ныне в невозвратное прошлое. Все объекты окружающей нас действительности демонстрируют системный многоуровневый принцип своей организации. С пониманием этого стала очевидной иллюзорность попыток объяснить мироустройство с помощью простых и изящных моделей типа указанных выше.

Второй (операционный) этап характеризуется прорывом математических методов в сферу модельных исследований. Методологическую основу моделей этого периода составила теория исследования операций со всеми ее многочисленными разделами: линейным, нелинейным, динамическим программированием, игровыми моделями, методом Монте-Карло, структурным моделированием, агрегативным подходом и др. При этом суть моделирования состояла в трансформировании реальной задачи в упрощенную имитационную или оптимизационную задачу, с последующим ее решением математическими методами. Как уже отмечалось, такой путь хотя и изящен с математической точки зрения, но фактически означает подгонку задачи под возможности метода, то есть предполагает доминирование метода над существом проблемы. С системной позиции такой подход не может быть признан конструктивным, так как получаемые при этом выводы и рекомендации справедливы только по отношению к созданной математической модели и приемлемы только тогда, когда данная модель является исчерпывающим представлением практической проблемы, что далеко не всегда соответствует действительности.

Третьему (системному) этапу свойственно два основных аспекта. Во-первых, объект моделирования рассматривается как система, а задача заключается в комплексном и всестороннем

изучении ее поведенческих аспектов с учетом внешнего окружения. Во-вторых, господствовавший ранее принцип экстремальности заменяется компромиссным принципом – поиском взаимноустраивающих решений на основе взаимных уступок. При этом экстремальность рассматривается не в узком (математическом) смысле, в ее широком диалектическом понимании – как никогда не прекращающийся процесс поиска компромисса между потребностями, возникающими в результате развития индивида и общества, и возможностями их удовлетворения на базе формирования новых гуманитарных, промышленных, экономико-финансовых и других технологий.

Методологическую основу построения моделей этого периода составил системный подход совместно с технологиями системного анализа. При этом постулируется, что изучаемый объект представлен в данном исследовании как система, если независимо от его субстанциональной сущности и физических размеров он идентифицируется по признакам расчленимости, целостности, связанности и неаддитивности, а само исследование относится к классу системных, если процедурно оно строится без нарушения положений этих признаков. Соответственно центр тяжести модельных исследований переместился от изучения свойств отдельных компонентов системы к исследованию связей между ними, и выявлению на этой основе эмерджентных качеств изучаемого объекта.

Такая точка зрения потребовала коренного пересмотра самого подхода к моделированию изучаемых объектов, а также послужила толчком к развитию специальных методов моделирования, адекватных по своим познавательным возможностям уровню сложности моделируемых объектов.

Сущность системных моделей будет раскрыта в следующих разделах. Здесь же отметим, что эти модели не следует рассматривать как антитезу традиционному математическому моделированию. Здесь имеет место симбиоз и содружество, когда стирается грань между стремлением к тотальной формализации и

логико-интуитивным (эвристическим) подходом к анализу системных явлений. Таким образом, системное моделирование есть разумный компромисс между этими крайними точками зрения на возможные пути конструктивного разрешения сложных проблем, для которых характерны следующие черты: слабая структурированность, конфликтность, неопределенность, неоднозначность, наличие риска, многоаспектность, комплексность, саморазрешимость, эволюционность.

Системное моделирование – сравнительно молодое и далеко незавершенное научное направление, в котором пока больше проблем и нерешенных вопросов, чем успехов и достижений. В настоящее время развитие этого направления существенно сдерживается отсутствием конструктивной технологии проектирования системных моделей. Концепция такой технологии очевидна: системная модель – это самоорганизующаяся многоуровневая система, следовательно, проектировать ее надо так, как проектируются любые другие системы такого класса. Однако, также очевидны трудности реализации такой концепции – пока нет универсальной и достаточно формализованной технологии проектирования самоорганизующихся символьных систем, инвариантной к предметным областям.

10.3. Понятие модели

Сущность метода моделирования состоит в том, что наряду с системой-оригиналом, которую мы обозначим через S^0 , рассматривается ее модель, в качестве которой выступает некоторая другая система S , представляющая собой образ (подобие) оригинала S^0 при моделирующем отображении (соответствии подобия), что принято обозначать записью: $f: (S^0) \rightarrow S$, где скобки означают, что f – частично определенное отображение, то есть не все черты оригинала отражаются моделью.

Моделирующее отображение f обычно представляют в виде композиции (продукта последовательного выполнения) двух

отображений – огрубляющего g и гомоморфного h (от греч. *homos* – одинаковый + греч. *morphē* – форма): $g: (S^0) \rightarrow S^1$; $h: S^1 \rightarrow S$; $f = h \circ g: (S^0) \rightarrow S$, где S^1 некоторая подсистема системы S^0 .

Модель, как правило, представляет собой упрощенный образ оригинала, и это упрощение осуществляется отображением g , при котором, сознательно удаляя из системы S^0 некоторые компоненты и связи, мы получаем подсистему S^1 . В то же время модель должна в определенном смысле верно отражать оригинал, хотя, возможно, и огрублено, или агрегировано. Именно это и осуществляет гомоморфное отображение h подсистемы S^1 на модель S .

Напомним, что S^1 только тогда является гомоморфным прообразом S , когда выполняются следующие условия:

- каждому элементу S соответствует один и только один элемент S^1 ;
- каждой функции, определенной для S , соответствует одна и только одна функция, определенная для S^1 ;
- каждому свойству, определенному для S , соответствует одно и только одно свойство, определенное для S^1 ;
- каждому отношению, определенному для S , соответствует одно и только одно отношение в S^1 .

В зависимости от характера огрубления и степени агрегирования для одного и того же оригинала можно получить несколько различных моделей. Стратегия моделирования заключается в попытке путем упрощения получить модель, свойства и поведение которой можно было бы эффективно изучать, но которая в то же время оставалась бы сходной с оригиналом, чтобы результаты изучения были применимы к оригиналу. Обратный переход от модели S к оригиналу S^0 называется интерпретацией модели. Процедура интерпретации не является однозначной, так как прообраз некоторых компонентов или отношений модели в силу необратимости гомоморфного отображения h может состоять из нескольких компонентов или отношений системы-оригинала.

Оригинал и модель, а также разные модели одного и того же оригинала могут отличаться по своей реализации, где под реализацией понимается способ моделирующего отображения. В зависимости от особенностей системы-оригинала и задач исследования применяются самые различные способы моделирующего отображения, а сами модели получают соответствующую классификацию (рис. 10.2).

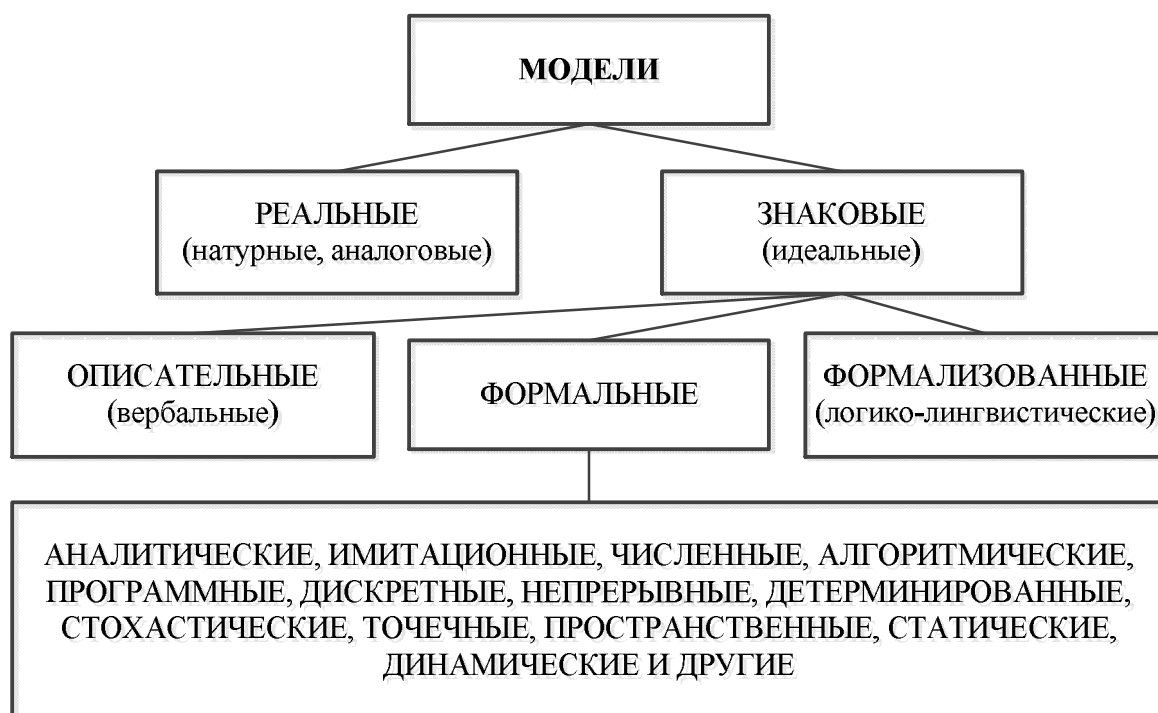


Рис. 10.2. Классификация моделей (вариант)

В современных научных исследованиях используются как реальные (натурные, аналоговые), так и знаковые (идеальные) модели, однако в связи с широким развитием компьютерных технологий наибольшую значимость приобретают знаковые модели. В качестве других причин, определяющих их преимущественное использование можно указать:

- недопустимость или нежелательность вмешательства в функционирование изучаемого объекта, в частности потому, что оно может нарушить естественное развитие процесса;
- отсутствие изучаемого объекта в действительности, что, в частности, характерно для проектирования новых систем;

– техническую и технологическую сложность постановки и проведения натурных экспериментов, а также недопустимо высокие затраты, потребные для их организации и проведения;

– недоступность или опасность натурального изучения объекта, например, из-за его значительной удаленности или вследствие активного противодействия со стороны противника.

Помимо этого, знаковые модели служат своего рода «банком знаний», хранящим в себе сведения о составе, структуре и поведении изучаемых систем, имеющих зачастую непреходящую ценность.

Знаковые (идеальные) модели представляют собой условное описание системы-оригинала с использованием заданного алфавита символов и операций над символами, в результате чего получаются слова и предложения некоторого языка, которые с помощью определенного кода интерпретируются как образы компонентов системы-оригинала и взаимодействий между ними. В зависимости от используемых языков знаковые модели бывают описательными (вербальными), формальными и формализованными (логико-лингвистическими).

Описательные (вербальные) модели разрабатываются на основе естественных языковых средств. Как правило, они состоят из научных текстов, сопровождаемых блок-схемами, таблицами, графиками и прочим иллюстративным материалом. Их основное назначение – служить обобщенным и в то же время достаточно полным выражением знаний исследователя об изучаемой системе в пределах средств определенной научной концепции. В системном анализе описательные модели неразрывно связаны с формальными и формализованными. С одной стороны, в них содержатся исходные данные, необходимые для построения формальных и формализованных моделей, а с другой – они выступают наглядной формой выражения результатов исследований, представляемых заказчику. Важность последнего аспекта часто недооценивается. Это приводит к тому, что многие чрезвычайно важные научные результаты не воспринимаются лицами, ответ-

ственными за принятие решения, и остаются долгое время невостребованными.

Формальные модели представляют собой способ концентрированного выражения знаний, представлений и гипотез о системе-оригинале в виде математических соотношений. Они используются для описания хорошо структурированных проблем, где свойства изучаемых объектов и соотношения между ними можно выразить в количественной форме. Для построения таких моделей привлекается все многообразие средств современного математического аппарата – алгебры, геометрии, теории дифференциального и интегрального исчисления, теории вероятностей и математической статистики, теории оптимального управления и т.д. Формальные модели – это инструмент, позволяющий оценивать эффективность систем по количественным показателям.

Оценка эффективности изучаемой системы сводится к установлению функциональных зависимостей вида:

$$E(t) = F[X(t), Y_x(t), Z(t)]|_{V(t)}, \quad (10.5)$$

где $E(t)$ – множество количественных показателей эффективности системы, $X(t)$ – множество компонентов системы (ее состав), $Y_x(t)$ – множество характеристик компонентов системы, $Z(t)$ – множество отношений, связей и взаимодействий компонентов системы между собой (структура системы), $V(t)$ – множество характеристик среды, влияющих на функционирование системы, t – время.

Процесс получения таких зависимостей называется математическим моделированием.

В зависимости от свойств функционала F математические модели классифицируются по разным признакам. Так, если для F найдено точное математическое выражение, позволяющее для любых входных переменных $X(t)$, $Y_x(t)$, $Z(t)$ и заданных внешних условий $V(t)$ непосредственно определять значение показателей эффективности $E(t)$ в любой нужный момент времени t , то модель принято называть аналитической. Аналитические модели обладают многими качествами, облегчающими их исследова-

ние и применение. Однако в подавляющем большинстве случаев нахождение аналитического выражения для F оказывается затруднительным или в принципе невозможным. На практике чаще всего функционал F удается задать в виде компьютерного алгоритма (программы), с помощью которого рассчитываются значения показателей эффективности на интервале времени $t_0 \leq t \leq t_N$. Такие модели называют имитационными (от лат. *imitatio* – подражание).

В зависимости от характера связи между $E(t)$ и $X(t)$, $Y_x(t)$, $Z(t)$, $V(t)$ математические модели бывают детерминированными и стохастическими. Если в детерминированной модели показатели эффективности определяются однозначно (с точностью до ошибок вычисления), то стохастическая модель дает для каждого показателя распределение возможных значений, характеризуемое математическим ожиданием, среднеквадратическим отклонением и другими моментами.

По характеру временного описания моделируемого объекта различают дискретные и непрерывные модели. Дискретная модель описывает поведение системы на фиксированной последовательности моментов времени $t_0 < t_1 < \dots < t_j < \dots < t_N$, тогда как в непрерывной модели значения показателей эффективности могут быть рассчитаны для любой точки t рассматриваемого интервала $[t_0, t_N]$. Среди дискретных выделяются модели с фиксированным шагом по времени ($\Delta t = t_j - t_{j-1} = \text{const}$ для всех j от 0 до N), который не зависит от результатов моделирования и не может быть изменен без глубокой перестройки всей модели. Такими моделями адекватно описываются системы, поведение которых не связывается с внутренним временем, или время считается однородным. Существуют дискретные модели с переменным временным шагом, который уменьшается или увеличивается в зависимости от результатов моделирования

$$\Delta t = T[\Xi(t)], \quad (10.6)$$

где T – оператор внутреннего времени модели.

Следующим признаком, по которому различаются математические модели, – это характер описания пространственного строения объекта моделирования. Модели, в которых пространственное строение системы не учитывается, принято называть моделями с сосредоточенными параметрами (или точечными моделями), в отличие от моделей с распределенными параметрами, в которых показатели эффективности зависят не только от времени, но и от положения моделируемого объекта в некоторой системе координат.

Формализованные модели служат для описания слабо структурированных объектов. Это тоже математические модели, но строятся они на основе языковых средств мягких вычислений (нечетких множеств, реляционных, фреймовых языков) и реализуются в виде логико-лингвистических моделей.

* * *

Завершая краткий обзор модельной типологии, отметим, что рассмотренная классификация моделей весьма условна и в определенной мере препятствует целостному восприятию изучаемых объектов, поскольку отражает фактически бессистемный подход к моделированию систем. Поэтому изложенное есть не более чем экскурс в историю моделирования. Конечно, историю необходимо знать, поскольку без знания минувшего нет настоящего и будущего. Однако не следует уповать на прошлое в такой быстро развивающейся области, как моделирование систем. За последние десятилетия, благодаря развитию компьютерных технологий, значительно расширились возможности по имитации изучаемых объектов и, соответственно, усовершенствовались методы построения моделей систем. В теории моделирования были выдвинуты новые принципы, практическое воплощение которых позволило сформировать новое научное направление, получившее название системного моделирования.

10.4. Основная концепция системного моделирования

Главное требование к любой модели состоит в том, чтобы она была адекватна объекту изучения, иначе теряется смысл моделирования. Под адекватностью модели обычно понимается степень ее соответствия системе-оригиналу. Но полного (абсолютного) соответствия не может быть по определению модели. Поэтому в системном анализе в качестве критерия адекватности используется пригодность модели разрешать конкретные проблемы, поставленные заказчиком перед исследователем. Другими словами, системная модель считается адекватной реальности, если выражаемые ею закономерности не противоречат наблюдаемым фактам, а получаемые с ее использованием выводы позволяют достичь целей данного исследования.

Очевидно, что создание адекватной модели возможно только в том случае, когда свойства и взаимосвязи моделируемого объекта известны и в достаточной степени изучены. Но, если объект изучен, тогда зачем его моделировать? И наоборот, если объект не изучен, тогда как можно построить его адекватную модель? Налицо парадокс, имеющий место не только в системных, но и в любых других исследованиях.

В традиционных научных направлениях он разрешается тем, что модель не обосновывается, а постулируется на основе тех немногих эмпирических сведений, которыми располагает исследователь на текущий момент времени. Так, например, в классической и квантовой механике второй закон И. Ньютона (основная модель механики макромира) и волновое уравнение Э. Шредингера (основная модель микромира) не выводятся из каких-либо предпосылок, а постулируются. Уравнения Д. Максвелла, описывающие динамику электромагнетизма, также не доказываются, а принимаются как аксиомы. Такой же подход прослеживается в теоретической биологии, где логистическое уравнение, с помощью которого описывают динамику биологических популяций, принимается как исходное и не доказывается.

В период своего становления системное моделирование развивалось примерно по такому же пути. Из математики заимствовался какой-либо подходящий метод, который модифицировался и дорабатывался с учетом особенностей системы-оригинала, насыщался соответствующей терминологией, доводился до вычислительных процедур и представлялся как модель системы. Затем проводились исследования этой модели, по результатам которых формулировались выводы и выдавались рекомендации заказчику по рациональным способам его поведения в тех или иных ситуациях. При этом в неявном виде постулировалось, что аксиоматика, принятая при разработке математического метода, соответствует принципам построения и существованию функционирования того реального объекта, для моделирования которого использовался данный метод. Так, например, считалось, что методы теории массового обслуживания одинаково пригодны для имитации процессов функционирования систем связи и процессов ведения боевых действий. Такую концепцию построения системных моделей можно назвать редукционистической (от лат. *reduktio* – возвращение, приведение обратно, сведение сложного к простому).

Развитие компьютерных технологий на первых порах вселило надежду, что, облекая системные проблемы в математические формы, можно наконец-то найти в сфере математики ключ к пониманию универсальных законов функционирования и развития систем. Однако реальность оказалась значительно сложнее, и первоначальная эйфория уступила место разочарованию. Выяснилось, что полная формализация процессов, происходящих в природе и в обществе, невозможна и что законы математики не являются абсолютной истиной. Исчезла уверенность, что математические методы обладают внутренним содержанием, одинаково пригодным для интерпретации различных по своей природе сущностей.

В настоящее время принята иная концепция моделирования систем, получившая название гомеостатической (от греч. *homoi-*

os – подобный + *status* – состояние). На практике она реализуется различными способами, но суть у них одна: пошаговое приведение модели к состоянию, подобному объекту-оригиналу, за счет включения в модель механизмов адаптации и интерпретации, а также организации режима интерактивного диалога «модель – исследователь».

Как видно, идея построения гомеостатической модели проста, однако ее практическое воплощение требует привлечения принципиально новой технологии. Суть ее в следующем. На первом шаге, используя данные описательной модели, строится так называемый каркас системной модели (ее исходное, нулевое приближение), учитывающий априори известные свойства и аспекты моделируемой системы. Этот каркас далек от адекватности объекту-оригиналу и не позволяет сформулировать сколь-нибудь значимые практические выводы, но одновременно в него закладываются специальные алгоритмы, позволяющие изменять исходные предпосылки (базовые аксиомы и правила вывода) по мере получения новых данных об объекте изучения. Далее проводится модельный эксперимент. Полученные при этом данные используются для корректировки каркаса – формируется модель системы в первом ее приближении. Затем уже с помощью этой моделью проводится эксперимент, по результатам которого она вновь корректируется – формируется модель системы во втором приближении, и так далее. Такой циклический процесс «эксперимент – данные – корректировка» многократно повторяется и никогда не завершается построением окончательной системной модели. Всегда это будет некое приближение к системе-оригиналу, нуждающееся в уточнении в ходе дальнейших исследований. Адекватность системной модели объекту изучения нельзя доказать – она может быть либо принята как временное соглашение, либо отвергнута на том основании, что получаемые с ее помощью оценки и выводы противоречат наблюдаемым фактам и не позволяют достичь целей исследования. Системная модель всегда будет отличаться от оригинала и может лишь

асимптотически приближаться к нему при выполнении определенных условий, специфичных для каждой практической задачи.

Гомеостатическая концепция моделирования не гарантирует сама по себе сходимости модели и изучаемого объекта. На практике асимптотическая сходимость «модель-объект» обеспечивается, тем, что объектом моделирования выступает конкретная система, с присущими только ей автономными законами функционирования. Автономные законы не распространяются на системы вообще, они свойственны только данной системе и присущи только ей. Принципиальным здесь является то, что адекватность достигается сужением сферы использования данной системной модели, ограниченностью ее практической применимости. В пределе каждая системная модель уникальна в той же степени, в какой уникальна каждая система-оригинал. Разработанную и апробированную на практике системную модель, разумеется, можно и нужно использовать для разрешения разнообразных проблем. Но при этом во главу угла должны ставиться специфические особенности этих проблем и объектов их изучения, а не вычислительные и логические возможности, заложенные в модель. Иначе модель будет доминировать над существом дела, а моделирование превратится в самоцель. Кроме того, адекватность системной модели может быть повышена за счет использования результатов натурных и лабораторных экспериментов (пусть отрывочных и неполных). У исследователя в ряде случаев существует возможность сопоставить теорию с практикой и внести в модель соответствующие поправки (другой вопрос: во что это выливается и что считать более правильным – наблюдаемое или предсказываемое теорией).

История науки свидетельствует о том, что далеко не всегда явно наблюдаемый или ненаблюдаемый факт есть истина. Хрестоматийным примером в этом отношении может служить открытие планеты Нептун, когда прямые астрономические наблюдения не позволяли зафиксировать ее присутствие в Солнечной системе, а теоретические расчеты, проведенные Лаверье и

Адамсом, говорили о том, что такая планета должна существовать. Теоретические расчеты оправдались. В 1846 году берлинский астроном Иоганн Галле обнаружил при помощи телескопа в указанном теорией месте неизвестную планету Солнечной системы, позже названную Нептуном.

Наконец, адекватность системной модели повышается за счет самих модельных экспериментов. Модельные эксперименты стимулируют появление новых знаний интуитивного свойства, которые используются для самонастройки модели и приближения ее свойств к свойствам изучаемого объекта. Механизм этого явления пока не вскрыт, но факт остается фактом. Сам процесс моделирования позволяет исследователю более глубоко

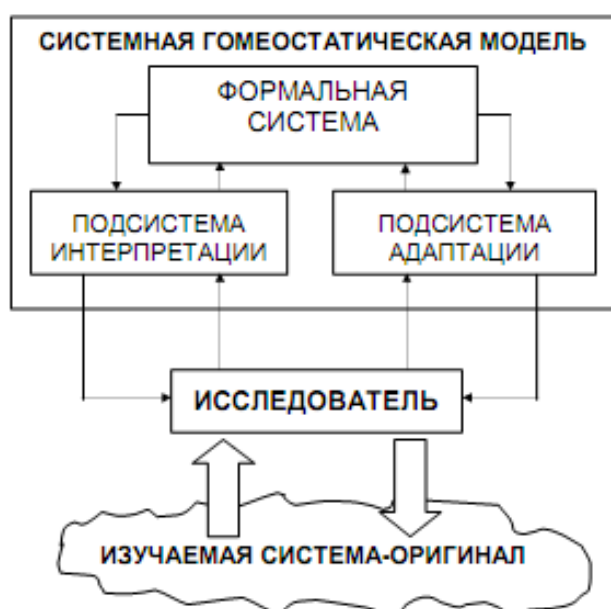


Рис. 10.3. Принцип построения системной гомеостатической модели

проникнуть в существо объекта-оригинала, а модельные исследования приводят к открытию новых свойств и закономерностей функционирования изучаемой системы даже в том случае, когда модель не соответствует оригиналу.

Принцип построения системной гомеостатической модели иллюстрируется схемой на рис. 10.3. Помимо обычной формальной

системы, в ее состав включаются две подсистемы – адаптации и интерпретации, которые во взаимодействии с исследователем и реализуют модельный гомеостаз. Формальная система задается четверкой:

$$\Phi = \langle T, C, A, P \rangle, \quad (10.7)$$

где T – термы (алфавит) формальной системы, то есть базовые понятия и символы, используемые для конструирования формул; C – синтаксис, то есть правила построения правильных

формул; А – аксиомы, то есть правильно построенные формулы, выражающие утверждения, которые считаются истинными априори; П – правила вывода новых формул, позволяющие выводить из аксиом новые утверждения.

Формальная система, входящая в состав системной гомеостатической модели, имеет существенные отличия от обычных формальных конструкций. Во-первых, в ней предусматривается возможность оперативного изменения аксиом и правил вывода. Этими изменениями управляют подсистемы адаптации и интерпретации. Подсистема адаптации конструирует новые правила вывода и вносит соответствующие изменения с формальную систему. Подсистема интерпретации изменяет ее аксиоматику, то есть вводит в формальную систему новые аксиомы и удаляет старые. Операциями ввода-вывода управляет исследователь.

Во-вторых, формальная система – это не формула и не совокупность математических уравнений. Она включает в себя разнообразные математические и логические модули, которые необходимы для разрешения поставленной проблемы и из которых по определенным правилам конструируются различные алгоритмы решения исследовательских задач. В качестве таких модулей могут использоваться, например, стандартные программы решения систем дифференциальных уравнений определенного типа, программы поиска критического пути на графах, программы решения задач линейного программирования симплекс-методом, программы приведения логических высказываний к нормальным формам и другие.

Помимо чисто математических модулей, в состав формальной системы включаются проблемно-ориентированные модели, алгоритмы и программы, позволяющие рассчитывать показатели эффективности систем, характерные для конкретной проблемной области. Так, например, если объектом изучения выступает некая производственно-экономическая система, то в состав формальной системы должны входить методики расчета таких показателей, как прибыль, рентабельность, окупаемость капита-

ловложений, себестоимость продукции, налоговые отчисления, уровень запасов по видам изделий и т.д.

В третьих, в отличие от обычных формальных моделей, имеющих правила вывода вида $\Pi_i \Rightarrow \Pi_j$ (если Π_i , то Π_j), формальная система в гомеостатической модели имеет правила вывода следующей типовой структуры:

$$(\alpha \Pi_K)(\Pi_i \xRightarrow{O_i} \beta \Pi_j), \quad (10.8)$$

где Π_K – формула, устанавливающая применимость данного правила вывода; O_i – сигнал, свидетельствующий о реализации данного правила вывода; α, β – кванторы, имеющие смысл вероятности или принимающие такие лингвистические значения, как «часто», «редко», «иногда», «почти всегда» и другие.

Указанное правило вывода в том случае, если α принимает значение «в большинстве случаев», а β – «иногда», читается так: в большинстве случаев, если утверждение Π_K справедливо, то из посылки Π_i иногда следует заключение Π_j и при этом вырабатывается сигнал O_i . Этот сигнал для самой формальной системы не нужен, он обеспечивает обратную связь этой системы с подсистемами адаптации и интерпретации, информируя их о том, что произошла реализация данного вывода. Истинность формулы Π_K устанавливается двумя способами: либо Π_K получена в результате вывода в формальной системе из имеющихся аксиом, либо ее истинность предписана подсистемой интерпретации. Истинность Π_K в подсистеме интерпретации устанавливается также двумя способами: либо она получает от исследователя утверждение об истинности Π_K , либо производится логический вывод из хранящихся в подсистеме интерпретации фактов. В первом случае реализуется режим обучения модели, во втором – режим модельного эксперимента.

Несмотря на внешнюю простоту, переход к гомеостатической концепции потребовал коренного пересмотра взглядов на сложившиеся принципы моделирования систем, а также решения ряда научных проблем. По замыслу создания системные го-

меостатические модели – это открытые человеко-машинные системы, в которых компьютер выступает не в качестве быстродействующей логарифмической линейки или удобной пишущей машинки с памятью, а как интеллектуальный партнер системного аналитика, ведущий с ним диалог в реальном масштабе времени. Для ведения эффективного диалога необходимо выполнение следующих условий:

- программный комплекс системной модели должен обеспечивать накопление, формирование, хранение и обработку знаний о проблемной области (модель должна «понимать», о чем идет речь в данных исследованиях и экспериментах);

- должна быть обеспечена языковая совместимость программного комплекса системной модели с человеком-исследователем (модель должна адекватно «воспринимать» информацию, сообщаемую исследователем, а исследователь должен понимать информацию, выдаваемую моделью);

- по указанию исследователя модель должна уметь планировать и производить необходимые вычисления, осуществлять логическую обработку сообщаемых ей фактов, а также данных, получаемых в результате вычислений и логических выводов.

Эти вопросы были успешно решены при создании так называемых диалоговых информационно-логических систем – ДИЛОС [Клыков, 1974; Брябрин, 1983]. Внешне ДИЛОСы можно сравнить с операционными системами общего программного обеспечения типа Windows. Отличие состоит в том, что операционные системы Windows универсальны, то есть предназначены для выполнения функций общего пользования, а ДИЛОСы – проблемно ориентированы на обеспечение функций интеллектуального свойства, прежде всего – модельного гомеостаза путем управления работой системной модели.

С развитием компьютерных технологий наблюдается устойчивая тенденция осознания системного анализа как типового процесса, который можно реализовать применительно к любому объекту исследования. В частности, велись работы по созданию

универсального решателя системных задач, то есть компьютерных программ, способных в диалоговом режиме взаимодействия с пользователем обеспечить полную технологию изучения (проектирования) систем различного функционального предназначения [Клир, 1990]. Однако пока это перспективы. Но перспективы заманчивые, частично реализуемые в тех проблемных областях, для которых характерен высокий уровень определенности и устойчивости накопленных знаний, слабое влияние человеческого фактора на процессы, происходящие в изучаемом объекте, а также высокий профессионализм коллектива исследователей.

Как уже отмечалось, при проведении системных исследований всегда возникает необходимость упрощения изучаемого объекта, и соответственно, общей исследовательской задачи. На практике упрощение достигается путем расчленения (декомпозиции) общей задачи на отдельные частные подзадачи, с последующим их решением и сверткой (композицией) частных результатов. Такой путь вполне приемлем, и находит широкое применение в практике анализа систем. Однако без специальных мер он может привести к нарушению целостности, разрушению модельного гомеостазиса и, как следствие, к потере адекватности модели объекту моделирования.

В теории системного анализа пока нет универсальных методов, позволяющих строго формализовать процедуру декомпозиции и композиции системных проблем. Неоднократно предпринимались попытки использовать для целей исследования сложных систем по частям тензорный анализ Крона [Крон, 1972]. Эти попытки заманчивы, но пока не привели к созданию инженерных методов декомпозиции, которые не нарушали бы целостности представления изучаемых систем. Многие исследователи-практики вполне справедливо считают, что при любом способе декомпозиции системных объектов должна происходить определенная потеря целостности, в связи с чем композиция выливается в необходимость решения задачи координации, то есть поиска компромисса между свойствами целого и свой-

ствами составляющих ее частей. Вместе с тем, практикой выработаны приемы, обеспечивающие возможность декомпозиции проблемы с одновременным сохранением целостности изучаемого объекта. К их числу можно отнести: стратификацию объекта моделирования и учет временного фактора.

Стратификация предполагает условное расчленение объекта моделирования на соподчиненные уровни или страты с последующим его представлением в виде комплексной иерархии описаний. Каждую страту можно представить как срез изучаемой системы по горизонтали, проведенный таким образом, чтобы можно было локализовать множества функциональных пространств ее описания, то есть «высветить» определенные грани сущности системы. Тогда, устанавливая отношения соподчиненности между стратами, можно сохранить определенный уровень целостного представления системы.

На возможность такой операции указывает выдвинутый в синергетике принцип регулировочных параметров порядка. Смысл этого принципа заключается в том, что в неустойчивых состояниях поведение сложной многоуровневой системы как бы упрощается, происходит сжатие управляющих потоков информации между уровнями. Такая компактификация позволяет сократить объем анализируемых межуровневых отношений (связей) до приемлемых размеров без существенных потерь в целостном представлении анализируемой системы [Хакен, 1985].

Стратификация имеет огромное познавательное значение при изучении природных и общественных явлений, но, вместе с тем, часто приводит к беспочвенным научным спорам, возникающим всякий раз только в силу того, что один и тот же объект рассматривается разными исследователями с различных сторон. В случае, когда в таком споре побеждает одна из сторон и ее мнение становится доминирующим, многоаспектность и сложность подменяются линейностью и обманчивой простотой. Это одно из самых нежелательных следствий неправильного использования стратификации.

Учет временного фактора позволяет детализировать общую проблему и в некоторой степени сохранить ее целостность за счет того, что функции и свойства систем, как правило, не проявляются все сразу, одновременно. Во многих случаях существует возможность расчленить динамику системы на непересекающиеся во времени этапы, на каждом из которых проявляется ограниченное число системных функций и свойств. Например, военную операцию можно разбить на ряд следующих друг за другом боевых действий. В свою очередь, боевые действия можно представить в виде последовательно выполняемых задач: разведка, нанесение огневого удара и т.д. Учет фактора времени в сочетании с принципом регулировочных параметров порядка позволяет организовать поэтапное моделирование достаточно сложных системных объектов и отразить в модели реальные свойства исследуемой системы.

* * *

Итак, гомеостатическая концепция системного моделирования, пришедшая на смену редукционизму, основывается на представлении модели как открытой иерархической многоуровневой динамической системы, реализация которой предполагает использование интеллектуальных компьютерных технологий. Модели, построенные на основе такой концепции, по своему составу, структуре и функционированию оказываются близкими к объектам-оригиналам с той существенной разницей, что в отличие от реальных систем они могут быть воспроизведены в виде компьютерных алгоритмов и программ – с ними можно производить неограниченное количество модельных экспериментов, безопасных для жизни исследователя. Процесс функционирования таких моделей следует назвать самоорганизующимся, его развитие происходит не по установленной раз и навсегда программе, а определяется результатами, которые получаются в ходе модельного эксперимента. При этом в зависимости от характера решаемых задач изменяется не только порядок выполнения операций, но и морфология модели.

10.5. Типовая структура системной модели

Пока не создано универсальной технологии построения системных моделей, реализующей в полной мере концепцию системного гомеостаза. Тем не менее, представляется возможным на основе обобщения имеющегося опыта описать структуру типовой системной модели, выделить образующие ее функциональные блоки и сформулировать общие положения, которые целесообразно положить в основу их построения.

Структурно-функциональная схема типовой системной модели приведена на рис. 10.4. Она состоит, как правило, из двух основных компонентов – информационного (выделенного на схеме пунктиром) и операционно-лингвистического (выделенного штрих-пунктиром).

Информационный компонент – это структурированное множество информационных объектов, образующих в совокупности знания модели об объекте моделирования, условиях его функционирования и о собственной вычислительной среде. Иными словами, информационный компонент представляет собой упорядоченные сведения о внешнем и внутреннем мире системной модели. Важнейшим положением, определяющим построение информационного компонента, следует признать идентичность описаний объекта изучения у партнеров, ведущих диалог (исследователя и модели). При этом под идентичностью понимается создание условий, обеспечивающих тождественное понимание информационных объектов, используемых для описания проблемных ситуаций, как человеком, так и компьютером (моделью). В противном случае эффективный диалог невозможен, и компьютер будет использоваться либо в качестве быстродействующей логарифмической линейки, либо как электронная печатающая машинка.

Обычно информационный компонент подразделяют на четыре части: базу предметных знаний, базу декларативных знаний, базу процедурных знаний и базу лингвистических знаний.

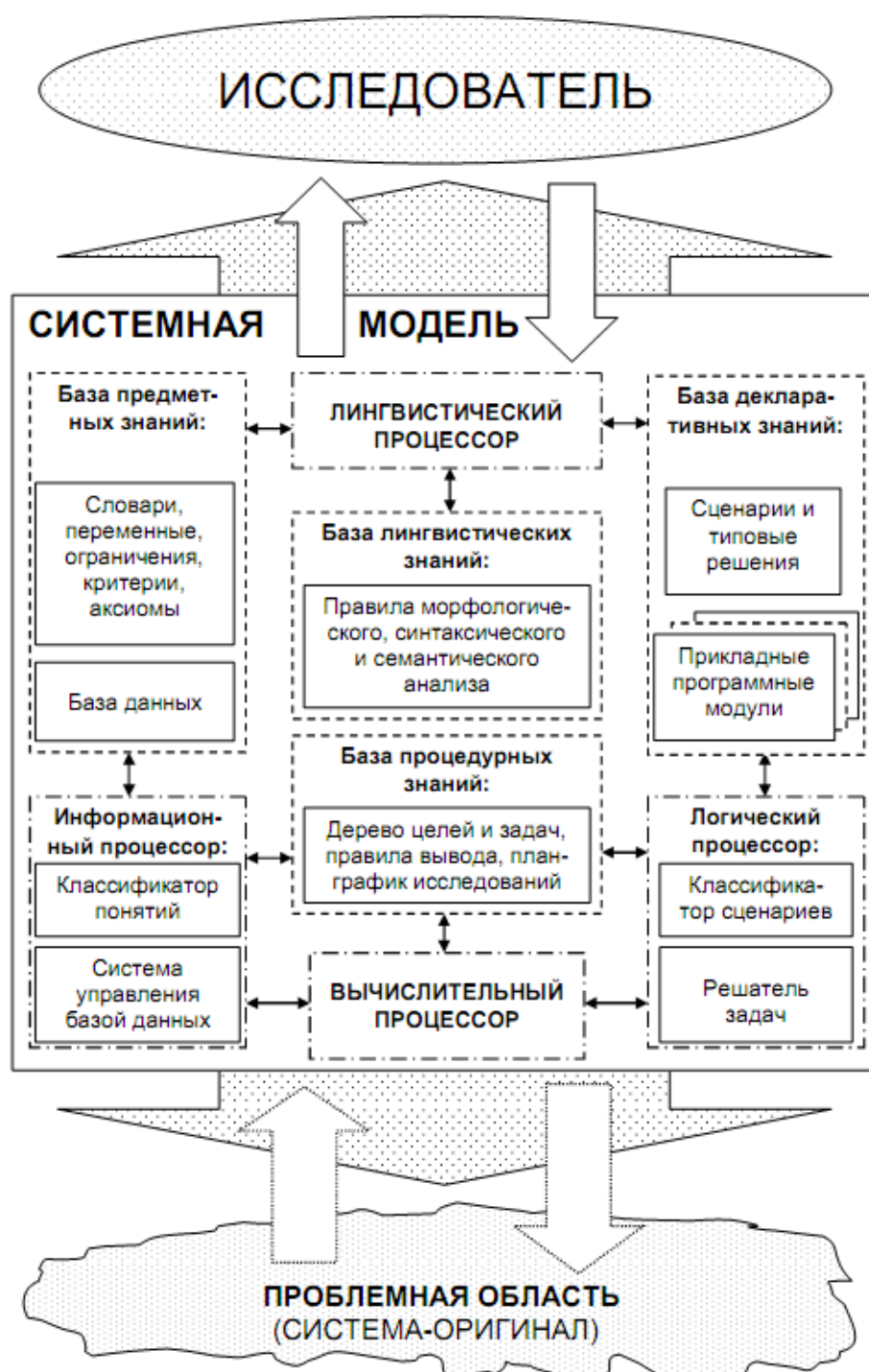


Рис.10.4. Структурно-функциональная схема типовой системной модели

База предметных знаний – это упорядоченные каким-либо способом факты и данные, отражающие проблемную среду, внешний и внутренний мир модели. Она дифференцируется на пользовательский и прагматический уровни. Пользовательский уровень включает: словари терминов, описания используемых переменных и накладываемых на них ограничений, возможные

критерии выбора решений, а также базовые аксиомы – утверждения, которые априори считаются истинными и из которых по определенным правилам выводятся новые утверждения. Прагматический уровень содержит данные о характеристиках изучаемого объекта, условиях его функционирования и о вычислительной среде модели. Фактически, прагматический уровень представляет собой базу данных в ее традиционном понимании.

Базу декларативных знаний образуют правила вывода, на основе которых делают обобщения и заключения. Она имеет также два уровня: пользовательский и прагматический. Пользовательский уровень содержит набор сценариев для анализа ситуаций в объекте изучения, а также набор типовых решений, привязанных к этим ситуациям. Прагматический уровень содержит прикладные программные модули, предназначенные для проведения математических расчетов и вычисления характеристик объекта изучения (в том числе, показателей эффективности). Средняя по сложности системная модель может включать до нескольких сотен прикладных программных модулей, реализующих самые различные методы моделирования (имитационные, оптимизационные, нейросетевые и т.п.).

База процедурных знаний содержит совокупность правил, определяющих порядок и способы применения предметных и декларативных знаний для разрешения проблемы, поставленной пользователем. Ее центральным компонентом является дерево целей и задач, а также правила вывода, в совокупности позволяющие формировать алгоритм поиска решений, например, методом резолюций [Уинстон, 1980]. Кроме того, в процедурной базе содержится план-график или общий алгоритм проведения исследований, определяющий, кто, что, в каком виде и к какому сроку должен сделать.

База лингвистических знаний содержит правила морфологического, синтаксического и семантического анализа входных и выходных текстов, а также списки основ слов, которые используются для диалога между моделью и исследователем.

Операционно-лингвистический компонент системной модели представляет собой структурированную совокупность программ, выполняющих процедуры анализа и синтеза текстов естественного языка, запоминания, забывания и извлечения информации, ее интерпретации, производства логических выводов и принятия решений, а также планирования и оптимизации вычислительного процесса. Операционный компонент, как правило, состоит из четырех основных блоков, которые по сложившейся терминологии называют процессорами.

Лингвистический процессор – это программа, осуществляющая перевод входных текстов естественного языка на язык представления знаний в модели и обратный перевод. Перевод осуществляется в три этапа. На первом этапе производится морфологический анализ входного предложения с целью идентификации образующих его слов с терминами, используемыми в модели. В системных моделях, работающих с небольшим словарным запасом входного языка, используют функциональную лексику, когда каждой фразе присваивается определенный символ, который однозначно воспринимается лингвистическим процессором. На втором этапе производится синтаксический анализ входной фразы. Цель анализа – получение формализованной записи синтаксической структуры входного выражения. Для этого используются синтаксические правила, хранящиеся в лингвистической базе знаний, которые позволяют идентифицировать структуру входной фразы со словарем модели. На третьем этапе производится семантический анализ входной фразы, с целью идентификации ее смысла.

Информационный процессор – это программа, осуществляющая операции запоминания, забывания и извлечения информации о фактах внешнего и внутреннего миров модели. Знания на пользовательском уровне обрабатываются с помощью классификатора понятий, который одновременно участвует в идентификации конструкций входных фраз. Кроме того, информационный процессор реализует функции управления базой данных.

Логический процессор – это программа, осуществляющая классификацию и обобщение текущих ситуаций в объекте исследования, логический поиск рациональных решений и их координацию. Логический процессор участвует в идентификации ситуаций, описываемых входной фразой, с типовыми ситуациями, хранящимися в базе декларативных знаний. При успешной идентификации найденная типовая ситуация передается в решатель, который отыскивает среди эталонных решений (хранящихся в декларативной базе) наилучшее решение для идентифицированной ситуации. Если идентификация ситуации невозможна, производится ее расчленение на более простые, которые могут быть сведены к типовым ситуациям, описанным в базе знаний, либо, напротив, осуществляется ее обобщение с той же целью. Если не удастся выделить типовую ситуацию, то процессор формирует новую ситуацию и передает ее для запоминания в базу знаний. При необходимости процессор координирует отдельные решения.

Вычислительный процессор – это программа, планирующая и выполняющая вычисления. В типовом варианте он состоит из трех программных модулей. Прагматический анализатор на основании описания вычислительной задачи определяет, какие прикладные программные модули необходимо привлечь для ее решения. Кроме того, анализатор определяет состав исходной информации и аппаратных средств, которые должны участвовать в формировании ответа. После этого планировщик составляет план вычислительного или логического процесса, оптимальный относительно некоторого критерия, например, минимума времени производства вычислений. Завершает работу вычислительного процессора программатор, который на основании плана автоматически формирует программу вычислений и следит за ходом ее реализации. После завершения программы полученная информация передается в лингвистический процессор, а оттуда – исследователю.

10.6. Подходы к решению проблемы машинного понимания естественно-языковых текстов

Начальные этапы решения проблемы машинного понимания естественно-языковых текстов основывались на использовании трехкомпонентной схемы «входной текст — модель — смысл», показанной на рис. 10.5.

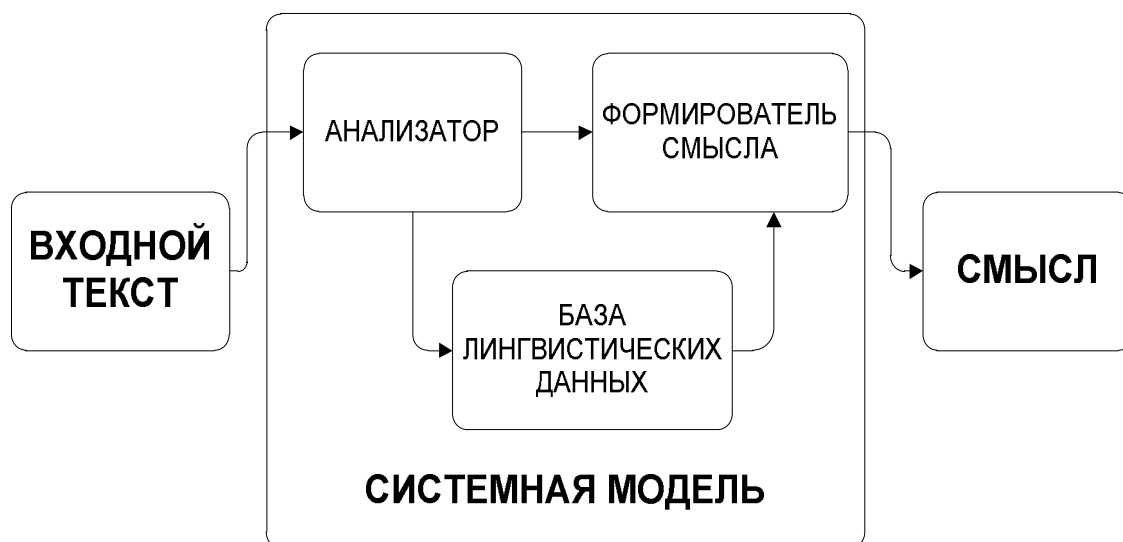


Рис. 10.5. Трехкомпонентная схема машинного понимания естественно-языковых текстов («текст-модель-смысл»)

В соответствие с этой схемой объектами рассмотрения являются: «входной текст» как некоторая данность, системная модель, снабженная средствами лингвистического анализа текста, базой лингвистических данных и алгоритмами формирования (экспликации) смысла текста, и собственно «смысл», как результат работы алгоритмов анализа входных текстов.

Применение такой схемы равносильно предположению, что о входном тексте ничего не может быть сказано заранее; поэтому при анализе текстовых предложений фактически ищется ответ лишь на абстрактный вопрос «что есть в предложении» при том предположении, что в нем может быть все, что угодно.

Очевидно, что эта схема неполна: в ней отсутствуют два важных компонента — пользователь, решающий задачи с помощью системной модели, и реакция модели на запрос пользова-

теля. Без этих компонентов реализация процесса машинного понимания естественно-языковых текстов становится затруднительной и неполной. Поэтому на смену трехкомпонентной схемы приходит расширенная пятикомпонентная схема, представленная на рис. 10.6.

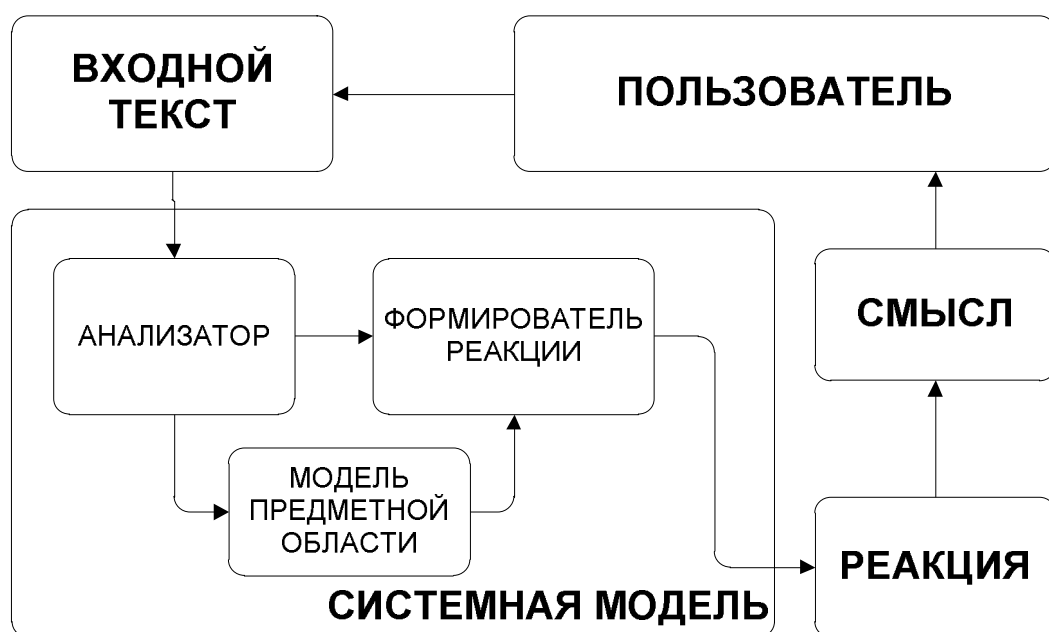


Рис.10.6. Пятикомпонентная модель машинного понимания естественно-языковых текстов («пользователь-текст-модель-реакция-смысл»)

При реализации этой схемы критерием понимания поступающего от пользователя текста является не расшифровка его абстрактного содержания (как это предполагалось в предыдущем случае), а адекватная реакция модели на проблемно ориентированный вопрос пользователя. В этом случае оказывается возможным построить априорные утверждения о некоторых целевых объектах, из которых состоит входной текст, с помощью которых анализ может быть ориентирован не на пассивную регистрацию того, «что есть в предложении», а на активный поиск в тексте ключевых объектов, стимулирующих системную модель к той или иной реакции, и тем самым определяющим смысл входного текста. Таким образом, если модель вырабатывает в ответ на входящий текст ожидаемую пользователем реакцию, то имеет место понимание системной моделью смысла вопроса.

Следует отметить, что использование пятикомпонентной модели в рассмотренном выше понимании накладывает определенные ограничения на содержание и структуру входных естественно-языковых текстов. Во-первых, такой текст должен содержать информацию двоякого рода: а) информацию для выбора алгоритма реагирования, адекватного запросу пользователя; б) данные для запуска этого алгоритма, то есть конкретные значения его параметров. Во-вторых, во входном тексте должны обязательно содержаться лингвистические объекты, для которых в модели в числе возможных реакций имеется хотя бы одна реакция, адекватная данному запросу пользователя при какой-либо совокупности обстоятельств. Естественно, что указанные ограничения в определенной мере формализуют общение пользователя с моделью, но одновременно делают однозначным понятие «смысл текста», связывая его с целью, которую преследует пользователь, общаясь с моделью.

Для более подробного рассмотрения обсуждаемой схемы машинного понимания естественно-языковых текстов введем обозначения: $T^{(p)}$ – множество всех доступных для модели предложений входного проблемно ориентированного текста; r_i – i -й класс однотипных реакций модели на запрос пользователя; R – множество всех классов однотипных реакций модели, которые могут потребоваться пользователю; f_i – алгоритм формирования реакции из класса r_i ; $F^{(p)}$ – множество всех возможных алгоритмов формирования реакции; W – алгоритм выбора алгоритма из $F^{(p)}$; $C^{(p)}$ – интерпретация моделью конкретной совокупности обстоятельств, в рамках которых анализируется запрос пользователя и выдается ответ; $C^{(s)}$ – интерпретация пользователем совокупности обстоятельств, в условиях которых функционирует модель; t – предложение входного текста из $T^{(p)}$; t_w – часть («субтекст») текста t , предназначенная для обеспечения выбора алгоритма из $F^{(p)}$ («код» выбора алгоритма реагирования); t_v – часть («субтекст») текста t , содержащая «код» выбора конкретной реакции в классе r_i однотипных реакций; α – алгоритм чле-

нения текста входного предложения на субтексты t_w и t_v .

Используя введенные обозначения, процесс понимания системной моделью предложений входного текста t в формальном представлении выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} 1. \alpha(t) &\Rightarrow t_w, t_v, t \in T^{(p)}; \\ 2. w(t_w, C^{(p)}, C^{(s)}) &\Rightarrow f_i, f_i \in F^{(p)}; \\ 3. f_i(t_v) &\Rightarrow r_i', r_i' \in r_i \in R. \end{aligned} \quad (10.9)$$

На первом шаге алгоритм членения α выделяет в тексте входного предложения t субтексты t_w и t_v . На втором шаге алгоритм W производит по данным $t_w, C^{(p)}, C^{(s)}$ выбор алгоритма реагирования f_i из множества $F^{(p)}$. На третьем шаге алгоритм f_i с учетом субтекста t_v вырабатывает конкретную реакцию модели r_i' , выбирая ее из класса однотипных реакций r_i .

В графическом виде описанный алгоритм машинного понимания естественно-языковых текстов с учетом того, что каждый из указанных шагов может завершиться неудачей, представлен на рис. 10.7. Сопоставим трехкомпонентную и пятикомпонентную схемы понимания естественно-языковых текстов.

Как уже отмечалось, ненаправленная лингвистическая обработка текстовых предложений при трехкомпонентной схеме анализа состоит в выявлении и экспликации их «смысла». Вместе с тем, конструктивного определения понятия «смысл предложения» (как и понятия «смысл» вообще) не существует. Поэтому, реализация такой схемы при разработке системной модели приводит, в конце концов, к тому, что разработчики «заставляют» модель искать «то – не знаю, что». В рамках же пятикомпонентной схемы точно и определенно известно, что ищется: ищутся объекты t_w и t_v , первый из которых доставляет конкретные значения параметров в алгоритме выбора реагирования модели, второй – конкретные значения параметров алгоритма реагирования. Правильное выявление объектов t_w и t_v при работоспособном алгоритме W и верных $C^{(p)}$ и $C^{(s)}$ как раз и равно-

сильно пониманию моделью смысла входного предложения.

Нетрудно заметить, что трудности практической реализации пятикомпонентной схемы машинного понимания естественно-языковых текстов связаны с тремя обстоятельствами:

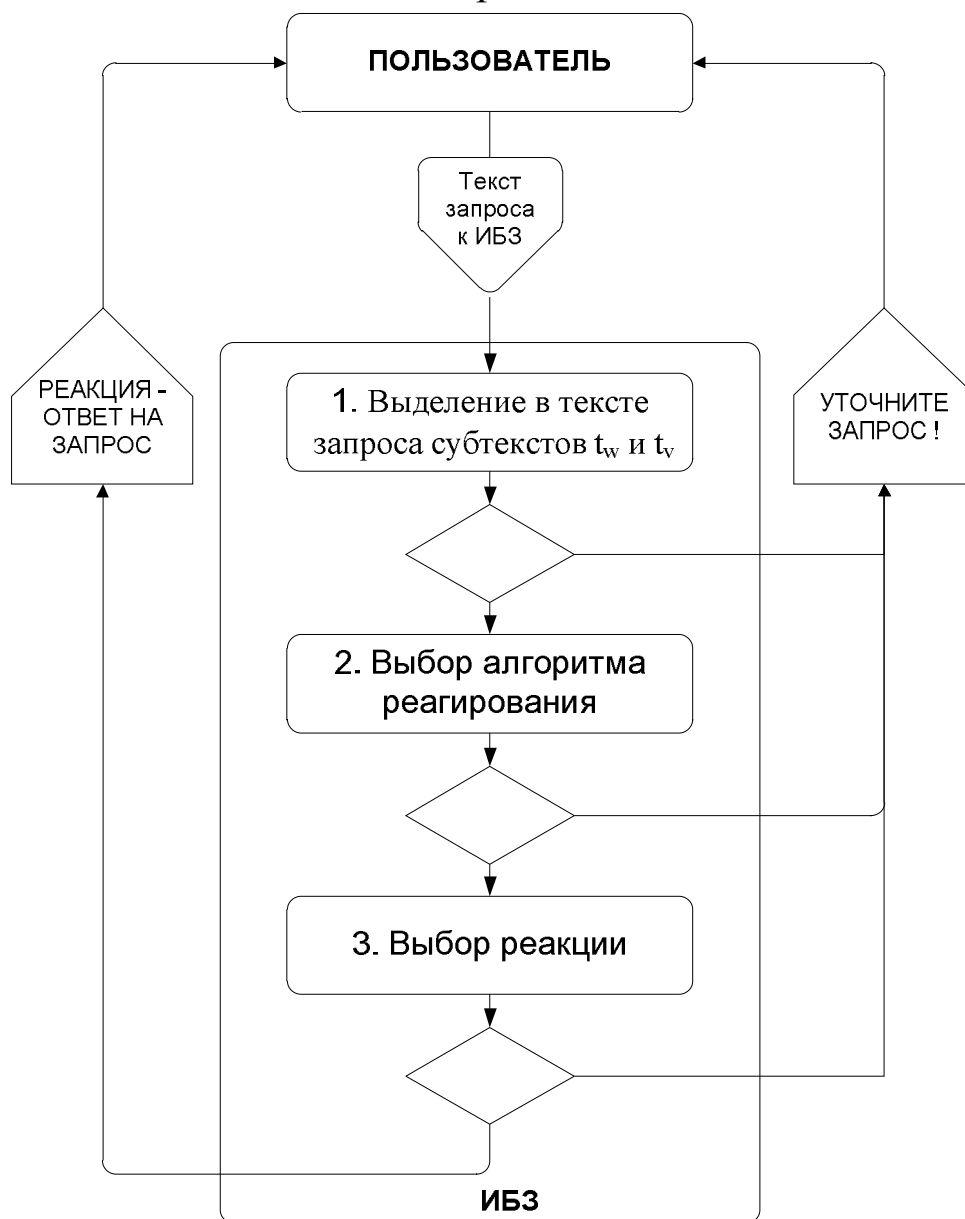


Рис. 10.7. Алгоритм машинного понимания естественно-языковых текстов при реализации пятикомпонентной схемы

а) алгоритм α , выделяя в тексте входного предложения t субтексты t_w и t_v , может ошибаться, что обусловлено неоднозначностью и расплывчатостью понятий естественного языка;

б) отображение множества всех субтекстов t_w на множество $F^{(p)}$, которое осуществляет алгоритм W , в общем случае может

быть неоднозначным: при разных комплексах обстоятельств $C^{(p)}$ и $C^{(s)}$ одному и тому же входному предложению (и в его составе одному и тому же субтексту t_w) могут быть адекватны различные типы реакций;

в) алгоритм f_i , вырабатывая конкретную реакцию r_i' из класса однотипных реакций r_i , так же может допускать ошибки, обусловленные тем, что одно и то же входное предложение (и в его составе один и тот же субтекст t_v) может ассоциировать различные реализации реакций модели.

Преодоление этих трудностей при практическом построении модели возможно двумя путями. Во-первых, путем жесткой формализации предложений входных текстов, до уровня, когда все запросы пользователя к модели составляются по заранее определенным формам и с использованием унифицированного тезауруса. Одновременно эти формы и тезаурус заносятся в память компьютера и образуют базу лингвистических знаний, которая пополняется и модифицируется в процессе эксплуатации модели. Во-вторых, путем организации специальной процедуры обучения модели, заключающейся в том, что в память компьютера заранее записываются корреляционные правила вида:

$$(C^{(p)}, C^{(s)}): f_w^i \Rightarrow r_k \in R; (t_v) \Rightarrow r_k' \in r_k. \quad (10.10)$$

Правила вида (10.10) называются предписывающими и читаются так: если имеет место $(C^{(p)}, C^{(s)})$, то при наличии субтекста f_w^i из множества возможных типов реакций R следует выбирать реакцию из класса r_k ; если имеет место субтекст t_v , то из класса r_k следует выбирать конкретную реакцию r_k' . Помимо предписывающих, возможно использование рекомендующих (например, если t_w^1 , то лучше r_1 , но можно r_2 или r_3) и запрещающих корреляционных правил (например, если t_w^2 , то недопустимы r_1, r_2, \dots, r_N), а также их комбинаций. В совокупности эти правила образуют один из разделов процедурной базы знаний, который пополняется в процессе эксплуатации модели.

10.7. Режимы работы системной модели

Принципиальная особенность системной модели состоит в необходимости ее обучения. Ее начальная оболочка содержит лишь операционный компонент, который реализует «интеллектуальные» механизмы модели по преобразованию знаний (в том числе механизмы ее адаптации и интерпретации). Информационный же компонент модели пуст. Для того чтобы работать с моделью, надо сообщить ей факты и закономерности, касающиеся изучаемого объекта, а также план предстоящего модельного эксперимента. В качестве учителя выступает исследователь, который через лингвистический процессор сообщает модели все необходимые знания. В режиме обучения информационный и логический процессоры работают только на прием информации, а вычислительный процессор не участвует в работе. После обучения модель может работать в вопросно-ответном и интерактивном режиме. В вопросно-ответном режиме исследователь формулирует и задает на вход модели текст, содержащий тему и условия вопроса. Выходом модели являются сведения, удовлетворяющие условиям вопроса и оформленные в виде некоторого текста на естественном языке либо в виде документа (таблицы, анкеты). В интерактивном режиме (или режиме модельного эксперимента) участвуют все блоки модели, которые взаимодействуют с пользователем как показано на рис. 10.8.

На вход модели поступают описания экспериментальных сценариев, содержащие сведения о целях и задачах данного эксперимента, условиях и графике его проведения и т.д. Модель инициирует диалог с исследователем до тех пор, пока не получит от исследователя ответов, снимающих всякую неопределенность относительно выполнения предписанных операций. Так, например, если эксперимент заключается в решении некоторой системы дифференциальных уравнений, то модель выдаст исследователю полный перечень вопросов, касающихся граничных и начальных условий, областей определения переменных,

необходимой точности вычислений, а также проверит функции, входящие в состав уравнений, на отсутствие точек разрыва.

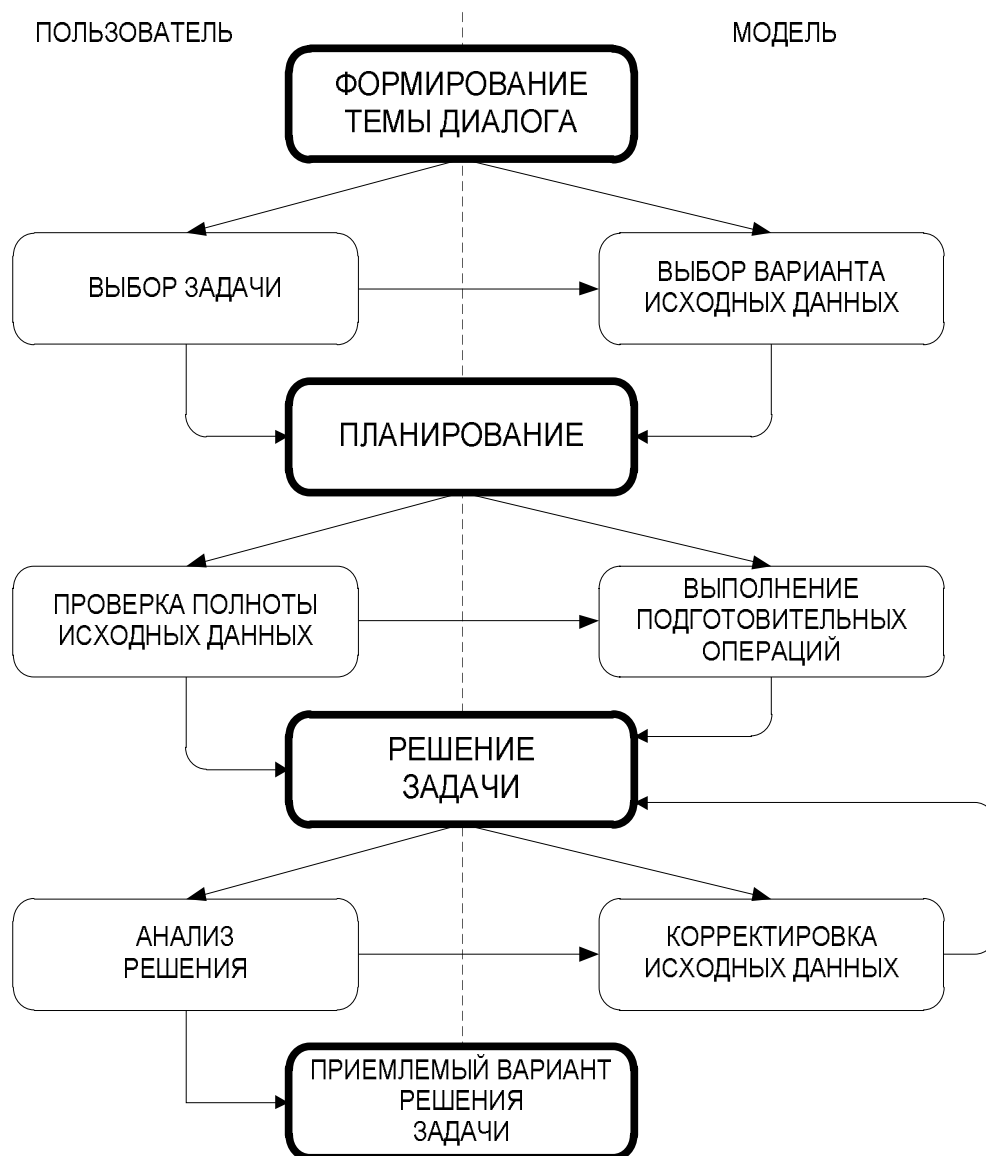


Рис. 10.8. Алгоритм интерактивного диалога между системной моделью и пользователем

После снятия вопросов производятся необходимые расчеты, логические выводы и другие операции, позволяющие сформировать на выходе модели рекомендации по изменению параметров объекта изучения. Эта информация в виде таблиц и графиков, сопровождаемых текстами на естественном языке, выдается исследователю. После анализа полученной информации исследователь вводит в модель необходимые корректировки, изменяет условия задачи, и модельный эксперимент продолжается.

10.8. Схема проведения исследований с помощью системной модели

Такая схема приведена на рис. 10.9 и не нуждается в особых комментариях. Обратим внимание на следующее.

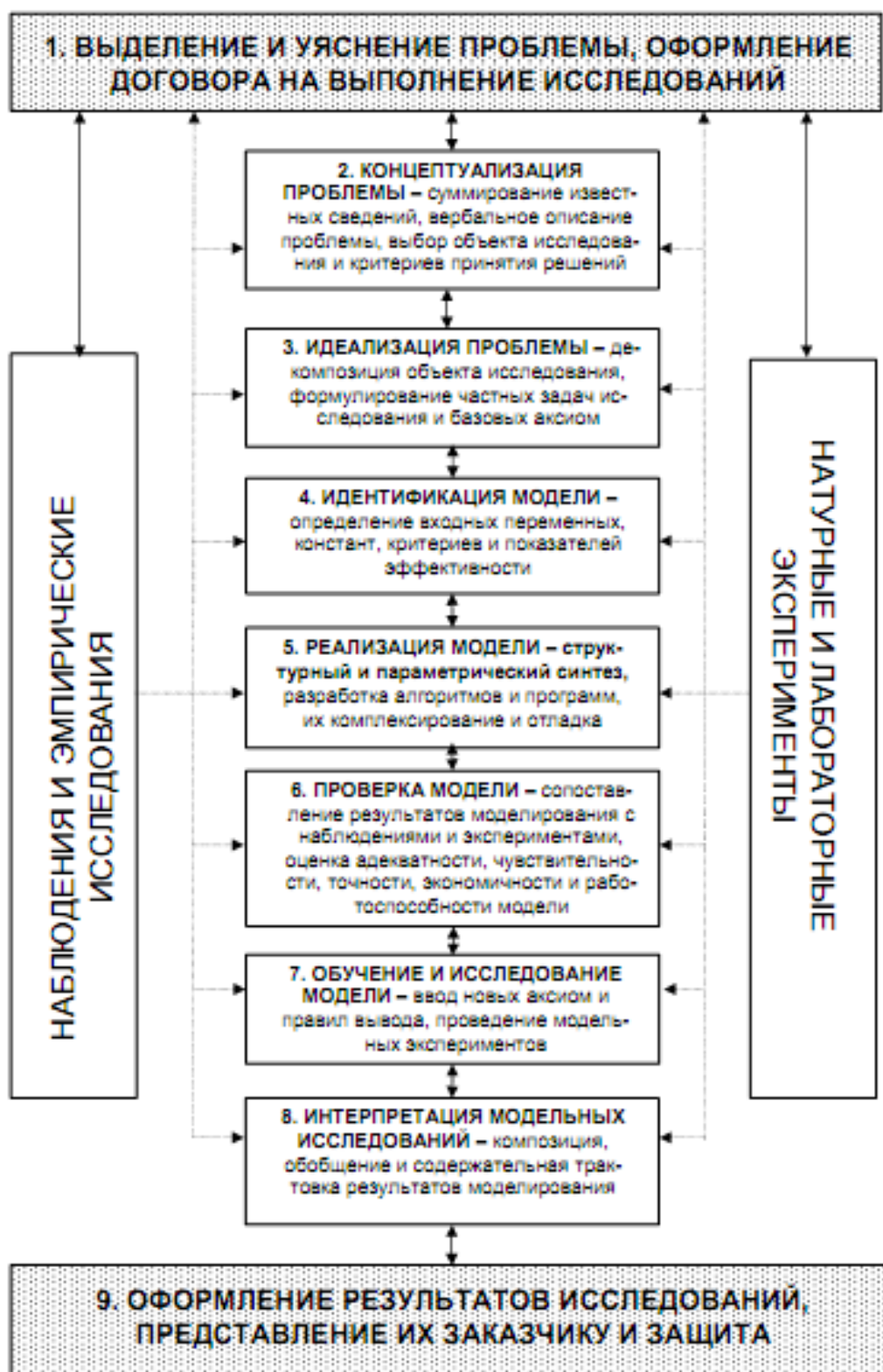


Рис. 10.9. Общая схема проведения системных исследований

Во-первых, системные исследования итеративны по своей сути. Это означает, что любая системная проблема не имеет своего окончательного решения, или иначе: ни при каком сколько угодно глубоком познании невозможно получить исчерпывающую характеристику изучаемого объекта.

Во-вторых, системные исследования предполагают непрерывный симбиоз теоретических модельных экспериментов с наблюдениями, эмпирическими исследованиями, натурными (лабораторными) экспериментами. Это не означает, что «практика есть критерий истины», скорее, теория без практики пуста, а практика без теории слепа. Математическое моделирование предшествует эксперименту и направленному сбору информации, что подчеркивает важность этого приема изучения систем.

В-третьих, системная модель – это некоторая концептуальная (символьная) система, органически вписанная в общий процесс проведения научного исследования, и не существующая вне него. Поэтому при ее построении очевиден системный подход и необходимость решения задач синтеза, анализа и принятия решений. Рассматривая собственно процесс построения системной модели с этой позиции, приходим к тому, что процедурно он аналогичен схеме рис. 10.9.

В-четвертых, ответственным является последний (девятый) этап, суть которого заключается в том, что исследователь должен оформить результаты исследований, представить их заказчику в виде отчета с поясняющими приложениями и, самое главное, защитить их. В процессе защиты заказчик (обычно это комиссия) вправе получить от исследователя ответы на следующие типовые вопросы.

1. Исходя из каких соображений проведение данной работы было поручено данному исполнителю? Проводился ли конкурс перед определением головного исполнителя и заключением договора на выполнение работы?

2. В чем заключалась суть проблемы? Каковы цели проведения исследований, и какие задачи решались для их достижения?

3. Разрабатывался ли план проведения работы? Если да, то на какие этапы она разделялась, каковы сроки выполнения этапов и объемы поэтапного финансирования?

4. Какие коллективы привлекались для решения задач исследования? Заключались ли субдоговора? Если да, то каковы объемы финансирования субподрядчиков?

5. Какие решения должен принять заказчик по результатам исследования? Когда должны или могут быть приняты эти решения? Какие последствия влекут за собой те или иные решения? Каковы затраты на реализацию предлагаемых решений? Какова ожидаемая прибыль, и в чем она выражается?

6. Какие альтернативные варианты решений были рассмотрены в процессе исследований, и на основе каких соображений осуществлялось их ранжирование? Какие альтернативы были исключены из рассмотрения как заведомо непригодные?

7. Какие исходные предположения составляли базис исследований? Как эти предположения выражены и учтены при проведении исследований? Могут ли некоторые предположения изменить характер выводов? Если да, то, каким образом?

8. Какие показатели и критерии использовались при проведении исследований? Каким образом осуществлялся их выбор, и как они согласуются с критериями и показателями более высокого уровня? Существуют ли другие критерии и показатели, которые также представляются разумными?

9. Результаты каких фундаментальных исследований использовались при проведении работы? Чем подтверждается комплексный характер данных исследований?

10. Какие типы неопределенностей учитывались при проведении исследований? Учтены ли помимо традиционных неопределенностей в оценке параметров также неопределенности в оценке будущей обстановки, вероятностные неопределенности, неопределенности в достоверности внутренних связей модели и др.? Если учтены, то каким образом?

11. Учитывались ли при проведении исследований возможности конкурента или противника, или именно такие возможности определяли общий подход к формулированию проблемы и общую технологию исследований?

12. Какие предположения, допущения и ограничения положены в основу построения математических моделей? Каким образом оценивалась адекватность моделей, точность и достоверность полученных оценок?

13. Проводились ли в процессе исследований натурные и лабораторные эксперименты? Если да, то как их результаты согласуются с результатами компьютерных экспериментов?

14. Что служит основанием считать исследования законченными? Имеют ли они перспективу? Если имеют, то какую?

10.9. Классификация системных моделей

Один из возможных вариантов классификации системных моделей приведен на рис. 10.10.

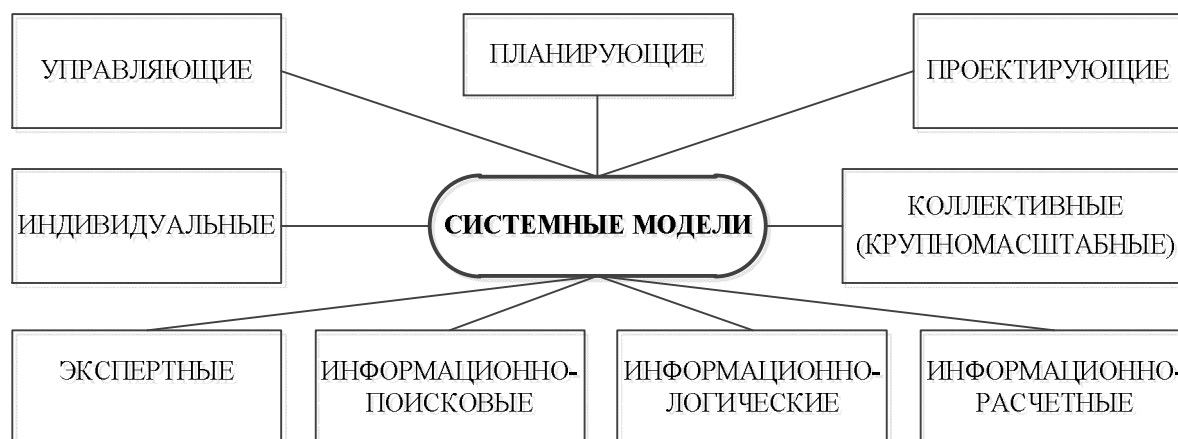


Рис. 10.10. Классификация системных моделей (вариант)

Системные модели, которые работают только в вопросно-ответном режиме, называются вопросно-ответными или экспертными. Если предметная база содержит лишь прагматический уровень, то есть состоит только из базы данных, то такие модели называются информационно-поисковыми. Модели, ра-

ботающие в интерактивном режиме, называются информационно-логическими, а в случае, когда объектом управления является некоторая система специального математического обеспечения или пакет прикладных программ, их называют информационно-расчетными.

В зависимости от предназначения системные модели подразделяются на управляющие, проектирующие и планирующие. Проектирующие модели предназначены для интеллектуальной поддержки принятия решений при проектировании технических, технологических, организационных и других систем, а также для научных исследований. Модели управляющего типа предназначены для управления реальными технологическими, техническими, производственными и другими процессами. Например, такие модели используются в автоматизированных системах управления движением железнодорожного и воздушного транспорта. В том случае, когда системные модели разрабатываются и используются для отработки планов применения каких-либо средств, они называются планирующими.

Индивидуальные модели реализуются на базе локальных компьютерных средств и предназначены для персональной исследовательской, управленческой и планирующей работы. Коллективные или крупномасштабные системные модели разрабатываются на базе распределенных компьютерных сетей. Они предназначены для проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в масштабе института или опытно-конструкторского бюро, а также для управления пространственно распределенными объектами. Такие модели входят в состав соответствующих автоматизированных систем управления, образуя их интеллектуальное и информационное ядро. При их построении реализуется принцип гибкого формирования персонально ориентированных задач с соответствующим уровнем детализации и специализацией информации, предоставляемой пользователю (рис. 10.11).

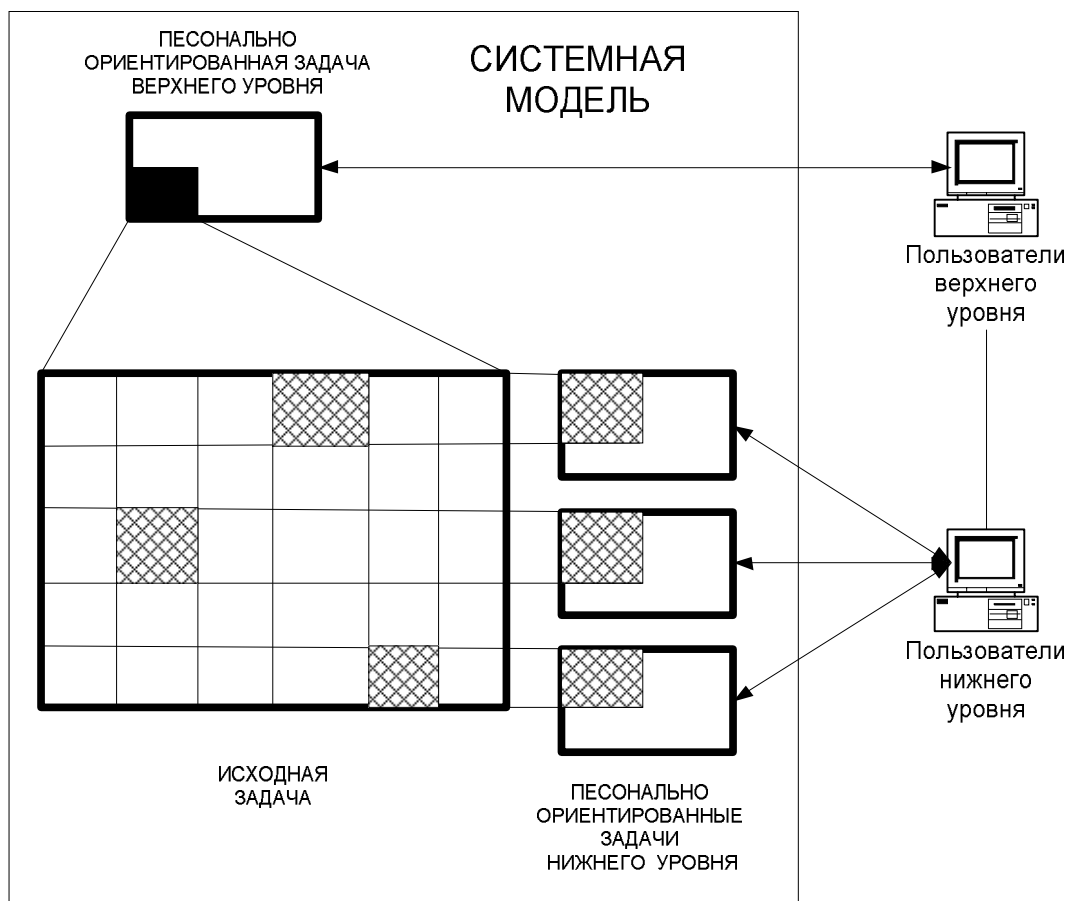


Рис. 10.11. Иллюстрация принципа формирования персонально ориентированных задач в крупномасштабных системных моделях

На этом рисунке в персонально ориентированных задачах нижнего уровня оставлены без изменения некоторые части и параметры исходной задачи, а остальные параметры подвергнуты агрегированию. Такие задачи можно назвать частично агрегированными. Они позволяют конкретному пользователю, работая с системной моделью, оперировать только тем набором информации, который его интересует и входит в его компетенцию. Внесение изменений в частично агрегированные задачи позволяет исследовать определенный аспект проблемной области, проанализировать внутренние взаимосвязи и выбрать наиболее эффективные решения.

Персонально ориентированная задача верхнего уровня строится в терминах агрегированных параметров, состав и способ построения которых может меняться в зависимости от изучаемого вопроса, от желания пользователя проследить связь между

теми или иными агрегированными параметрами. Такую задачу следует назвать полностью агрегированной, тем самым подчеркивается, что речь идет об укрупненном описании всех параметров исходной задачи.

Таким образом, при реализации системной модели на основе способа гибкого формирования персонально ориентированных задач предполагается, что каждая исходная задача большой размерности является тем материалом, из которого строятся частично агрегированные задачи, ориентированные на потребности конечных пользователей.

Резюме. В целом моделирование как метод познания действительности выступает антитезой не только эмпиризму, но и тем направлениям в науке, которые проповедуют различного рода тестирования и опросы общественного мнения. При проведении системно-аналитических исследований эти методы признаются вредящими успеху дела, уводящими в сторону от существа изучаемых проблем и загромождающими пути к их конструктивному решению. Эти методы чаще всего нужны не ученым, а политикам и функционерам от науки, которые, способные, опираясь на результаты тестирования и опросы общественного мнения, не только «замутить» любую социальную проблему, но «обосновать» любую глупость.

В системном моделировании имеет место симбиоз и содружество с традиционными методами математического моделирования, когда стирается грань между стремлением к тотальной формализации и логико-интуитивным (эвристическим) подходом к анализу системных явлений. Таким образом, системное моделирование есть разумный компромисс между этими крайними точками зрения на возможные пути конструктивного разрешения системных проблем.

Системное моделирование – сравнительно молодое научное направление, в котором пока много проблем и нерешенных вопросов. В настоящее время развитие системного моделирования

существенно сдерживается отсутствием конструктивной технологии проектирования системных моделей. Концепция такой технологии очевидна: системная гомеостатическая модель – это самоорганизующаяся многоуровневая система, следовательно, проектировать ее надо так, как проектируются системы такого класса. Однако также очевидны трудности реализации такой концепции – пока нет универсальной и достаточно формализованной технологии проектирования самоорганизующихся символьных систем, инвариантной к предметным областям.

Важнейшим отличием системного моделирования от традиционного математического является использование языков представления знаний. То есть языков, позволяющих отражать различные аспекты проблемной области, наблюдаемые факты и закономерности, описывать эти знания не только на количественном, но и на качественном уровне. По сути, системное моделирование – это процесс восприятия, фиксации, переработки и получения новых знаний на базе использования современных информационно-компьютерных технологий. Поэтому проблема представления знаний (подчеркнем еще раз, не данных, а знаний) находится в центре внимания специалистов по системному моделированию. В этой проблеме много трудных вопросов, но кардинальным является вопрос о языках представления знаний.

ГЛАВА 11. ЯЗЫКИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМНЫХ МОДЕЛЯХ

Выбор языков представления знаний при разработке системных моделей сталкивается с двумя противоречивыми требованиями. С одной стороны, требуется, чтобы такой язык содержал развитую систему формальных эквивалентных преобразований, обеспечивающую возможность определения синтаксической и семантической правильности выражений и формального построения выводов. С другой стороны, такой язык должен позволять адекватно описывать моделируемые проблемные об-

ласти во всем их многообразии, то есть обеспечивать достаточно подробное и однозначное отображение естественно-языковых текстов на язык, «понятный» компьютеру. Эта двойственность приводит к тому, что выбор того или иного варианта языка является компромиссом между этими противоречивыми требованиями, который разрешается тем, что при практической разработке системных моделей используются несколько языков представления знаний. В настоящее время помимо естественного языка и языка классической математики наибольшее распространение получили пять типов языков: логические, язык нечетких множеств, контекстно-свободный плекс-язык, язык семантических сетей, язык ролевых фреймов и тензорный язык Крона. Дадим им краткую характеристику.

11.1. Логические языки

Эти языки образуют достаточно большой класс формализованных языковых средств, пригодных для представления знаний в системных моделях, наибольшее практическое применение из которых нашли язык предикатов первого порядка и язык исчисления высказываний. Для этих языков существуют достаточно мощные процедуры эквивалентных преобразований (правила дистрибутивности, идемпотентности и т.п.) и получения новых утверждений и фактов, самой известной из которых является процедура резолюции «если..., то...». Однако с точки зрения построения системных моделей их описательные возможности ограничены следующим. В логических языках невозможно выразить многие кванторы естественного языка («часто», «сильно», «почти всегда» и др.), а так же модальности («желательно», «необходимо» и т.п.) и императивы («иди», «сделай» и т.п.), присущие естественно-языковым текстам. Набор текстов на естественном языке, для которых имеется полная аналогия с логическим представлением, резко сужается

из-за необходимости точного указания области действия предиката или высказывания.

Из этого следует, что логические языки из-за «жесткой» семантики не обладают достаточными описательными возможностями для передачи всех оттенков и тонкостей смысла естественного языка. Вместе с тем мощность процедур эквивалентных преобразований обуславливает их широкое применение в системных моделях, входной язык которых является подмножеством естественного языка.

11.2. Язык нечетких множеств

Этот язык представляет собой естественное расширение классического теоретико-множественного языка с тем существенным отличием, что классический язык построен на дихотомии (элемент « x » может либо принадлежать множеству « A », либо не принадлежать ему), а в языке нечетких множеств дихотомия отсутствует. Вместо нее принадлежность элемента « x » множеству « A » задается функцией принадлежности $\mu_A(x)$.

Нечетким множеством « A » на множестве X называется множество упорядоченных пар $A = \{\mu_A(x), x\}$, составленных из элементов x универсального (полного) множества X , и соответствующих функций принадлежности $\mu_A(x)$. Переменная x называется базовой. Обычно на нечеткое множество ссылаются либо по его имени « A », либо по функции принадлежности.

Если универсальное множество X состоит из конечного числа элементов x_1, x_2, \dots, x_n , то нечеткое множество « A » можно представляется в следующем виде:

$$A = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i. \quad (11.1)$$

В данном случае знак « $+$ » не есть сложение в его традиционном понимании, им обозначается совокупность элементов множества (числитель) с их принадлежностью (знаменатель).

Функция принадлежности может выражаться как числами из интервала $[0, 1]$, так и в виде лингвистических переменных, то есть переменных, значениями которых выступают не числа, а слова и словосочетания. Например, лингвистическая переменная <рост человека>, имеющая значениями: «очень высокий», «выше среднего», «средний», «ниже среднего», «низкий», может иметь такую функцию принадлежности: «часто», «редко», «никогда».

С использованием такой функции принадлежности, множество людей в некотором городе «N» с точки зрения их роста может быть охарактеризовано записью:

$$A = \mu_A(x_3)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \mu_A(x_1)/x_3 + \mu_A(x_2)/x_4 + \mu_A(x_3)/x_5,$$

где x_1 – «очень высокий», x_2 – «выше среднего», x_3 – «средний», x_4 – «ниже среднего», x_5 – «низкий»; функции принадлежности: $\mu_A(x_1)$ – «часто», $\mu_A(x_2)$ – «редко», $\mu_A(x_3)$ – «никогда», которая читается так: «в городе «N» проживают люди в основном среднего роста, иногда встречаются люди выше или ниже среднего роста, и нет людей очень низкого и очень высокого роста».

Таким образом, по определению нечеткие множества представляют собой расширение обычных (строгих) множеств, которые есть ни что иное как частный случай нечетких множеств.

Содержательная трактовка функции принадлежности зависит от задачи, в которой используется нечеткое множество. Возможны следующие трактовки: степень соответствия понятию «A»; вероятность; возможность; полезность; истинность; правдоподобность; значение функции.

Для каждой трактовки функции принадлежности разрабатываются свои методы их построения. В ряде моделей функции принадлежности задаются в параметрическом виде. Например, функции принадлежности $\mu_A(x_1)$ – «часто», $\mu_A(x_2)$ – «редко», $\mu_A(x_3)$ – «никогда» могут изначально задаваться так, чтобы они равномерно покрывали область своего определения X , а затем настраивались в процессе отладки модели.

В случае, когда функция принадлежности задается числами, наиболее распространенными в приложениях являются линейные, треугольные, трапециевидные, гауссовские и колоколообразные функции принадлежности.

Язык нечетких множеств имеет достаточно развитую систему операций для формальных эквивалентных преобразований, сравнимую по мощности с аналогичной системой операций традиционных логических языков [Аверкин, Батыршин и др., 1986].

Простейшей является операция дополнения нечеткого множества, выступающая аналогом связки «не» (отрицания) в математической логике: $\forall x \in X: \bar{\mu}(x) = 1 - \mu(x)$. Следующей является операция разности нечетких множеств: $(\mu_1 - \mu_2)(x) = \max \{0, \mu_1(x) - \mu_2(x)\}$, где индекс 1 относится к уменьшаемому множеству, а индекс 2 – к вычитаемому. Объединение нечетких множеств – максимум (аналог логическому «или» как «либо-либо»), записывается так: $(\mu_1 \cup \mu_2)(x) = \max \{\mu_1(x), \mu_2(x)\}$. Пересечение нечетких множеств (минимум, аналог логическому «и» как «и-и») записывается так: $(\mu_1 \cap \mu_2)(x) = \min \{\mu_1(x), \mu_2(x)\}$. Ограниченная сумма нечетких множеств (логическое «или») – $(\mu_1 \oplus \mu_2)(x) = \min \{1, \mu_1(x) + \mu_2(x)\}$. Ограниченное произведение нечетких множеств (логическое «и») $(\mu_1 \otimes \mu_2)(x) = \max \{0, \mu_1(x) + \mu_2(x)\}$. Алгебраическое произведение нечетких множеств $(\mu_1 \bullet \mu_2)(x) = \mu_1(x) \cdot \mu_2(x)$. Алгебраическая сумма нечетких множеств («или») $(\mu_1 + \mu_2)(x) = \{\mu_1(x) + \mu_2(x)\} - (\mu_1 \bullet \mu_2)(x)$. Операция концентрирования, для гауссовской функции принадлежности имеющая вид: $\mu(x, \vartheta) = \exp[-0,5(x - a)^2 / \vartheta b^2]$, где $\vartheta = (0, \dots, 1)$ – коэффициент концентрирования.

Операции над нечеткими множествами можно интерпретировать простейшим абстрактным автоматом – преобразователем информации, который выдает определенный выходной сигнал в ответ на каждый входной сигнал. В качестве примера на рис. 11.1 изображен абстрактный автомат, имеющий три входа и один выход и соответствующий операции алгебраического про-

изведения трех нечетких множеств $\mu_1(x)$, $\mu_2(x)$ и $\mu_3(x)$. Работает такой автомат так: в каждый момент t_i дискретного времени

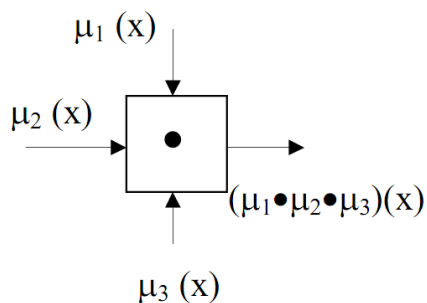


Рис. 11.1. Пример автоматного представления алгебраического произведения нечетких множеств

он либо принимает входные сигналы $\mu_i(x)$, либо порождает выходной сигнал $(\mu_1 \bullet \mu_2 \bullet \mu_3) = \mu_1(x) \cdot \mu_2(x) \cdot \mu_3(x)$. Автоматное представление нечетких множеств удобно для составления нечетких алгоритмов.

Нечеткими алгоритмами называются упорядоченные совокупности операций над функциями принадлежности нечетких множеств. Они описывают сложные отношения между нечеткими множествами и бывают с фиксированной и нефиксированной структурой. Алгоритмом с фиксированной структурой однозначно предписывается последовательность выполнения элементарных операций над функциями принадлежности нечетких множеств.

Пример нечеткого алгоритма с фиксированной структурой, формальная запись которого представляется в следующем виде: $\mu(A)(x) = \min \{1, \min [\mu_1(x), \mu_2(x)] + \max [0, \mu_1(x) - \mu_3(x)]\}$, приведен на рис. 11.2. При заданных функциях принадлежности $\mu_1(x)$, $\mu_2(x)$ и $\mu_3(x)$ такая запись однозначно определяет порядок выполнения элементарных операций и позволяет установить со-

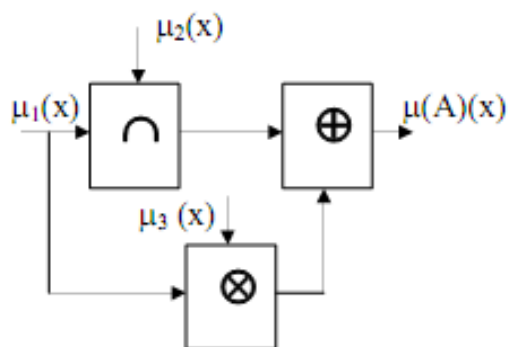


Рис. 11.2. Пример нечеткого алгоритма с фиксированной структурой

вокупное нечеткое множество $\mu(A)(x)$. Алгоритмы такого типа используются для представления знаний о детерминированных процессах.

Для представления знаний о ветвящихся процессах используются алгоритмы с нечетко фиксированной структурой.

В этих алгоритмах не предписывается цепочка операций, а указываются лишь возможные (разрешенные) последовательности

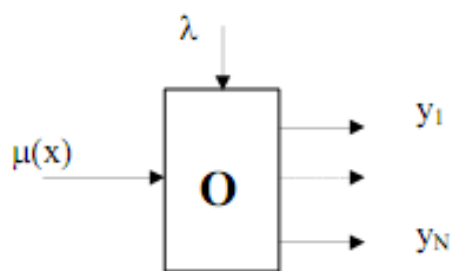


Рис. 11.3. Простой условный оператор

выполнения элементарных операций. Они строятся на основе простых условных операторов и условных операторов с обратной связью.

Простой условный оператор представлен на рис. 11.3 и в своем формальном выражении записывается следующим образом так: $O(x, \theta, \lambda): \lambda \Rightarrow \{[y_1 = \theta_1 \mu(x)], \dots, [y_N = \theta_N \mu(x)]\}, \sum \theta_i = 1$. Он имеет тот смысл, что если выполняется некоторое условие λ , то на выходе i ($i = 1, \dots, N$) вырабатывается сигнал $y_i = \mu(x)$ с некоторой вероятностью θ_i от 0 до 1. Если условие λ не выполняется, то на выходах сигнал отсутствует, $y_1 = \dots = y_N = 0$. В частном случае, когда λ принимает только два значения, например 0 и 1, простой условный оператор будет детерминированным.

Условные операторы с обратной связью используются для представления знаний об адаптивных и само-

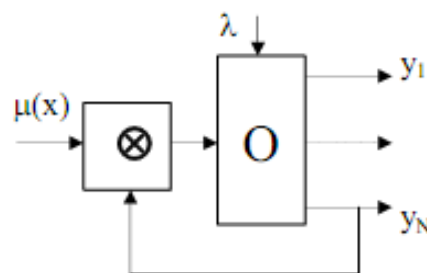


Рис. 11.4. Условный оператор с обратной связью

организующихся процессах. На рис. 11.4 приведен один из возможных вариантов такого алгоритма, реализующий обратную связь типа ограниченного произведения \otimes по выходу y_N . Изменяя конфигурацию такого алгоритма и варьируя операциями, образующими контур обратной связи, можно представлять знания о функционировании систем как с положительными, так и с отрицательными обратными связями (детерминированными, случайными, запаздывающими и другими).

Представление знаний с использованием нечетких алгоритмов образно можно сравнить с построением различных фигур из «кубиков» конструктора. Операция в принципе простая, но для

того чтобы в итоге конструирования получилась требуемая конфигурация, необходимо: а) иметь конструкторскую схему, то есть достаточно полную понятийную (вербальную) модель объекта; б) располагать полным набором совмещаемых между собой «кубиков», то есть задать функции принадлежности нечетких множеств, которые будут использоваться при конструировании алгоритма.

Зачастую выполнить эти условия не представляется возможным именно потому, что нет полной ясности относительно свойств и возможных вариантов поведения объекта предметной области. В таких случаях организуется пошаговая разработка алгоритма и его поэтапная апробация с «обучением». Учителем выступает пользователь системной модели, а обучение заключается в уточнении и видоизменении первоначально выбранных функций принадлежности, а также используемых операторов и вариантов их соединения.

Процесс обучения может завершиться тем, что построенный алгоритм будет неадекватным реальному процессу. Но, как известно, отрицательный результат – тоже результат, добавляющий знания. Во всяком случае, даже неудачные попытки представления знаний об объектах предметной области с помощью нечетких алгоритмов полезнее, чем поверхностные наблюдения, сомнительные аналогии и умозрительные заключения.

11.3. Контекстно-свободный плекс-язык

Основными компонентами этого языка являются: плекс-элементы, операция конкатенации и КСП-грамматика. Плекс-элемент – это абстрактный объект, имеющий определенное количество контактов (входов и выходов) для соединения с другими плекс-элементами. Множество различающихся плекс-элементов, из которых может быть образована некоторая структура, образуют алфавит КСПЯ. Конкатенацией называется соединение плекс-элементов (их контактов) из алфавита, что зада-

ется матрицей $G = \|\gamma_{ij}\|$, элементы которой отражают связи между контактами плекс-элементов. КСП-грамматика – это правила соединения плекс-элементов между собой. В качестве примера на рис. 11.5 дано графическое представление некоторой системы, описанной на КСПЯ.

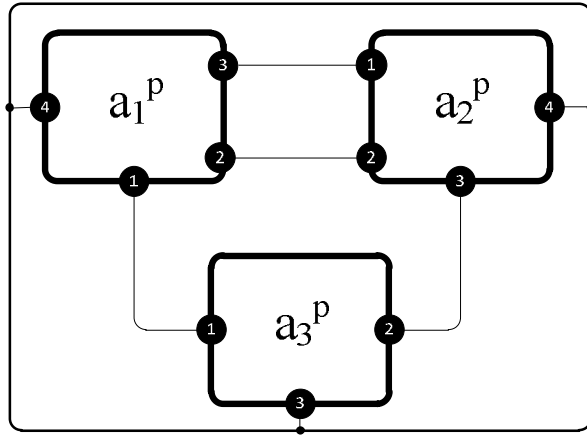


Рис. 11.5. Представление трехкомпонентной системы с помощью КСПЯ

Эта система состоит из трех компонентов или в терминах КСПЯ – трех плекс-элементов: a_1^p , a_2^p , и a_3^p . В каждом плекс-элементе контакты выделены точками на его контуре и перенумерованы. При этом часть контактов замкнута на контакты внутренних плекс-элементов системы,

а другая часть контактов замкнута на контакты внешнего контура поверхности системы.

Матрица конкатенации для этого плекса (системы) представляется так:

$$G = \begin{vmatrix} 0 & (2-2, 3-1) & (1-1) \\ (2-2, 1-3) & 0 & (3-2) \\ (1-1) & (2-3) & 0 \end{vmatrix}. \quad (11.2)$$

Элемент γ_{ij} , расположенный над главной диагональю матрицы, отличается от элемента γ_{ji} , стоящего ниже диагонали, только порядком записи индексов для каждой пары, что отражает направленность связей между плекс-элементами.

Грамматикой КСПЯ называется четверка:

$$\Gamma = \langle v_0, A, V, R^* \rangle, \quad (11.3)$$

где v_0 – начальный символ; $A = \{a_i^p\}$ – алфавит терминальных плекс-элементов; $V = \{v_k\}$ – алфавит вспомогательных плекс-элементов; R^* – множество правил вывода.

Правила вывода имеют вид

$$v \rightarrow \Psi PI, \quad (11.4)$$

где Ψ ($\Psi \subseteq a_1^p \times v_k$) – подстановка, указывающая порядок конкатенации контактов при подстановке вспомогательного плекса вместо терминального; символика $PI(A \vee V)^+$ означает, что плекс PI есть подмножество объединения алфавитов A и V , значок «+» указывает на то, что при таком объединении должны учитываться все возможные в конкретной грамматике индексы.

Иллюстрация для грамматики с правилами вывода:

$$v_0 \rightarrow \Psi_1 \Gamma_1 v_1 v_2; \quad v_1 \rightarrow \Psi_3 \Gamma_3 a_1^p a_2^p a_3^p; \quad v_2 \rightarrow \Psi_6 \Gamma_6 a_4^p a_5^p, \quad (11.5)$$

дается на рис. 11.6

Эти правила построены на двух вспомогательных v_1 и v_2 и пяти терминальных плекс-элементах $a_1^p, a_2^p, a_3^p, a_4^p, a_5^p$ при подстановках Ψ_1, Ψ_3, Ψ_6 . Начальный символ v_0 в этой грамматике представляет собой некоторый объект предметной области в

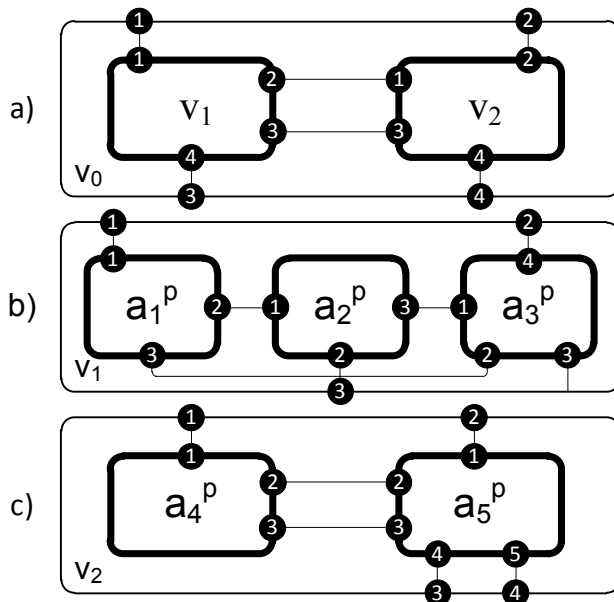


Рис. 11.6. Иллюстративный пример представления системы с помощью КСП-грамматики

целом, то есть некоторую систему на нулевом уровне ее членения. Вспомогательные плексы v_1 и v_2 заданы альтернативными графами, вершинами которых служат функции, представляющие подпроцессы функционирования системы как целого, а ребрами – отношения между функциями.

На рис. 11.6b и 11.6c показаны альтернативные

варианты заданной через v_0 структуры системы с применением различных комбинаций терминальных плекс-элементов.

Таким образом символика (11.5) означает (на примере первой строки) «плекс v_0 образован плексами v_1 и v_2 по правилам подстановки Ψ_1 и матрицы конкатенации Γ_1 ».

Матрицы конкатенации и подстановки в рассматриваемом примере выглядят так:

$$G_1 = \left\| \begin{array}{cc} 0 & (2-1, 3-3) \\ (1-2, 3-3) & 0 \end{array} \right\|; \Psi_1 = ((1-1, 4-3), (2-2, 4-4));$$

$$G_3 = \left\| \begin{array}{ccc} 0 & (2-1) & (3-2) \\ (1-2) & 0 & (3-1) \\ (2-3) & (1-3) & 0 \end{array} \right\|; \Psi_3 = ((1-1), (2-3), (3-4, 4-2));$$

$$G_6 = \left\| \begin{array}{cc} 0 & (2-2, 3-3) \\ (2-2, 3-3) & 0 \end{array} \right\|; \Psi_6 = ((1-1), (1-2, (2-2, 4-3, 5-4))).$$

В этой грамматике возможен вывод «г» такого вида:

$$r: v_0 \rightarrow \Psi_1 \Gamma_1 (\Psi_3 \Gamma_3 a_1^p a_2^p a_3^p) (\Psi_6 \Gamma_6 a_4^p a_5^p). \quad (11.6)$$

Этот вывод записан в так называемой не приведённой форме, позволяющей определять элементный состав плекса и, вместе с этим, содержащий указатели матриц конкатенации и подстановки, по которым можно выявить способы соединения плекс-элементов между собой. Это означает, что, используя записи типа (11.6), можно строить дерево выводов.

Основным достоинством КСПЯ является его относительная простота и возможность использования как достаточно гибкой формы представления знаний о структурах различных объектов. Причем, когда появляется некоторая новая структура, всегда можно установить, достаточно ли алфавита и грамматики данного языка для ее адекватного представления, или необходимо дополнять алфавит новыми плекс-элементами и модифицировать КСП-грамматику.

Основные ограничения данного языка связаны со следующими обстоятельствами. Во-первых, в КСПЯ практически отсутствуют средства формальных эквивалентных преобразований, что не позволяет установить синтаксическую и семантиче-

скую правильность выражений и формального построения выводов. Во-вторых, с помощью КСПЯ достаточно трудно описывать свойства и качества реальных объектов предметной области, поскольку он ориентирован на описание преимущественно отношений «вход-выход». В-третьих, пока не разработаны компьютерные программы-трансляторы, обеспечивающие перевод текстов, написанных на КСПЯ, в машинные языки программирования высокого уровня.

11.4. Язык семантических сетей

Построение семантической сети основано на гипотезе, что человеческая память формируется через ассоциации между понятиями. Понятие «ассоциативная память» появилось еще во времена Аристотеля и вошло в информатику в связи с работами по использованию простых ассоциаций для представления значения слов в базе знаний [Уэно, Исидзука, 1989]. В настоящее время этот формализм развит и используется для представления знаний в системных моделях самой различной ориентации: социально-экономической, медицинской, военной...

Базовым элементом семантической сети служит тройная структура $(x_i \text{ r } x_j)$, состоящая из двух «узлов» (x_i, x_j) и связывающей их «дуги» (r) . Каждый узел соответствует некоторому понятию, а дуга выражает отношение между парами понятий. Можно считать, что каждая такая тройка отражает простой факт. Например, дом (x_1) стоит на (r_1) горе (x_2) .

Дуга r имеет направленность, благодаря чему между понятиями « x » в рамках определенного факта выражается отношение «субъект – объект». Кроме того, любой из узлов может быть соединен с любым числом других узлов, в результате чего существует возможность формировать сеть фактов.

В общем виде семантическая сеть задаются тремя классами термов: понятиями $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, именами $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ и отношениями $R = \{r, r_1, r_2, \dots, r_k\}$. Отношение r – особое. Оно

означает «иметь имя», остальные отношения подразделяются на падежные, характеристические, причинно-следственные, иерархические, временные и топологические. Расшифровка этих типов отношений дается в табл. 3.1 (см. раздел 3.3)

Синтаксически правильными выражениями в языке семантических сетей считаются тройки вида:

$$(x_i r_j x_l), (x_i \rho i_j), (r_i \rho i_j), \quad (11.7)$$

где $x_i \in X$, $i_j \in I$, $\rho, r_i \in R$.

Правильное выражение может быть образовано конъюнкцией (&) и дизъюнкцией (\vee) правильных выражений, а также операцией отрицания (\neg), которая применима как к элементам из R , так и к правильным выражениям. Кроме того, выражение, полученное заменой терма в правильном выражении правильным выражением, также является правильным.

Семантические сети позволяют описывать не только постоянные, но и ситуативные отношения между компонентами моделируемого объекта. Поясним сказанное на примере. Опишем на языке семантических сетей следующую ситуацию: «В момент времени «Ч» вторая эскадрилья наносит удар по позициям первой механизированной бригады противника. После удара третий мотопехотный полк овладевает позициями механизированной бригады противника».

Введем ряд термов, которые нам понадобятся для описания этой ситуации на языке семантических сетей (табл. 11.1). Тогда ситуация, описанная текстом на естественном языке, запишется на языке семантических сетей в виде следующего выражения:

$$(((x_1 \rho i_2)(x_1 r_1 x_5))r_2((x_3 \rho i_1)(x_3 r_1 x_4)))r_4(x_6 \rho i_4)r_5(((x_2 \rho i_2)(x_1 r_1 x_5))r_3((x_3 \rho i_1)(x_3 r_1 x_4))).$$

Семантические сети, помимо описания ситуаций, оказались продуктивными при построении процедур поиска решений в тех ситуациях, когда задачу выбора не удастся выписать в виде математического функционала. Проиллюстрируем сказанное на примере.

**Термы для описания ситуации с помощью языка
семантических сетей**

ПОНЯТИЯ	Эскадрилья	x_1
	Мотопехотный полк	x_2
	Механизированная бригада	x_3
	Противник	x_4
	Свои войска	x_5
	Момент времени	x_6
ИМЕНА	Первый	i_1
	Второй	i_2
	Третий	i_3
	«Ч»	i_4
ОТНОШЕНИЯ	Принадлежать к классу	r_1
	Наносить удар	r_2
	Овладевать позицией	r_3
	Принадлежать к моменту времени	r_4
	Следовать во времени за ...	r_5

Рассмотрим следующую ситуацию. «Зеленые» осуществляют высадку воздушного десанта для захвата и уничтожения тылового объекта «синих». «Синие», занимая круговую оборону объекта, создали подвижную оперативную и резервную группы, которые могут применяться как для уничтожения десанта, так и для сковывания его действий до подхода сил старшего начальника путем атаки с ходу или путем занятия обороны. Боевые действия могут вестись на маршруте выдвижения десанта после сбора и приведения его подразделений в боевую готовность, а также в районе высадки десанта до и после приведения его подразделений в боевую готовность. «Синие» получили сигнал оповещения о высадке воздушного десанта «зеленых» и приказ на начало боевых действий. Войска «синих», находящиеся в данном районе, приведены в полную боевую готовность. Личный состав занял оборонительные позиции по боевому расписанию. Подвижная и резервная группы выдвинуты в угрожаемые районы. Командование «синих» уточняет оперативную обстановку и готовится принять решение на боевые действия.

Введем характеристики, описывающие за «синих» рассматриваемую ситуацию, и укажем их возможные значения:

- источники действий (X_1): подвижная оперативная группа – a_1 ; резервная группа – a_2 ;
- цели действий (X_2): сковывание сил десанта – b_1 ; уничтожение десанта – b_2 ;
- способы действий (X_3): оборона – c_1 ; атака с ходу – c_2 ;
- место совершения действий (X_4): на маршруте выдвижения десанта – d_1 ; в районе высадки десанта – d_2 ;
- время совершения действий (X_5): до приведения десанта в боевую готовность – e_1 ; после приведения десанта в боевую готовность – e_2 .

Таким образом, для описания рассматриваемой ситуации вводится пять лингвистических переменных X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , каждая из которых может принимать по два значения.

Связи между введенными переменными будем формировать, задавая невозможность или нецелесообразность сочетаний их значений. При этом все другие комбинации будем считать допустимыми. Предположим, что в нашем примере невозможными (нецелесообразными) являются следующие сочетания значений: $X_4 = d_1, X_5 = e_1$ (боевые действия на маршруте выдвижения десанта до момента сбора и приведения его подразделений в боевую готовность); $X_2 = b_2, X_3 = c_1$ (уничтожение десанта путем ведения обороны); $X_1 = a_1, X_2 = b_2$ (использование резервной группы для сковывания сил десанта). Тогда допустимые сочетания X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 могут быть представлены в виде семантической сети, изображенной на рис. 11.7.

Каждой цепочке $D_x, (x = 1, 2, \dots, 11)$ этой сети можно поставить в соответствие некоторое осмысленное в рассматриваемой ситуации высказывание, связанное с физически реализуемым действием. Например, цепочке $D_0 = (a_1, b_1, c_1, d_1, e_2)$, отмеченной на рисунке жирной линией, соответствует следующее высказывание: подвижная оперативная группа (a_1) с целью ском-

вания сил десанта (b_1) занимает оборону (c_1) на маршруте выдвижения десанта (d_1) после приведения подразделений десанта в боевую готовность (e_2). Здесь понятия «с целью», «занимает» являются вспомогательными и представляют собой фактически имена лингвистических переменных, выраженные в соответствии с грамматикой русского языка. Их использование придает фразе соответствующую смысловую окраску.

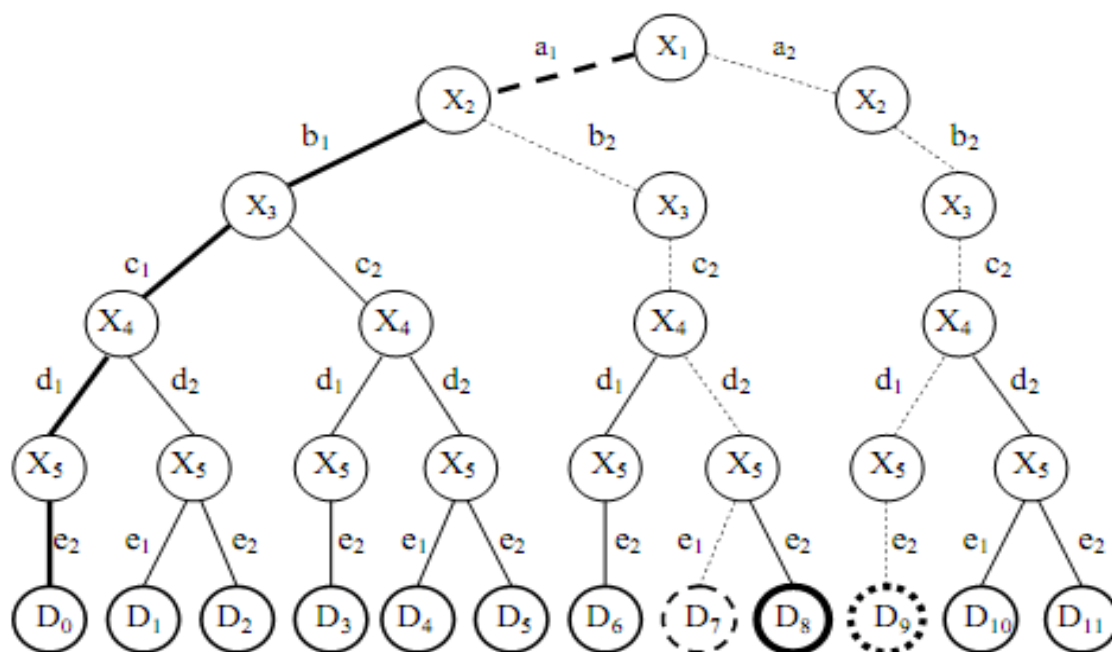


Рис. 11.7. Семантическая сеть для поиска решений (пример)

Фиксируя определенные значения некоторых переменных X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , то есть задавая «вход» ситуации принятия решения, можно определить ее «выходы» путем вычисления значений некоторых или всех остальных переменных с помощью введенных выше отношений недопустимости сочетаний значений переменных. При этом процедура поиска решения формально сводится к фиксации определенных звеньев семантической сети и нахождению всех допустимых цепочек, проходящих через эти звенья. Далее введем какой-либо критерий предпочтительности и с его использованием из всех допустимых цепочек выберем одну, соответствующую рациональному решению.

Сформулируем одну из возможных задач поиска решений в рассматриваемой ситуации.

Задача 1. Определить действия «синих» (D^1_x), которые они должны осуществить для уничтожения воздушного десанта «зеленых», если известно, что «зеленые» уже завершили высадку десанта, их подразделения собрались в районе сосредоточения и готовы к боевым действиям.

В формализованном виде такая задача формулируется так: необходимо определить такие цепочки $D^1_x = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ семантической сети, для которых $X_2 = b_2$ и $X_5 = e_2$. Здесь переменные X_2, X_5 – «входы», а переменные X_1, X_4, X_4 – «выходы» ситуации поиска решений. Как видно из рис. 11.7, существует четыре таких цепочки, то есть четыре допустимых решения: $D^1_6 = (a_1, b_2, c_2, d_1, e_2)$; $D^1_8 = (a_1, b_2, c_2, d_2, e_2)$; $D^1_9 = (a_2, b_2, c_2, d_1, e_2)$; $D^1_{11} = (a_2, b_2, c_2, d_2, e_2)$. Для выявления из найденных допустимых решений рационального варианта необходимо сформулировать соответствующий критерий выбора.

Введем следующий критерий: лучшим (рациональным) из числа допустимых считается такое решение D_x , которое ближе всех находится к некоторому, заранее сформулированному, эталонному решению E .

За меру близости между решениями D_x и E примем величину $\rho(D_x, E)$, равную числу несовпадающих значений одноименных компонентов X_i (возможно, взвешенных некоторыми весами $\alpha_i \geq 0, \sum \alpha_i = 1$). Нетрудно проверить, что такая мера удовлетворяет всем аксиомам метрики и имеет простой физический смысл: чем меньше несовпадений значений одноименных компонентов решений, тем меньше отличаются эти решения.

Формально можно записать:

$$D_{opt} = \text{Arg min}_{x \in X} [\rho(D_x, E)], \quad (11.8)$$

где X – номера допустимых по условию задачи цепочек семантической сети (в нашем примере $X = 6, 8, 9, 11$).

Предположим, что в качестве эталона выбрано следующее утверждение: «наибольший успех в разгроме воздушного десанта противника достигается при атаке с ходу силами подвижных оперативных групп в период выброски, сбора и приведения его подразделений в боевую готовность». Для рассматриваемой задачи 1 это означает, что эталонное решение $E^1 = D^7 = (a_1, b_2, c_2, d_2, e_1)$. Расстояние каждого из допустимых решений $D^1_6, D^1_8, D^1_9, D^1_{11}$ до эталона будет $\rho(D^1_6, E^1) = 2$, $\rho(D^1_8, E^1) = 1$, $\rho(D^1_9, E^1) = 3$ и $\rho(D^1_{11}, E^1) = 2$. Следовательно, решение D^1_8 меньше всех отличается от эталона, и в соответствии с введенным выше критерием, является более предпочтительным. Суть его состоит в том, что наиболее рациональными действиями «синих» при разгроме воздушного десанта «зеленых» после сбора и приведения его подразделений в боевую готовность является атака с ходу силами подвижной оперативной группы в районе десантирования.

Отметим некоторые особенности поиска решений на семантических сетях, когда рассматриваются не отдельные задачи, а совокупности взаимосвязанных задач принятия решений. В практике – это наиболее типичный случай. Для простоты рассмотрим решение двух взаимосвязанных задач, полагая, что аналогичные рассуждения справедливы при решении k ($k > 2$) взаимосвязанных задач. Пусть одной из таких задач является уже рассмотренная задача 1, а другой – *задача 2*, полностью совпадающая с ней по условию и отличающаяся лишь эталонным решением. Так как для описания этих задач используется одна и та же семантическая сеть, то условия второй задачи могут быть формализованы аналогично тому, как это делалось в первой задаче, но с заменой переменных X на Y . А именно, необходимо определить все такие цепочки $D^2_y = (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5)$ семантической сети, для которых $Y_2 = b_2, Y_5 = e_2$. В качестве эталона для задачи 2 выберем решение $E_2 = (a_2, b_2, c_2, d_1, e_2)$. В этом случае решение задачи очевидно. Согласно введенному

критерию, рациональным следует признать решение D^2_9 , поскольку оно полностью совпадает с эталонным – $\rho(D^2_9, E_2) = 0$.

Предположим теперь, что боевая обстановка складывается так, что у «синих» для разгрома десанта «зеленых» имеется возможность привлечь силы какой-либо одной группы – подвижной оперативной или резервной. Это означает, что решения задач 1 и 2 связаны таким образом, что: $X_1 = Y_1$, то есть источники действий при реализации этих задач должны быть одними и теми же. Заметим, что полученные решения задач 1 и 2 не удовлетворяют условию $X_1 = Y_1$, так как значение первой компоненты решения $D^1_8 = a_1$, а решения $D^2_9 = b_2$, то есть при решении задачи 1 рациональным было признано применение сил подвижной оперативной группы, а задачи 2 – сил резервной группы. Следовательно, если учитывать условие $X_1 = Y_1$, то полученные ранее решения не являются совместно рациональными, и требуется скоординировать этих решений.

Координацию можно осуществить путем регулирования связи $X_1 = Y_1$. При этом под рациональным регулированием связи будем понимать выбор такой из ее допустимых реализаций, которая обеспечивает минимум (по реализациям) максимума (по задачам) отклонений рационального в каждой задаче решения от своего эталона, или формально:

$$W = \min_{X_1=Y_1} \max \left[\min_{x \in X} \rho(D^1_x, E^1), \min_{y \in Y} \rho(D^2_y, E^2) \right], \quad (11.9)$$

Как видно из (11.9), такой критерий координации позволяет найти компромиссное решение, которое в нашем случае интерпретируется следующим образом. Поскольку рациональные решения каждой задачи в отдельности достигаются при прямо противоположных стратегиях ($X_1 \neq Y_1$), то максимизация наименьших отклонений решения каждой задачи от своего эталона обеспечивает наибольшее приближение каждой отдельной задачи к своему рациональному решению. Минимизация же по стратегиям наибольших отклонений позволяет выбрать одну компромиссную стратегию, лучшую для двух задач в целом. В

рассматриваемом примере возможны две стратегии: $X_1 = Y_1 = a_1$ и $X_1 = Y_1 = a_2$. Для первой стратегии существует два допустимых решения D_6 и D_8 , одно из которых D_8 – рациональное для задачи 1 и оба – нерациональные для задачи 2, причем $\rho_1(D_6, E^1) = 2$, $\rho_1(D_8, E^1) = 1$, $\rho_2(D_6, E^2) = 1$, $\rho_2(D_8, E^2) = 2$, $\max(\rho_1, \rho_2) = 2$. Для второй стратегии тоже существуют два допустимых решения D_9 и D_{11} , где D_9 – решение, рациональное для задачи 2 и оба – нерациональные для задачи 1, причем $\rho_1(D_9, E^1) = 3$, $\rho_1(D_{11}, E^1) = 2$, $\rho_2(D_9, E^2) = 2$, $\rho_2(D_{11}, E^2) = 1$, $\max(\rho_1, \rho_2) = 3$. Таким образом, в соответствии с введенным минимаксным критерием рациональным при условии $X_1 = Y_1$ следует признать первый вариант реализации связи ($X_1 = Y_1 = a_1$) с окончательным комплексным решением $D_8 = (a_1, b_2, c_2, d_2, e_2)$.

Заметим, что если без учета связи $X_1 = Y_1$ отклонения рациональных решений от эталонов в задачах 1 и 2 составляли соответственно $\rho_1 = 1$, $\rho_2 = 0$, то в результате регулирования связи эти отклонения будут соответственно $\rho_1 = 1$, $\rho_2 = 2$. Следовательно, в данном случае координирование реализовано путем увеличения показателя ρ_2 в задаче 2, для которого он при раздельном решении был наименьшим. Именно в этом состоит сущность введенного критерия координации: проявление осторожности в оценке возможных ситуаций и в сбалансированном учете интересов участников коалиции (в нашем случае задач).

11.5. Язык ролевых фреймов

В этом языке понятия определяются совокупностью семантических (смысловых) ролей, которые выражают их сущность, и формально задаются строкой [Minsky, 1975]:

$$\langle i; \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m, \rho_{m+1}, \rho_{m+2}, \dots, \rho_n \rangle, \quad (11.9)$$

где i – имя понятия, $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$ – обязательные роли, $\rho_{m+1}, \rho_{m+2}, \dots, \rho_n$ – необязательные роли, которые могут быть пустыми.

Ролями в каждом фрейме выступают другие фреймы, называемые слотами, что позволяет конструировать иерархические фреймовые описания рекурсивного вида:

$$\langle i: \rho_1(\langle i; \rho_1^1 \langle i; \rho_1^2 \langle \dots \rho_1^M \rangle \dots \rangle), \dots, \rho_N(\langle i; \rho_N^1 \langle i; \rho_N^2 \langle \dots \rho_N^M \rangle \dots \rangle) \rangle. \quad (11.10)$$

Рассмотрим в качестве примера ролевой фрейм, описывающий понятие «управление»: *⟨управление: субъект управления, задача подчиненным, порядок их взаимодействия, мероприятия по обеспечению, мероприятия по организации управления⟩*.

Указанные роли в свою очередь, являются сложными понятиями, представляемыми фреймами следующего уровня. Так, например, понятие «задача подчиненным» представляется следующим фреймом: *⟨задача подчиненным: цель, время действия, объект воздействия, место действия, способ действия, необходимый ресурс⟩*.

Основное достоинство такого представления знаний заключается в том, что можно описывать информационные структуры произвольной сложности и достаточно адекватно отображать семантику моделируемых предметных областей. Кроме того, представление знаний в виде фреймов подразумевает их формализацию. Вместе с тем трудно выделить сами фреймы. Какими по форме и структуре они должны быть? Сколько их нужно для адекватного описания ситуации? Как фреймы должны связываться друг с другом и передаваться их свойства при сцеплении в сеть? Эти и другие вопросы пока не нашли исчерпывающих ответов и решаются на основе опыта разработчиков.

11.6. Тензорный язык Крона

Обычно системные аналитики воспринимают тензоры как чисто абстрактные математические объекты. Однако тензоры Крона [Крон, 1972] – это объекты, отражающие знания о реальных процессах и системах. Обладая инвариантностью и экономичностью записи, универсальностью и наращиваемостью ап-

парата преобразований, тензорные описания, предложенные Кронем, позволяют эффективно осуществлять декомпозицию систем и описывать их динамику в различных координатах, и именно в этом заключается их привлекательность для отображения знаний в системных моделях.

Рассмотрим основные компоненты этого языка.

Определение 1.1. Размерность пространства, в котором осуществляется описание некоторого объекта, называется его валентностью.

Определение 1.2. Составной объект, у которого каждый компонент представляет собой объект той же валентности, что и он сам, называется компаунд-объектом.

Рис. 11.8

При этом исходный расчленяемый объект может описываться тензором или в частном случае матрицей. Таким же образом компоненты каждой части могут представляться тензорами и матрицами.

На рис. 11.8 представлен двухвалентный объект Z , заданный матрицей с фиксированными индексами $a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k$, разделенный горизонтальными и вертикальными жирными линиями на 16 частей. Для представления его компаунд-объектом введены компаунд-индексы p, q, r, s по вертикали и t, u, v, w по горизонтали. На рис. 11.9 компаунд-объект Z представлен в координатах p, q, r, s, t, u, v, w как объект, состоящий из 16 частей $Z_i, i = \overline{1, 16}$.

При переходе к компаунд-объектам (компаунд-тензорам и матрицам) «прежние» компаунд-индексы a, b, c, \dots называют отдельными индексами. Каждый фиксированный или переменный компаунд-индекс может представлять несколько фиксированных или переменных отдельных индексов. Так, на рис. 11.8 компаунд-индекс t представляет собой отдельные индексы a, b, c .

Рис. 11.9

На рис. 11.10 графически представлено расчленение трехвалентного объекта двумя ортогональными друг к другу вертикальными плоскостями. В этом случае сохраняются описанные для двухвалентного объекта правила разделения отдельных и компаунд-индексов (отдельные индексы не показаны).

С компаунд-матрицей не связывается никакая система координат, тогда как у компаунд-тензора обязательно наличие фиксированных индексов. Если компаунд-матрица не имеет никакой формулы преобразования, то каждый компаунд-тензор имеют свою формулу преобразования. Индексы компонентов тензора преобразуются при помощи тензора преобразования $C_1 = C_\alpha^\alpha$. Для преобразования компаунд-индексов того же тензора нужно пользоваться другим тензором преобразования $C_2 \neq C_1$.

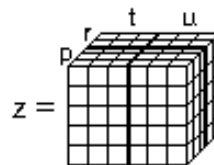


Рис. 11.10

Из приведенного видно, что компаунд-тензоры могут использоваться для представления некоторого объекта его составными частями. При этом привлекательным, с точки зрения представления и преобразования знаний о составе и структуре системы, является то, что над тензорными описаниями выполнимы операции, аналогичные арифметическим и алгебраическим операциям. Но такие операции имеют специфику. Основное правило выполнения операций над тензорами состоит в том, что никакие соотношения между тензорами недопустимы в разных точках пространства.

Простейшая такая операция – равенство тензоров, выполняема только для тензоров одинаковых типа и ранга в определенной точке (x^1, x^2, \dots, x^n) пространства. Тензоры одного типа и одного ранга «А» и «В» равны, если в этой точке равны соответствующие компоненты тензоров относительно некоторой координатной системы. Это записывается как равенство соответствующих компонентов тензоров «А» и «В» в каждой координатной системе в таком виде

$$A_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}(x^1, x^2, \dots, x^n) = B_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}(x^1, x^2, \dots, x^n). \quad (11.11)$$

Равенство тензоров симметрично, рефлексивно и транзитивно.

Тензор, у которого все компоненты в любой координатной системе равны нулю, называется нуль-тензором.

$$A_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}(x^1, x^2, \dots, x^n) = 0. \quad (11.12)$$

Сумма тензоров одного и того же типа и ранга есть тензор, компоненты которого в каждой координатной системе равны сумме соответствующих компонентов тензоров «А» и «В»

$$C_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r} = A_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r} + B_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}. \quad (11.13)$$

Сложение векторов коммутативно и ассоциативно.

Произведением тензора «А» на скаляр α называется тензор, компоненты которого в каждой координатной системе равны произведениям компонентов тензора «А» на скаляр α

$$B_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r} = \alpha A_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}. \quad (11.14)$$

Умножение тензора на скаляр коммутативно, ассоциативно и дистрибутивно относительно как тензоров, так и скаляров (например, $(-1)A = -A$ есть тензор, противоположный тензору «А», то есть $A + (-A) = 0$).

Свертывание, применимое только к смешанным тензорам, определяется следующим образом. Если в заданном тензоре $A_{i_1, i_2, \dots, i_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}$ выбрать какой-нибудь верхний индекс и какой-нибудь нижний индекс и просуммировать все компоненты такого тензора с совпадающими значениями выбранных индексов, то полученные суммы будут компонентами нового тензора «А», $s-1$ раз ковариантного и $r-1$ раз контравариантного. Кроме того, что тензор может быть свернут различными способами (выбор разных пар индексов), свертывание может быть повторено несколько раз (и каждое свертывание снижает на единицу ранг тензора).

Для тензоров различают внешнее и внутреннее произведения. Внешним произведением двух тензоров «А» и «В» веса W и W' , соответственно, определяемых компонентами $A_{i'_1, i'_2, \dots, i'_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}$ и $B_{k'_1, k'_2, \dots, k'_q}^{k_1, k_2, \dots, k_p}$, называется тензор с компонентами

$$C_{i'_1, i'_2, \dots, i'_s, k'_1, k'_2, \dots, k'_q}^{i_1, i_2, \dots, i_r, k_1, k_2, \dots, k_p} = A_{i'_1, i'_2, \dots, i'_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r} B_{k'_1, k'_2, \dots, k'_q}^{k_1, k_2, \dots, k_p}. \quad (11.15)$$

Частным случаем внешнего произведения является произведение тензоров. Произведение AB является тензором веса $W+W'$, $r+p$ раз контравариантным и $s+q$ раз ковариантным. Умножение тензоров ассоциативно и дистрибутивно относительно сложения, но, в общем случае, не коммутативно в связи с тем, что порядок следования индексов менять нельзя. Примеры произведений: $a^i b^k = A^{ib}$; $a^i b_k = A_k^i$.

От произведения и внешнего произведения тензоров отличается внутреннее произведение двух тензоров. Оно определяется для таких двух тензоров, которые можно свернуть таким образом, что в каждом из слагаемых один или несколько верхних индексов компонента $A_{i'_1, i'_2, \dots, i'_s}^{i_1, i_2, \dots, i_r}$ будут совпадать с одним или несколькими нижними индексами компонента $B_{k'_1, k'_2, \dots, k'_q}^{k_1, k_2, \dots, k_p}$. В этом случае полученные суммы будут служить компонентами нового тензора, называемого внутренним произведением тензоров «А» и «В». Примеры: $a^i b_i = \gamma$; $A_k^i a^k = c^i$.

Каждое внутреннее произведение тензоров «А» и «В» является тензором того же веса, что и AB . Ранг внутреннего произведения представляется разницей между рангом внешнего произведения AB и числом попарно взятых индексов, по которым производилось суммирование.

Выше представление о компаунд-тензорах формировалось на примере расчленения некоторого исходного тензора на части, имеющие ту же, что и исходный тензор, валентность. Нетрудно

представить и обратный порядок формирования компаунд-тензоров из нескольких тензоров той же валентности.

Когда речь идет о совокупности тензоров разной валентности, используется понятие мультитензора.

Определение 1.3. Тензор, содержащий два или более множества индексов, когда каждое множество индексов относится к различным множествам систем координат, называется мультитензором. При этом базовая буква тензора может иметь различное число индексов в различных координатах.

Например, $z_{\alpha\beta}^{pq\gamma}$ является ковариантным тензором валентности два в α -координатах и контравариантным тензором валентности три в p -координатах. Соответственно, матрицы преобразования $C_{\alpha'}^{\alpha}$ и C_p^p относятся к разным группам. Важно иметь в виду, что основная буква может быть тензором в одних координатах и n -матрицей в других координатах. Так, например, $A_{\alpha(p)(q)}$ является вектором в α -координатах и, одновременно, 2-матрицей в p -координатах (заметим при этом, что α -координатная система может быть преобразована к α' с помощью $C_{\alpha'}^{\alpha}$, но закрытые индексы при этом не преобразуются).

Мультитензоры представляются так же, как и обычные тензоры, но у них вдоль различных направлений число фиксированных индексов различно. Например, если для $A^{\alpha pq}$ (см. рис.

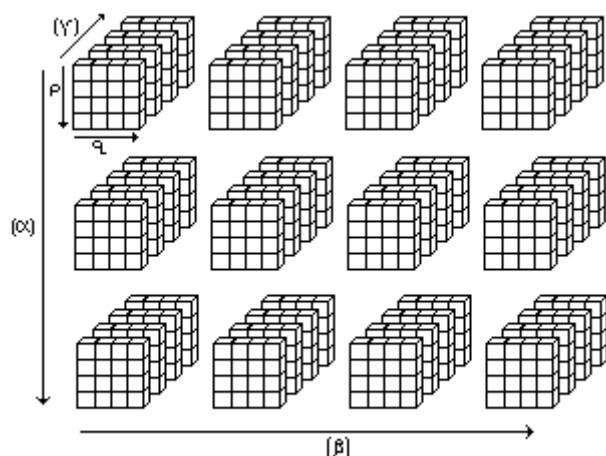


Рис. 11.11

11.11) существует семь осей в α -координатах и пять осей в p -координатах, то число компонентов $A^{\alpha pq}$ $7 \times 5 \times 5 = 175$. При этом, когда α -координаты временно не меняются (когда α – закрытый индекс, то есть $A^{(\alpha)pq}$), тогда тензор является совокупно-

стью семи 2-тензоров A^{pq} , расположенных в столбец, а когда индексы p и q рассматриваются как закрытые индексы ($A^{\alpha(p)(q)}$), тогда тензор – множество из $5^2 = 25$ векторов. Соответственно, на рис.11.11 представлена совокупность k^3 2-тензоров $A^{\alpha\beta\gamma(p)(q)}$, а на рис. 11.12 – совокупность k^2 2-тензоров $A^{\alpha\beta\gamma(p)(q)}$.

Мультитензор можно расчленить на составляющие тензоры и прийти к компаунд-мультитензору. Достоинством мультитензоров и компаунд-мультитензоров (с точки зрения представления знаний) является то, что они обладают большой общностью описания и удобством выполнения промежуточных преобразований, число и сложность которых существенно сокращается по сравнению с традиционным описанием систем в основных переменных.

Использование компаунд- и мультитензоров Крона можно рассматривать как перспективу развития методологии представления знаний в системных моде-

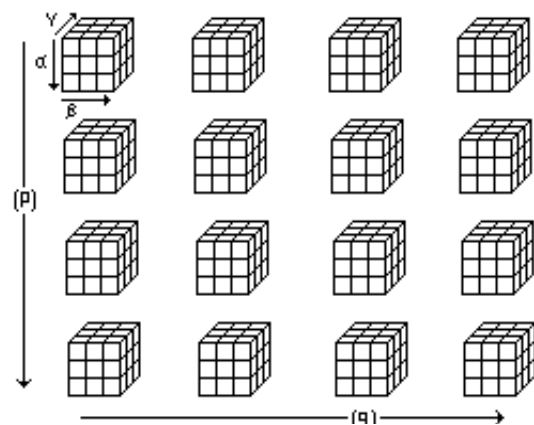


Рис. 11.12

лях. Несомненным достоинством такого подхода является то, что рассмотренный тензорный язык обладает большой общностью описания и удобством выполнения промежуточных преобразований, число и сложность которых существенно сокращается по сравнению с традиционным описанием систем в основных переменных. Однако главное достоинство такого представления знаний заключается в том, что имеется возможность формального описания динамики объектов моделирования в виде тензорных уравнений, решение которых дает возможность изучать и прогнозировать характер развития систем.

11.7. Сравнительная характеристика языков представления знаний

В естественном языке ни одно слово не имеет прочно закрепленного смысла; всегда остается место для свободной игры воображения и различных фантазий. Поэтому люди часто недопонимают друг друга, и это же происходит при использовании не полностью формализованных конструкций для представления знаний в системных моделях.

Единственный способ добиться абсолютной строгости состоит в том, чтобы очистить языковые конструкции от всякого смысла и рассматривать их сами по себе, как последовательности знаков, не обращая внимания на значение, которое они могут выразить. Тогда возможно сформулировать точные правила для выведения новых утверждений из утверждений уже известных и избежать неопределенности, получающейся из-за многозначности языка. Однако, приобретая точность и однозначность, мы теряем сам смысл тех знаний, которые хотим записать в структуру системной модели. Подтверждением тому служит диаграмма, представленная рис. 11.13.

На этой диаграмме все рассмотренные выше языки представления знаний упорядочены по двум характеристикам, определяющим возможности их практического использования при разработке системных моделей. Первая характеристика, названная семантической силой языка, отражает его описательные возможности, то есть возможности по адекватному и всестороннему описанию проблемных областей. Эта характеристика отложена на горизонтальной оси диаграммы. Вторая характеристика, названная мощностью инструментальных средств языка, отражает его возможности по построению эффективных систем эквивалентных преобразований предложений языка, то есть аппарата, позволяющего (за конечное число шагов) однозначно определять синтаксическую и семантическую правильность предложений и вывести новые, правильно построенные предло-

жения, из уже существующих языковых конструкций. Эта характеристика отложена на вертикальной оси диаграммы. Кроме того, на диаграмме помимо анализируемых языков представления знаний, указаны традиционные математические (алгебраические, теоретико-множественные и др.) языки и естественный язык, имеющие предельные значения указанных характеристик.

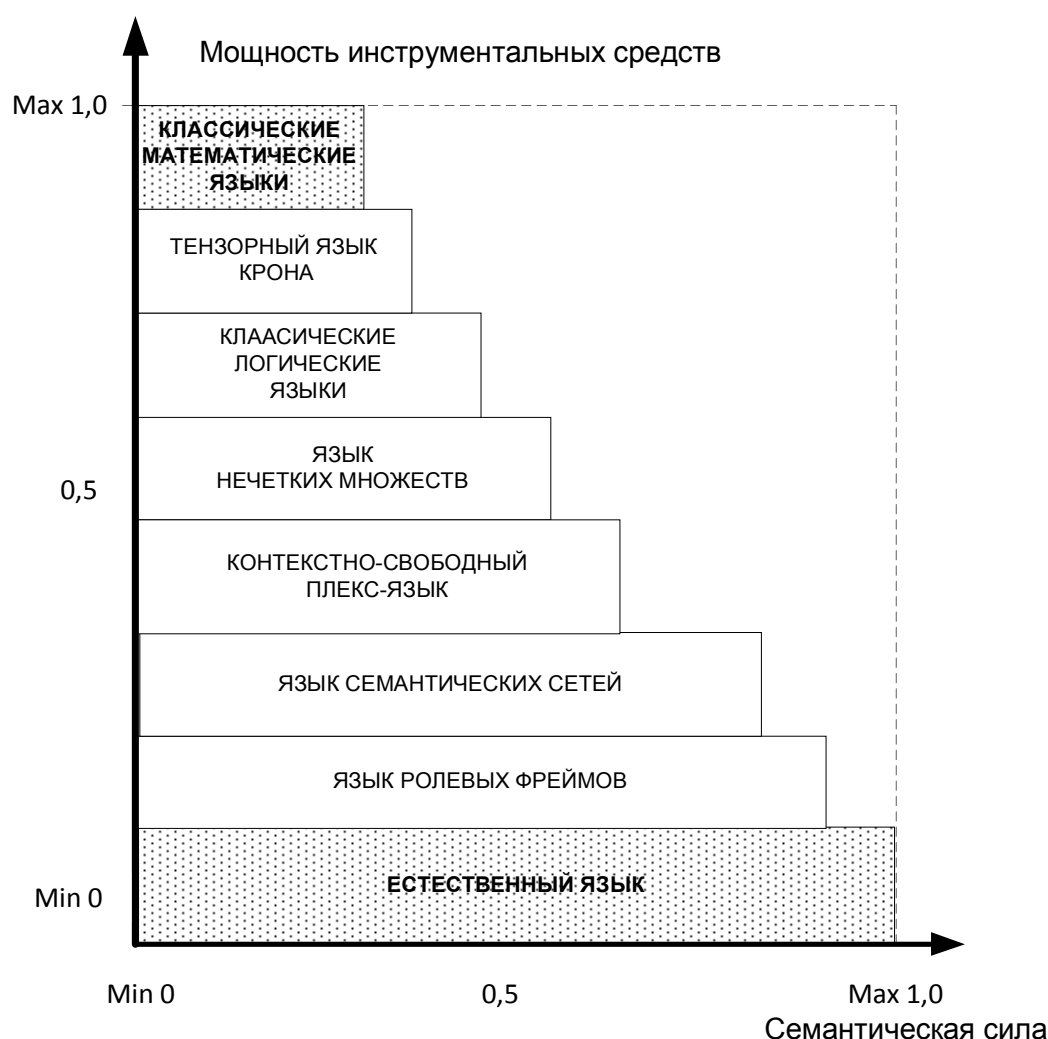


Рис. 11.13. Сравнительная характеристика языков представления знаний по мощности инструментальных средств и семантической силе

Из этой диаграммы видно, что требования наибольшей выразительности и наибольшей мощности инструментальных средств языка являются противоречивыми: чем выше семантическая сила языка, тем ниже мощность его инструментальных средств, и, наоборот, с ростом мощности инструментальных средств семантическая сила языка падает. Налицо задача с дву-

мя взаимоисключающими критериями, которая, как известно, не имеет оптимального решения, и речь может идти либо о некоем компромиссе, либо о комплексном использовании всей палитры языковых средств, предоставляемых современной наукой. При разработке системных моделей предпочтение отдается второму варианту.

11.8. Технологии разработки базы знаний в составе системной модели

Общая технология разработки базы знаний (БЗ) в составе системной модели с учетом характеристик рассмотренных выше языковых средств представлена на рис. 11.14.

Суть этой технологии заключается в том, что разработка базы знаний системной модели осуществляется не одноактно, и не методом спонтанных итераций (как это зачастую практикуется), а путем поэтапной реализации следующих частных технологий:

1. Представления знаний на основе ролевых фреймов (переход от естественного языка к фреймовым описаниям).

2. Представления знаний с помощью концептуальной семантической сети (переход от фреймовых описаний к описаниям в виде концептуальной семантической сети).

3. Представления знаний с помощью терминальной семантической сети (переход от описаний в виде концептуальной семантической сети к описаниям в виде терминальной семантической сети – расширение концептуальной семантической сети за счет персонификации ее компонентов).

4. Построения процедуральной компоненты БЗ, отражающей динамику предметной области, оптимизация порядка работы прикладных модулей и формирование полной структуры БЗ.

Преимущества такой технологии по сравнению с одноактной и спонтанно-итеративной процедурой «естественный язык → база знаний модели» заключаются в следующем.



Рис. 11.14. Общая технология разработки базы знаний в составе системной модели

Во-первых, представляется возможным заменить интуитивные эвристические соображения строго формальными методами формирования единиц знаний.

Во-вторых, существенно снижаются требования к программным языковым средствам (языкам программирования высокого уровня), используемым для компьютерной реализации базы знаний.

В-третьих, последовательно-итеративный алгоритм позволяет более полно использовать возможности и знания конечного пользователя, отводя ему не только роль контролера, но и непосредственного разработчика базы знаний.

В-четвертых, в такую технологию органически вписываются вопросы оптимизации работы пакетов прикладных программ, что актуально для системных моделей, ориентированных на логическую и сетевую обработку информации.

В-пятых, представляется возможным разукрупнить общую процедуру разработки БЗ, ввести специализацию, при которой исполнители различных категорий решают свойственные им задачи, оставляя руководителю проекта роль координатора.

Рассмотрим содержание указанных частных технологий.

Технология представления знаний на основе ролевых фреймов изображена на рис. 11.15 и заключается в переходе от естественно-языкового описания предметной области к ее фреймовому описанию. Для реализации такого перехода используются различные алгоритмические и программные средства: рекурсивные функции, KRL и FRL-языки, нормальные алгоритмы Маркова, λ -конверсии, язык универсального семантического кода (УСК) и другие. Среди перечисленных средств несомненными преимуществами обладают λ -конверсии [Яцук, 1984]. Во-первых, они имеют достаточно простую и в тоже время эффективную систему формальных эквивалентных преобразований, состоящую всего из четырех правил, главное из которых – подстановка. Во-вторых, λ -конверсии допускают прямую интерпретацию с помощью компьютерных языков высокого уровня

(во всяком случае для этого не требуется построение специальных трансляторов, как это необходимо, например, при использовании KRL и FRL-языков). В-третьих, фреймовые описания

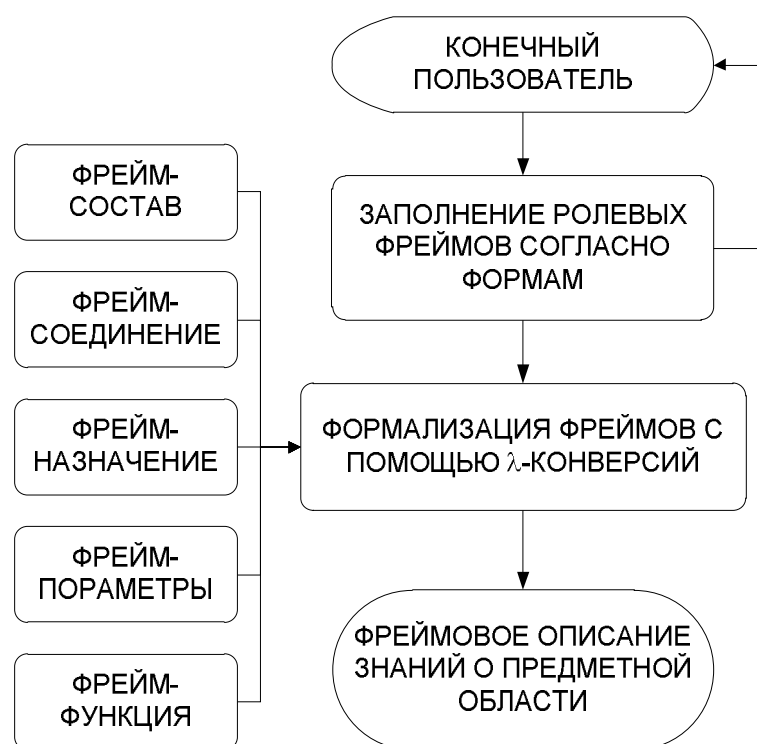


Рис. 11.15. Технология представления знаний с помощью ролевых фреймов

на основе λ -конверсий позволяют перейти к представлению предметных знаний в виде семантических сетей, что открывает более широкие возможности формализованного представления знаний (поскольку мощность формальных эквивалентных преобразований в

семантических сетях много больше, чем мощность аналогичных преобразований λ -конверсий).

Рассмотрим представление ролевых фреймов с помощью расширенной модификации λ -конверсий. Расширения достигаются за счет введения следующих дополнительных постулатов:

$$\alpha: (\lambda f. (\lambda x. f)) \psi \text{ imc } \lambda x. \psi; \alpha*: \lambda x. D \text{ imc } \lambda B. [B/x] D,$$

где: λ – оператор функциональной абстракции; imc – отношение непосредственной конвертируемости; ϕ, ψ – предикатные или функциональные символы одного сорта; B, D – правильно построенные формулы; x – переменная.

Постулат α распространяет понятие слота – составной части фрейма, не только на переменные x (как это предполагал автор λ -конверсий – А. Church), но и на предикатные и функциональные символы. Читается он так: правильным считается лю-

бое λ -выражение α , такое, что его составными частями (слотами) являются предикатные (ϕ) и функциональные (ψ) символы.

Постулат α^* допускает вложение λ -выражений друг в друга без ограничений глубины вложения, что позволяет адекватно описывать многослойные структуры. Читается он так: правильным считается любое λ -выражение α^* , такое, что λ -выражение D , состоит из вложенных в него λ -выражений V .

При конструировании λ -выражений будем исходить из того, что в системной модели должны быть представлены знания о следующих сущностях: иерархических объектах различной природы и процессах в них протекающих; законах функционирования элементов (подсистем и систем) на всех стратах их представления; взаимосвязях и взаимодействиях элементов (подсистем и систем) на всех стратах их представления; особенностях управления объектами средствами поддержания и ведения диалога с оператором на языке, ограниченном профессиональной лексикой.

Тогда минимально необходимый набор типовых фреймов должен включать: фрейм-состав; фрейм-соединение; фрейм-назначение; фрейм-параметр и фрейм-функция.

Фрейм-состав (F_C) предназначен для представления знаний о предметной структуре (составе) исследуемых объектов на различных уровнях детализации. Им отражается ситуация: «объект x содержит объекты y_1, y_2, \dots, y_n , которые имеются в объекте x в количествах c_1, c_2, \dots, c_n , соответственно». Такой фрейм описывается λ -выражением:

$$F_C = (...(\lambda x:D_x, y_1:D_1, \dots, y_n:D_n \text{CONTAIN} (\langle ch, x \rangle, \langle v, y_1 \rangle, \dots, \langle v, y_n \rangle)); \lambda: y_1:D_1, c_1:D_1^* \text{QUANTITY}(\langle ch, y_1 \rangle, \langle v, c_1 \rangle)) \dots \lambda y_n:D_n, c_n:D_n^* \text{QUANTITY}(\langle ch, y_n \rangle, \langle v, c_n \rangle)) \text{conv}$$

$$\lambda x:D_x. \text{CONTAIN}(\langle ch, x \rangle, \langle v, \lambda y_1:D_1, c_1:D_1^* \text{QUANTITY}(\langle ch, y_1 \rangle, \langle v, c_1 \rangle)), \dots, \langle v, \lambda y_n:D_n, c_n:D_n^* \text{QUANTITY}(\langle ch, y_n \rangle, \langle v, c_n \rangle))),$$

в котором запись вида $x:D_x$ означает, что переменная x имеет сорт (имя) D_x , а через ch и v обозначены падежные отношения

«характеристика» и «быть значением характеристики», соответственно); CONTAIN – предикат «содержать», QUANTITY – предикат «количество».

Оно состоит из двух частей до знака conv и после. Первая часть – это описание используемых переменных и предикатов. Она нужна для того, чтобы системная модель «понимала» с каким фреймом она имеет дело. Вторая часть называется нормальной формой λ -выражения и читается так: «Объект x , имеющий сорт (имя) D_x , содержит объекты y_1, y_2, \dots, y_n , имеющие сорта (имена) $D_1^* \dots D_n^*$, которые имеются в объекте x в количествах c_1, c_2, \dots, c_n , соответственно».

Фрейм-соединение (F_S) предназначен для отображения различных типов соединений в системах. Он отображает ситуацию «субъект x соединяет объект y с объектом z » и описывается λ -выражением вида:

$$F_S = \lambda \{x: D_x, y: D_y, z: D_z. \text{connect} (\langle s, x \rangle, \langle o, y \rangle, \langle o, z \rangle)\},$$

где s и o – падежные отношения, соответственно «кто соединяет» (то, что производит действие) и «с кем соединяют» (то, над чем совершается действие), D_x, D_y, D_z – имя или сорт объекта (субъекта).

Нетрудно заметить, что такие фреймы легко вкладываются друг в друга, что позволяет использовать их для описания иерархических структур в системах различного назначения.

Фрейм-назначение (F_N) служит для представления знаний о функции какого-либо объекта через назначение его отдельных частей:

$$F_N = \lambda R: D_R, x: D_x, y: D_y, w: D_w, z: D_z. R(\langle s, x \rangle, \langle o, y \rangle, \langle u, w \rangle, \langle d, z \rangle).$$

Пусть, например, в качестве объекта рассматривается вентилятор (ВН), который предназначен для того, чтобы перегонять газ (Г) от источника тепла (ИТ) к теплообменнику (ТО). Этой фразе соответствует следующая форма λ -выражения:

$$\lambda R: D_R, x: \text{ВН}, y: \text{Г}, w: \text{ИТ}, z: \text{ТО}. R(\langle s, x \rangle, \langle o, y \rangle, \langle u, w \rangle, \langle d, z \rangle),$$

где s , o , u , d – падежные отношения, соответственно субъект действия (то, что производит действие), объект действия (то, над чем совершается действие), начальная точка нахождения объекта действия, конечная точка нахождения объекта действия, R – предикат «перегонять».

Эта запись читается так: λ -выражение, такое, что оно соответствует некоторому объекту D_R , в котором x – ВН, y – Г, w – ИТ, z – ТО, и предназначенном для того, чтобы перегонять газ (Г) от источника тепла (ИТ) к теплообменнику (ТО).

Фрейм-параметры (F_P) предназначен для представления знаний о значениях параметров какого-либо объекта в дискретные моменты времени. λ -выражение для этого вида фреймов аналогично предыдущему с добавлением падежного отношения «быть моментом времени».

Фрейм-функция (F_F) описывает порядок расчета параметров p_i объекта при заданной функции $p_i(t) = f[(a_1, a_2, \dots, a_N), t]$, где a_j – аргументы, к которым применяется функция, t – время.

Обобщенное λ -выражение для F_F имеет вид:

$$F_F = \lambda \{p: D_p, t: D_t, f: D_f, a_1: D_1, \dots, a_N: D_N. \text{CAL} \\ (\langle \text{res}, p \rangle, \langle \tau, t \rangle) = (\langle \text{vf}, f \rangle) (\langle \text{arg}_1 a_1 \rangle, \dots, \langle \text{arg}_N a_N \rangle)\},$$

где res – результат применения функции, arg – аргумент, vf – падежное отношение «вид функции», τ – падежное отношение «быть моментом времени», CAL – предикат «вычислить».

Данное выражение читается очень просто: «В момент времени t следует вычислить функцию f (получить ее решение p) при следующих значениях аргументов – a_1, \dots, a_N .

При наличии стандартных вычислительных процедур использование фрейм-функций позволяет задать алгоритм вычисления сложной составной функции произвольного вида.

Фреймовые описания (в какой бы форме они не отображались) не обладают развитым аппаратом формальных эквивалентных преобразований.

В относительно простых ситуациях рассмотренные фреймовые описания позволяют строить логические конструкции, обеспечивающие вывод новых знаний. В настоящее время для этого используется метод продукций с использованием связок типа дедуктивной секвенции:

$$\begin{array}{l|l} G_1 \Leftarrow & \rightarrow \Delta_1 \\ \dots \Leftarrow F & \rightarrow \dots, (n, m \geq 0), \\ G_n \Leftarrow & \rightarrow \Delta_m \end{array} \quad (11.16)$$

где G_i и Δ_j – антецеденты и сукцеденты секвенции соответственно, представляющие собой конечные последовательности правильно построенных формул.

Приведенное выражение понимается следующим образом:

- $n = 0, m = 0$, то есть $0 \Leftarrow F \rightarrow 0$ как «имеется противоречие»;
- $n = 0, m \neq 0$, то есть $0 \Leftarrow F \rightarrow (\Delta_1 \& \Delta_2 \& \dots \& \Delta_m)$ как «имеет место $\Delta_1 \& \Delta_2 \& \dots \& \Delta_m$ »;
- $n \neq 0, m = 0$, то есть $(G_1 \& G_2 \& \dots \& G_n) \Leftarrow F \rightarrow 0$ как « $G_1 \& G_2 \& \dots \& G_n$ приводят к противоречию»;
- $n \neq 0, m \neq 0$, то есть $(G_1 \& G_2 \& \dots \& G_n) \Leftarrow F \rightarrow (\Delta_1 \& \Delta_2 \& \dots \& \Delta_m)$ как «если $G_1 \& G_2 \& \dots \& G_n$, то имеет место $\Delta_1 \& \Delta_2 \& \dots \& \Delta_m$ ».

Из приведенного видно, что замена продукций на дедуктивные секвенции позволяют строить секвенциальные деревья для описания тех ситуативных знаний о предметной области, которые в явном виде не содержались в исходном описании.

Технология представления знаний на основе концептуальной семантической сети представлена на рис 11.16 и заключается в переходе от описания предметной области на языке фреймов к ее описанию на языке концептуальной семантической сети.

Определение 1. Концептуальной семантической сетью (КСС) будем называть граф, узлы которого принадлежат множе-

ству $X = \{x\}$, а дуги (то есть ориентированные бинарные связи) – множеству $R = \{r\}$.

Элементы множества X соответствуют обобщенным семантическим категориям – описаниям абстрактных понятий. Элементы множества R относятся к отношениям типа «быть элементом», «содержать», «иметь имя», «быть функцией», «быть агентом», «быть акцией» и другим, часть которых поясняется далее.

На рис. 11.17 в каче-

стве иллюстрации представлен фрагмент КСС применительно к предметной области «управление персоналом», обозначенной

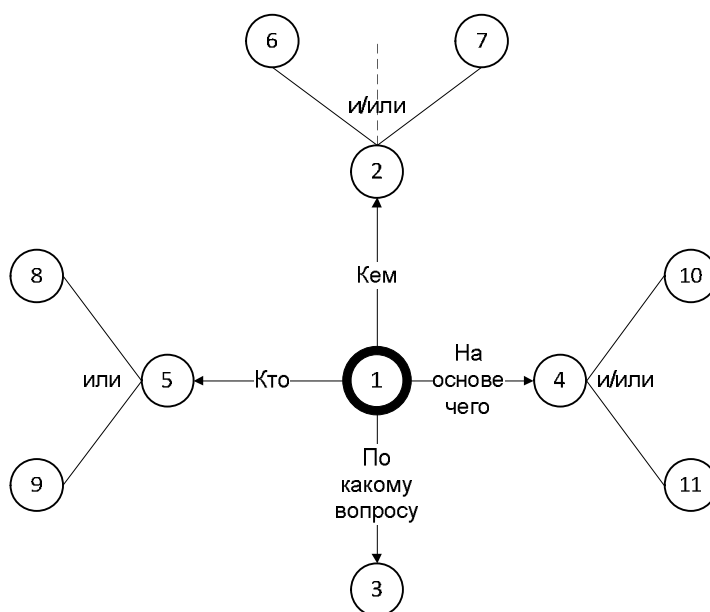


Рис. 11.17. Фрагмент КСС предметной области «управление персоналом»

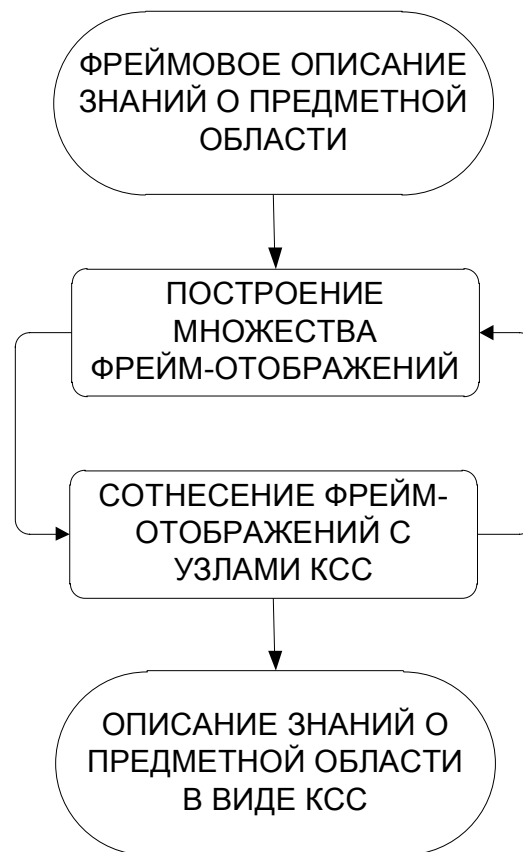


Рис. 11.16. Технология представления знаний с помощью КСС

цифрой 1. Остальные цифры означают: 2 – персонал; 3 – функция; 4 – информация; 5 – руководитель; 6 – отдел продаж; 7 – отдел кадров; 8 – генеральный директор; 9 – зам. генерального директора по кадрам; 10 – данные отдела маркетинга; 11 – данные отдела кадров.

Определение 2. Окрестностью первого порядка (или 1-окрестностью) относительно $x_i \in X$ будем называть множество пар $\{r^{i,1}, x^{i,1}\} = \xi_{x_i}^{(1)}$, таких, что $\{r^{i,1}\} = R^{i,1}$ представляет собой множество исходящих из x_i отношений (связей), а $\{x^{i,1}\} = X^{i,1}$ – множество узлов концептуальной семантической сети, присоединенных к x_i связями $\{r^{i,1}\}$.

Таким образом, все узлы окрестности $\xi_{x_i}^{(1)}$ на графе КСС отделены от x_i путем единичной длины. Узлы k -го уровня, отделенные от x_i путями длины k обозначим $x^{i,k}$, а отношения k -го уровня, присоединяющие $\{x^{i,k}\}$ к узлам $\{x^{i,k-1}\}$, обозначим $\{r^{i,k}\}$. Соответствующие множества получают обозначения $X^{i,k} = \{x^{i,k}\}$ и $R^{i,k} = \{r^{i,k}\}$. Тогда окрестность k -го порядка относительно x_i (или k -окрестностью) будет объединение множеств узлов и отношений, входящих в $k - 1$ окрестность относительно x_i со всеми I окрестностями узлов множества $X^{i,k-1}$:

$$\xi_{x_i}^{(k)} = \xi_{x_i}^{(k-1)} \bigcup_{n=1}^{k-1} (\bigcup_{x^{i,n}} \xi_{x^{i,n}}^{(1)}), k \geq 2.$$

Определение 3. Фреймом-отображением f_i назовем информационную структуру, соответствующую I -окрестности узла x_i в КСС, а соответствие между x_i и f_i определим зависимостью $f_i = G(x_i)$, где функция G задает отображение множества узлов X и отношений R , образующих КСС, на множество фреймов F , образующих фактуальную часть базы знаний $G: (X, R) \rightarrow F$.

Введем в рассмотрение предикат $P_{r_k}(x_i, x_j)$, принимающий значение TRUE, если в рассматриваемой КСС к узлу x_i посредством отношения r_k присоединен узел x_j . Формально во введенных обозначениях соответствие между фрейм-отображениями и узлами КСС выражается соотношением

$$\begin{aligned} \forall_{f_i} (f_i \in F) \exists x_i (x_i \in X) : \{ (f_i = G(x_i) \& (\forall x_j (x_j \in X^{i,1})) \\ \exists_{f_i} (f_i \in F^i, F^i \subset F) : [f_j = G(x_j) \& P_{r_k}(x_i, x_j)] \}. \end{aligned}$$

Это соотношение означает, что всякий фрейм f_i , соотносимый с некоторым узлом x_i , связывается с подмножеством «подчиненных» фреймов F^i , элементы которого $\{f_j\} = F^i$ соответствуют узлам $\{x_j\} = X^{j,1}$, I-окрестности узла x_j .

Технология представления знаний на основе терминальной семантической сети представлена на рис. 11.18 и заключается в переходе от описания предметной области в виде КСС к так

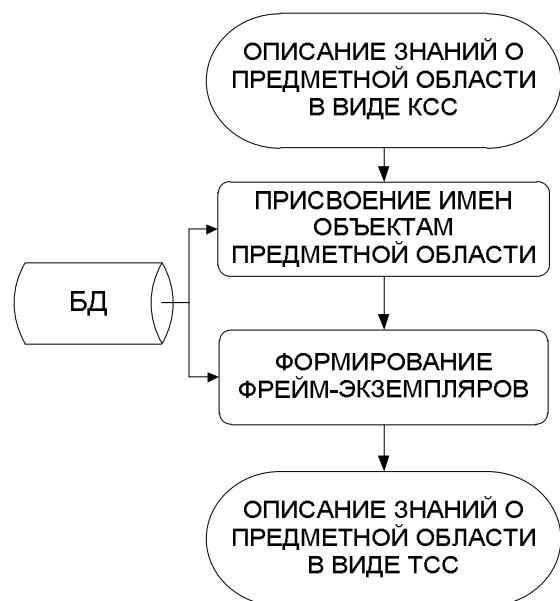


Рис. 11.18. Технология представления знаний с помощью ТСС

называемой терминальной семантической сети (ТСС).

В процессе решения конкретных задач пользователи оперируют понятиями, отражающими реальные физические объекты, факты, события и другие единицы знаний. Когда в модель вводится новая единица знаний, ее можно представить конъюнкцией

предикатов $P_{r_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2) \& P_{r_2}(\bar{x}_2, \bar{x}_3) \& \dots \& P_{r_k}(\bar{x}_k, \bar{x}_{k+1})$, где $\{r_i\} \subset R$, $i = 1, 2, \dots, k$ – отношения в КСС, а элементы $\{\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{k+1}\} \subset \bar{X}$ – терминальные величины, соответствующие либо наименованию определенного объекта, либо числу, либо тексту, либо стандартной комбинации терминальных величин (множество, вектор, матрица, структурная запись из полей, заполненных терминальными величинами).

Таким образом, в процессе представления новой единицы знаний происходит активизация некоторых фрагментов КСС, выражающаяся в том, что вместо абстрактных символов $\{x_i\}$ подставляются терминальные величины $\{\bar{x}_i\}$. Очевидно, что при этом, активизируемый участок КСС является связным компо-

нентом графа (X, R) . В этом случае удобно из исходной КСС выделять активизируемые фрагменты и формировать из них так называемую терминальную семантическую сеть (ТСС), установив соответствие между узлами $\{x_i\}$ и конкретизирующими их значениями $\{\bar{x}_i\}$.

Такие соответствия можно задать отношениями «иметь имя» и «иметь значением», которые присоединяют любой символ \bar{x}_i в ТСС к соответствующему узлу x_i в КСС. Следовательно, можно ввести предикат $\bar{P}(x_i, \bar{x}_i)$, истинность которого указывает на наличие указанного типа отношений между \bar{x}_i и x_i ($\bar{P}(x_i, \bar{x}_i) = true$, если между \bar{x}_i и x_i существует отношение типа «иметь имя» и «иметь значением»). Учитывая введенный формализм, можно считать ТСС некоторым продолжением КСС и рассматривать ее как единую семантическую сеть, содержащую как абстрактные понятия, так и терминальные величины. Однако с практической точки зрения удобнее рассматривать эти сети отдельно, имея в виду, что при решении задач информационного поиска множество терминальных величин, описывающих конкретную предметную область, представляет собой некоторую базу данных в ее традиционном понимании.

Как отмечалось в разделе 10.6, всякое входное сообщение в системную модель содержит некоторое понятие – тему высказывания. Такому понятию соответствуют определенный узел x_i в КСС и фрейм f_i в базе знаний. Некоторые из фигурирующих в высказывании величин $\{\bar{x}_i\}$ указывают на x_i либо непосредственно (с помощью отношений «иметь имя» и «иметь значением»), либо косвенно, ссылаясь на узлы из окрестности $\xi_{x_i}^{(1)}$. Будем говорить, что из таких величин образуется экземпляр фрейма f_i , обозначаемый \bar{f}_i .

Определение 4. Экземпляром фрейма f_i назовем информационную структуру \bar{f}_i , которая образуется из терминальных вели-

чин $\{\bar{x}_i\}$ и отношений $\{r\}$, соответствующих (может быть и неполной) I -окрестности узла $x_i = G^{-1}(x)$, где G^{-1} – функция, обратная G . Соответствие между f_i и \bar{f}_i обозначается зависимостью $\bar{f}_i = W(f_i)$.

Каждое высказывание о некотором объекте можно представить совокупностью взаимосвязанных экземпляров $\{\bar{f}_i\} \subset \bar{F}$, соответствующих $\{f_i\} \subset F$. В конечном счете, вся ТСС может быть представлена множеством экземпляров F , описывающих некоторый фрагмент предметной области. Таким образом, ТСС состоит из совокупности взаимосвязанных фреймов-отображений, образующих пользовательский уровень знаний, и совокупности взаимосвязанных фреймов-экземпляров, образующих прагматический уровень.

Технология построения процедуральной компоненты базы знаний показана на рис. 11.19. Представление предметной области

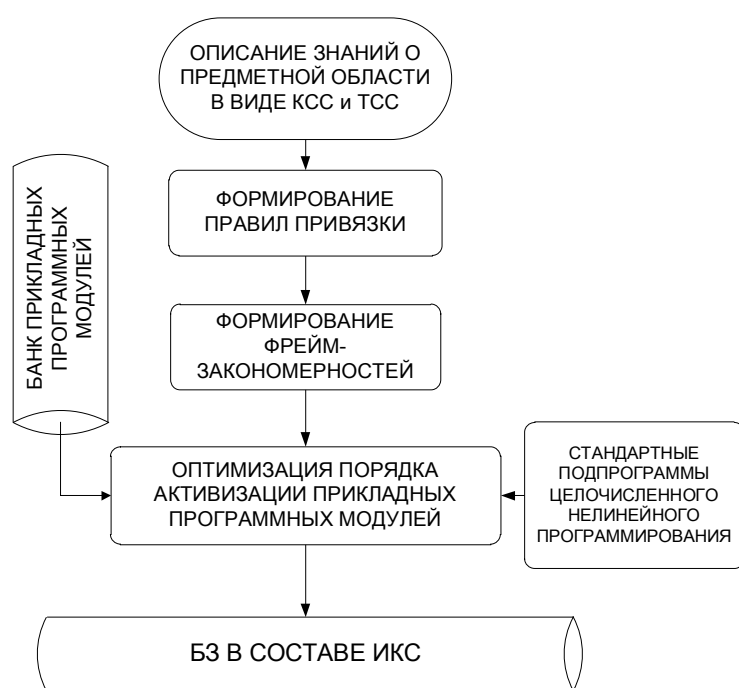


Рис. 11.19. Технология построения процедуральной компоненты БЗ

сти в виде КСС и ТСС позволяет описывать статические отношения между объектами и терминальными единицами предметной области. Однако в практических приложениях этого недостаточно, поскольку зачастую требуется описать динамику процесса, в частности условия формирования новых фрагментов ТСС.

Это становится возможным, если ввести правила привязки к некоторым элементам КСС.

Определение 5. Правилем привязки σ назовем тройку $\langle c, s, d \rangle$, в которой «с» – условие применимость данного правила, «s» – следствие, содержащее список операций, подлежащие выполнению в момент применения правила, «d» – задержанное действие, содержащее список операций, которые должны быть выполнены по окончании обработки всех правил.

Условие «с» формируется в терминах состояния ТСС. Оно предлагает выполнение некоторых характеристик терминальных величин или некоторых конъюнкций предикатов вида $\bar{P}(x_i, \bar{x}_i)$, позволяющих установить существование связей между объектами в КСС и терминальными величинами в ТСС. Следствие «s» задает последовательность операций, таких, как формирование или модификация фрагментов ТСС, инициирование новых правил и т.п. Задержанное действие «d» отражает последовательность операций другого рода. Они могут состоять в обращениях к некоторым прикладным программным модулям (ППМ), составляющих пользовательский уровень базы знаний. В частном случае «d» определяет порядок вложения секвенций (11.16).

Все множество правил $\{\sigma\} \subset \Sigma$ можно разбить на некоторые подмножества Σ_i , связываемые с дугами r_i в КСС. Тогда при обработке фрагмента сети, включающего дугу r_i , происходит инициирование всех связанных с ней правил Σ_i . В результате этого порождаются два процесса. Первый, обусловленный обработкой пар $\{(c,s)\}$, приводит к дополнительной модификации ТСС. Второй обусловлен накоплением задержанных действий $\{d\}$. В результате формируется некоторая траектория активации ППМ, соответствующая входному запросу.

Множество правил Σ_i отражается в процедуральной части БЗ информационными структурами, которые назовем фреймами-закономерностями $\tilde{f}_i \subset \tilde{F}$. Каждый фрейм-закономерность \tilde{f}_i объединяет группу правил Σ_i , связанных с дугой r_i , и проецирует пары $\{r_i, \Sigma_i\}$ на множество следствий: $\tilde{F} : (R, \Sigma) \xrightarrow{O_i} \mu S$, где μ

– квантор нечеткости, принимающий, например, значения «почти всегда», «иногда», «в исключительных случаях»; O_i – сигнал, свидетельствующий о реализации данного правила.

Таким образом, пятерка $\{X, R, \bar{X}, \Sigma, \tilde{F}\}$, компонентам которой в фактуальной части БЗ сопоставляется множество фреймов-отображений и фреймов-экземпляров, а в процедуральной части – множество фреймов-закономерностей и ППМ, определяет все необходимые составляющие для построения, модификации и анализа БЗ системной модели.

Как уже отмечалось, в процессе функционирования БЗ происходит инициализация фрагментов КСС и ТСС, а также некоторой совокупности правил $\{r_i, \Sigma_i\}$, связанных с дугами указанных сетей. В правилах $\Sigma_i = \{c_i, s_i, d_i\}$ нас будут интересовать задержанные действия d_i , связанные с работой ППМ, являющихся неотъемлемой составной частью базы знаний. Увязка c_i и s_i с d_i осуществляется тем, что их обработка (c_i и s_i) производится параллельно с инициализацией фрагментов КСС и ТСС. В момент завершения инициализации образуется некоторый перечень ППМ, выполнение которых и завершает решение прикладной задачи. Если количество ППМ мало (не более 10) или они не связаны, то принципиальных трудностей не возникает. Однако для крупномасштабных системных моделей характерно наличие большого числа ППМ, которые еще и связаны по входам и выходам. Поэтому возникает задача: анализа работоспособности комплекса ППМ и оптимальной организации их выполнения. Подход к ее решению основан на использовании контекстно-свободного плекс-языка, рассмотренного в разделе 11.3. При этом плекс-элементами выступают ППМ, а КСП-грамматика содержит три дополнительных правила: а) в структуре ППМ не должно быть плекс-элементов с пустыми входами-выходами; б) матрица конкатенаций не должна иметь циклов; в) длина критического пути графа, эквивалентного обобщенной матрицы конкатенации, должна быть минимальной.

Резюме. Материалы, изложенные в данном разделе, дают основание утверждать следующее.

Во-первых, формирование и правильное использование языков представления знаний в системных моделях, с одной стороны, представляет одну из самых сложных и ответственных проблем системно-аналитических исследований, и, с другой стороны, является едва ли не самым надежным залогом их успеха и эффективности.

Во-вторых, использование всей палитры языковых средств, начиная с естественного языка и заканчивая математическими языками, принципиально выделяет системно-аналитическую парадигму научного исследования, как от гуманитарного, так и от чисто формального подхода. При этом важно то, что оба этих подхода не отрицаются, а органически вписываются в технологию системно-аналитических исследований. В результате чего, с одной стороны, происходит приумножение достоинств каждого из этих подходов, а, с другой стороны, наблюдается нивелирование их недостатков и ограничений.

В-третьих, комплексное использование разнообразных языковых средств, позволяя полнее раскрыть существо изучаемых объектов, значительно усложняет процедуру системно-аналитических исследований. Приходится мириться – «сложное» для «простого» непостижимо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Аверкин А.Н., Батыришин И.З. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. / Под ред. *Поспелова Д.А.* – М., 1986.

Акоф Ф.Р., Эмери Ф.О. О целеустремленных системах. – М.: Наука, 1974.

Акчурин И.А. Единство естественно-научного знания. – М.: Наука, 1974.

Алиев Р.А., Либерзон М.И. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления. – М., 1987.

Баркалов С.А., Керусова В.А., Новосельцев В.И. и др. Организации: управление, конфликты, кризисы, риски / Учебное пособие / Под ред. С.А. Баркалова и В.И. Новосельцева. – Воронеж: «Научная книга», 2009.

Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. – В кн.: Системные исследования. – М.: Наука, 1969.

Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. – М., 1973.

Брябрин В.М. и др. Диалоговые системы в АСУ. – М.: Машиностроение, 1983.

Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1977.

Бхагаван Шри Ранжнеш. Избранные беседы. Т.1. Истинный мудрец. Дао: путь без пути. – Новочеркасск: Сагуна, 1994.

Варшавский В.И., Поспелов Д.А. Оркестр играет без дирижера. – М.: Наука, 1989.

Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. – М.: Сов. Радио, 1964.

Вернадский В.И. Биосфера. Очерки первый и второй. – Л., 1926.

Вертгаймер М. О гештальттеории. – В кн.: Хрестоматия по истории психологии. – М., 1980.

- Вертгаймер М.* Продуктивное мышление. – М., 1987.
- Винер Н.* Кибернетика. – М.: Наука, 1964.
- Винер Н.* Я – математик. – М.: Наука, 1967.
- Гегель Г.В.Ф.* Сочинения. Том II. – М. – Л., 1934, с. 56.
- Гендин А.М.* «Эффект Эдипа» и методологические проблемы социального прогнозирования. Вопросы философии, № 15. 1970.
- Дворецкий И.Х.* Древнегреческо-русский словарь. Том 2. – М., 1958.
- Дружинин В.В., Конторов Д.С.* Идея, алгоритм, решение. – М.: Воениздат, 1972.
- Дружинин В.В., Конторов Д.С.* Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985.
- Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д.* Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989.
- Жаботинский А.М.* Концентрационные колебания. – М.: Наука, 1974.
- Заде Л.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Математика и кибернетика», №.7). – М., 1974.
- Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных значений. – М., 1976.
- Квейд Э.* Анализ сложных систем. – М.: Наука, 1969.
- Квейд Э.* Методы системного анализа. – В кн.: Новое в теории и практике управления производством США. – М., 1971.
- Клацки Р.* Память человека, структуры и процессы. – М.: Мир, 1970.
- Клир Дж.* Автоматизация решения системных задач. – М.: Наука, 1990.
- Клыков Ю.И.* Ситуационное управление большими системами. – М.: Энергия, 1974.
- Конторов Д.С.* Внимание – системотехника. – М., 1993.
- Крон Г.* Исследование сложных систем по частям – диакоптика. – М.: Наука, 1972.

Кузнецов В.И. Системное проектирование радиосвязи. Часть первая (Системотехника). – Воронеж: ВНИИС, 1994.

Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979.

Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. – М.: Сов. радио, 1973.

Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. – М.: Мир, 1974.

Лопухин М.М. ПАТТЕРН – метод планирования и прогнозирования научных работ. М.: Сов. радио, 1971.

Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. – М. – Л., 1935.

Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002.

Макаров С.О. Рассуждения по вопросам морской тактики. – М.: Военмориздат, 1942.

Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.

Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978.

Моисеев Н.Н. Математики ставят эксперимент. – М., 1979.

Миллер Г. Магическое число семь или минус два. – В кн.: Инженерная психология. – М., 1964.

Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М., 1970.

Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М., 1979.

Новосельцев В.И. Сочинения (2002-2012). В двух томах. Том второй. – Воронеж: Научная книга, 2012.

Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Перевод с латинского и примечания А.Н. Крылова. – М.: Наука, 1989.

Плаус С. Психология оценки и принятия решений. – М., 1998.

Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982.

Поппер К. Предположения и опровержения: Рост научного знания. – М.: Ермак. 2004.

Поспелов Д.А. Большие системы: Ситуационное управление. – М., 1975.

Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М., 1981.

Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985.

Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Наука, 1986.

Райфа Г. Анализ решений. – М.: Наука, 1977.

Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания. – М., 1997.

Садовский В.Н. Основания общей теории систем. – М., 1974.

Саймон Г.А. Теория принятия решений в экономической теории и в науке о поведении // Вехи экономической мысли. / Под ред. В. М. Гальперина, С.М. Игнатьева, В.И. Моргунова. – СПб: Экономическая школа, 2000.

Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / Пер. с англ. – М.: Наука, 1962.

Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. – М., 1978.

Уинстон П. Искусственный интеллект. – М., 1980.

Уэно Х., Исидзука М. Представление и использование знаний. – М., 1989.

Фишберн П.К. Теория полезности для принятия решений. – М., 1978.

Флейшман Б.С. Основы системологии. – М., 1982.

Флейшман Б.С. Теория потенциальной эффективности сложных систем. – М., 1971.

Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М.: Мир, 1991.

Хакен Г. Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985.

Холл А.Д., Фейджин Р.Е. Определение понятия системы / В кн. Исследования по общей теории систем / Ред. В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. – М.: Прогресс. 1969.

Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. – М., 1975.

Шеннон К. Математическая теория связи: Работы по теории информации и кибернетике. – М., 1963.

Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Изд-во иностр. лит. 1959.

Яцук В.Я. Использование λ -фреймов и метода продукций при построении интеллектуальных систем принятия решений // Международный симпозиум по искусственному интеллекту. – Л., 1982.

Drucker P. What we can learn from Japanese management? Harvard business rev., 1971, vol. 49, n. 2, p 110.

Feigenbaum M. J. Quantitative universality for a class of nonlinear transformations, "J. Stat. Phys.", 1978, v. 19, № 1.

Hawking Stephen W. A Brief History of Time From the Big Bang to Black Holes, 1988.

Leibnitz G.W. Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie, Bd. II, 1906.

Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // Journ. of the Atmospheric Science. 1963. V. 20. P. 130-141 / В русском переводе: Лоренц Э. Детерминированное непериодическое течение / В кн. Странные аттракторы. – М.: Мир, 1981.

Minsky M. A. Framework for Representing Knowledge, in The Psychology of Computer Vision, P.H. Winston (ed.), McGraw-Hill, 1975.

Williams R.R. The Structure of Lorenz Attractors, Lecture Notes in Mathematics, 615, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1977, 94-112.

ПРИЛОЖЕНИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕФЛЕКСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В КОНФЛИКТАХ

Предположим, что при отсутствии конфликта и, соответственно, рефлексии, динамика каждого из будущих участников конфликта подчиняется логистическому закону, то есть:

$$\frac{dE_1(t)}{dt} = E_1(t)r_1 \left(1 - \frac{E_1(t)}{E_1^{MAX}} \right), E_1(0) = E_1^0, \quad (1)$$

$$\frac{dE_2(t)}{dt} = E_2(t)r_2 \left(1 - \frac{E_2(t)}{E_2^{MAX}} \right), E_2(0) = E_2^0, \quad (2)$$

где r_i – потенциал i -го субъекта, а E_i^{MAX} – максимально возможная (потенциальная) эффективность.

Пусть в условиях конфликта цель рефлексивного управления каждого из субъектов заключается в максимально возможном снижении эффективности функционирования соперника, то есть справедливо $\left(\frac{\partial E_1^{RE}(t)}{\partial E_2^{RE}(t)} < 0 \right) \wedge \left(\frac{\partial E_2^{RE}(t)}{\partial E_1^{RE}(t)} < 0 \right)$.

Кроме того, для упрощения задачи будем считать, что взаимное влияние конфликтующих субъектов на эффективность функционирования друг друга характеризуется линейными функциями.

Тогда, можно записать:

$$\begin{cases} \frac{dE_1^{RE}(t)}{dt} = E_1^{RE}(t)r_1 \left(1 - \frac{E_1^{RE}(t)}{E_1^{MAX}} - \alpha_{12} \frac{E_2^{RE}(t)}{E_2^{MAX}} \right), E_1^{RE}(0) = E_1^0; & (3) \\ \frac{dE_2^{RE}(t)}{dt} = E_2^{RE}(t)r_2 \left(1 - \frac{E_2^{RE}(t)}{E_2^{MAX}} - \alpha_{21} \frac{E_1^{RE}(t)}{E_1^{MAX}} \right), E_2^{RE}(0) = E_2^0, & (4) \end{cases}$$

где α_{12} ($0 < \alpha_{12} \leq 1$) и α_{21} ($0 < \alpha_{21} \leq 1$) – коэффициенты относительного влияния субъектов друг на друга.

Проведем анализ системы (3) - (4).

Если

$$(\alpha_{21} < E_2^{\text{MAX}} / E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} < E_1^{\text{MAX}} / E_2^{\text{MAX}}), \quad (5)$$

то процесс рефлексивного управления, описываемый (3) и (4), характеризуется единственным положением равновесия в точке (E_1^*, E_2^*) , координаты которой являются решениями системы:

$$\begin{cases} E_1^{\text{MAX}} - E_1^{\text{RE}}(t) - \alpha_{12} E_2^{\text{RE}}(t) = 0; \\ E_2^{\text{MAX}} - E_2^{\text{RE}}(t) - \alpha_{21} E_1^{\text{RE}}(t) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

и равны

$$E_1^* = \frac{E_1^{\text{MAX}} - \alpha_{12} E_2^{\text{MAX}}(t)}{1 - \alpha_{12} \alpha_{21}}; \quad (7)$$

$$E_2^* = \frac{E_2^{\text{MAX}} - \alpha_{21} E_1^{\text{MAX}}(t)}{1 - \alpha_{12} \alpha_{21}}. \quad (8)$$

Варианты фазового портрета системы (3)-(4) при выполнении условия (5) и различных начальных условиях приведены на рис. 1.

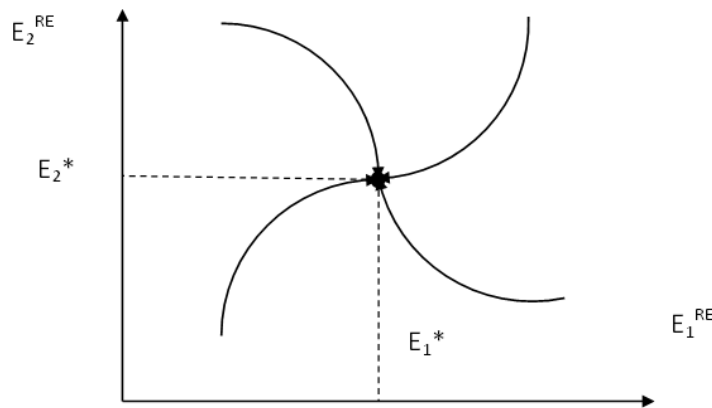


Рис. 1. Варианты фазового портрета системы (3) - (4) при $(\alpha_{21} < E_2^{\text{MAX}} / E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} < E_1^{\text{MAX}} / E_2^{\text{MAX}})$

Если

$$(\alpha_{21} > E_2^{\text{MAX}} / E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} < E_1^{\text{MAX}} / E_2^{\text{MAX}}) \quad (9)$$

или

$$(\alpha_{21} < E_2^{\text{MAX}} / E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} > E_1^{\text{MAX}} / E_2^{\text{MAX}}) \quad (10)$$

или

$$(\alpha_{21} > E_2^{\text{MAX}}/E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} > E_1^{\text{MAX}}/E_2^{\text{MAX}}), \quad (11)$$

то нетрудно убедиться, что во всех трех случаях процесс, описываемый (3)-(4), не обладает свойством равновесия.

Так в случае (9) первый субъект как более сильный всегда будет иметь превосходство над вторым субъектом, в результате $E_1^* = E_1^{\text{MAX}}$, а $E_2^* = 0$. При выполнении условия (10) всегда будет выигрывать второй субъект, то есть $E_2^* = E_2^{\text{MAX}}$, а $E_1^* = 0$. В случае (11) в зависимости от стартовых условий (соотношения E_1^0 и E_2^0) победа будет либо на стороне первого, либо второго субъекта. Варианты фазового портрета системы (3)-(4) при выполнении условий (9), (10) и различных начальных условиях приведены на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

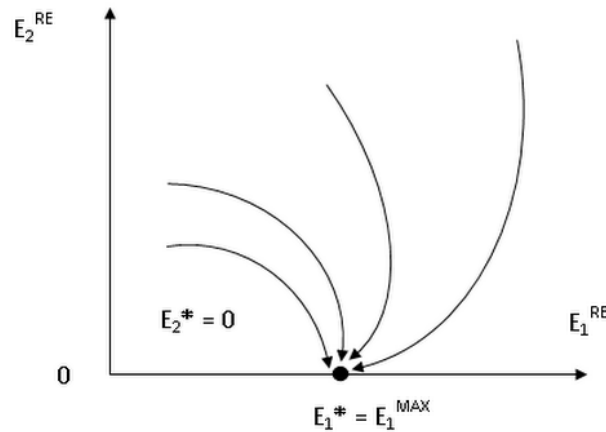


Рис. 2. Варианты фазового портрета системы (3)-(4) при $(\alpha_{21} > E_2^{\text{MAX}}/E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{21} < E_2^{\text{MAX}}/E_1^{\text{MAX}})$

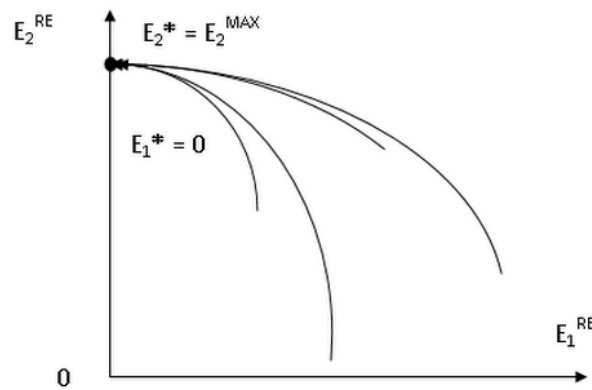


Рис. 3. Варианты фазового портрета системы (3)-(4) при $(\alpha_{21} > E_2^{\text{MAX}}/E_1^{\text{MAX}}) \wedge (\alpha_{12} > E_1^{\text{MAX}}/E_2^{\text{MAX}})$

Рассмотрим теперь случай, когда в процессе рефлексивного управления участвуют N субъектов, а их влияние на эффективность друг друга выражается нелинейной зависимостью.

В этом случае описание N -компонентного процесса взаимного рефлексивного управления дается уравнениями вида:

$$\begin{cases} \frac{dE_i^{RE}(t)}{dt} = E_i^{RE}(t)\varphi_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t)); \\ E_i^{RE}(t) \leq E_i^{MAX}; E_i^{RE}(0) = E_i^0; (i = \overline{1, N}). \end{cases} \quad (12)$$

где функции $\varphi_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t)); (i = \overline{1, N})$ выражают нелинейные зависимости изменения эффективности одного субъекта от изменения эффективностей других субъектов.

Зависимости текущих эффективностей субъектов, соответствующие условиям стационарности $\frac{dE_i^{RE}(t)}{dt} = 0; (i = \overline{1, N})$ выражается неявными функциями следующего вида:

$$\varphi_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t)) = 0; (i = \overline{1, N}). \quad (13)$$

Обозначим соответствующие им явные зависимости так:

$$E_i^{RE}(t) = f_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t)); (i = \overline{1, N}). \quad (14)$$

Пусть рассматриваемая система уравнений (12) имеет единственное положительное решение (E_1^*, \dots, E_N^*) , соответствующее точке пересечения графиков функций (14).

Тогда, для устойчивого равновесия достаточно, чтобы было справедливым условие:

$$\bigvee_{i=1}^N \left(\frac{df_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{dE_i^{RE}(t)} > \frac{df_{i+1}(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{dE_i^{RE}(t)} \right). \quad (15)$$

Применяя правило дифференцирования неявной функции, приходим к неравенству:

$$\forall_{i=1}^N \left[\left| \frac{\partial f_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{\partial E_i^{RE}(t)} \cdot \frac{\partial \varphi_{i+1}(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{\partial E_{i+1}^{RE}(t)} \right| > \left| \frac{\partial f_i(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{\partial E_{i+1}^{RE}(t)} \cdot \frac{\partial \varphi_{i+1}(E_1^{RE}(t), \dots, E_N^{RE}(t))}{\partial E_i^{RE}(t)} \right| \right], \quad (16)$$

или в других обозначениях:

$$\forall_{i=1}^N \left[\left| \omega_{ii} \cdot \omega_{(i+1)(i+1)} \right| > \left| \omega_{i(i+1)} \cdot \omega_{(i+1)i} \right| \right], \quad (17)$$

где $\omega_{ii}, \omega_{(i+1)(i+1)}$ – коэффициенты самоограничения, устанавливаемые, например, в результате компромиссных договоренностей между конфликтующими субъектами; $\omega_{i(i+1)}, \omega_{(i+1)i}$ – коэффициенты вытеснения, характеризующие стремление сторон одержать победу над конкурентом в процессе рефлексивного управления ($0 < \omega_{ii}, \omega_{(i+1)(i+1)}, \omega_{i(i+1)}, \omega_{(i+1)i} \leq 1$).

При выполнении условия (17) вид фазового портрета системы (12) аналогичен рис. 1, но вместо двумерного (E_1, E_2) используется N-мерное пространство (E_1, \dots, E_N).

Иной (более сложный) вид фазовый портрет процесса рефлексивного управления, описываемого системой (12), приобретает, если условие $\left(\frac{\partial E_1^{RE}(t)}{\partial E_2^{RE}(t)} < 0 \right) \wedge \left(\frac{\partial E_2^{RE}(t)}{\partial E_1^{RE}(t)} < 0 \right)$ не соблюдается. В этом случае поведение решений системы (12) приобретает квазипериодический характер. В пространстве (E_1, \dots, E_N) образуется область стационарного равновесия (если таковая существует) в виде N-мерного тора, к которому стремятся решения системы (12). Иллюстративный пример фазового портрета такой системы для случая $N = 2$ приведен на рис. 4. В этом случае траектория процесса из любого начального состояния ($E_1(0), E_2(0)$) стремится к замкнутой кривой θ , движение по которой осуществляется с периодом T . Кривая θ , называемая

«предельным циклом», характеризует внутренне присущий данному конфликту автоколебательный режим.

Выше предполагалось, что управления, оказываемые конфликтующими субъектами друг на друга, обладают свойством

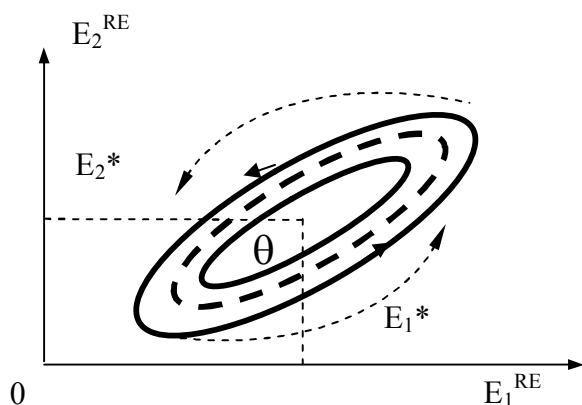


Рис. 4. Фазовый портрет системы (12) с колебательным режимом и равновесием типа «предельного цикла»

действенности. То есть считалось, что, будучи реализованными, они с вероятностью равной единице оказывают воздействие, на которое и рассчитывала сторона, ведущая рефлексивное управление. На практике это предположение выполняется далеко не все-

гда. Рефлексирующие стороны, не просто принимают мотивирующую информацию к сведению, проводят ее анализ с целью распознавания, насколько она соответствует действительности. В результате такого анализа эта информация либо отвергается, либо используется при принятии управленческих решений. Для учета этих обстоятельств введем p_i – вероятность того, что в результате анализа мотивирующая информация будет принята к сведению i -м субъектом, $(1 - p_i)$ – вероятность того, что эта информация будет отвергнута на том основании, что управляемый субъект счел ее не соответствующей действительности.

С учетом введенных вероятностей (12) приобретает вид:

$$\begin{cases} \frac{dE_1^{RE}(t)}{dt} = p_1 F_1(E_1^{RE}(t), E_2^{RE}(t), E_1^0) + (1 - p_1) E_1(t); \\ \frac{dE_2^{RE}(t)}{dt} = p_2 F_2(E_1^{RE}(t), E_2^{RE}(t), E_2^0) + (1 - p_2) E_2(t). \end{cases} \quad (18)$$

Действительно, при $p_1 = p_2 = 1$, то есть при действенности рефлексивных управлений, (18) трансформируются в (12), а при

$p_1 = p_2 = 0$, то есть при полной недейственности рефлексивных управлений, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dE_1^{RE}(t)}{dt} = E_1(t); \\ \frac{dE_2^{RE}(t)}{dt} = E_2(t), \end{cases} \quad (19)$$

которым математически отражается тот факт, что в моделируемом конфликте имеет место полное отсутствие эффекта рефлексивного управления с обеих сторон.

Таким образом, введение указанных вероятностей привело к тому, что изменился тип моделируемого процесса: из детерминированного он трансформировался в стохастический. Соответственно этому поменялся тип уравнений и вид областей равновесия. В частности, область устойчивого равновесия системы (18), если она существует, приобретает вид стохастического аттрактора, изображенного на рис. 5.

Естественным развитием систем со стохастическим аттрактором являются системы с хаотическими или «странными» аттракторами.

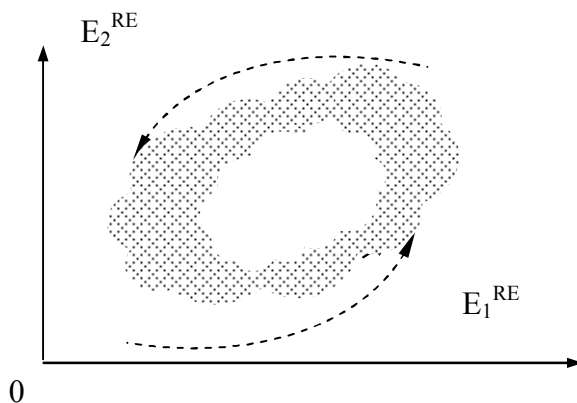


Рис. 5. Фазовый портрет системы (18) с областью равновесия в виде стохастического аттрактора

Содержательная сторона хаотического аттрактора может интерпретироваться как вхождение системы рефлексирующих субъектов в зону кризиса, в которой незначительные изменения параметров взаимодействия может привести к катастрофическим последствиям.

Для формального описания такого процесса можно использовать нелинейные диссипативные системы однородных диффе-

ренциальных уравнений с хаотическим поведением. Типичным примером подобной системы может служить система Лоренца.

Другой достаточно сложный и малоизученный вариант модели рефлексивного управления в конфликте возникает тогда, когда необходимо учитывать запаздывания (или опережения) в выработке сторонами взаимных управляющих воздействий.

В этом случае для адекватного описания рефлексивного процесса необходимо использовать системы уравнений с отклоняющимися аргументами:

$$\begin{cases} \frac{dE_1^{RE}(t)}{dt} = F_1(E_1^{RE}(t), E_1^{RE}(t - \tau_1), E_2^{RE}(t), E_2^{RE}(t - \tau_2), E_1^0); \\ \frac{dE_2^{RE}(t)}{dt} = F_2(E_1^{RE}(t), E_1^{RE}(t - \tau_1), E_2^{RE}(t), E_2^{RE}(t - \tau_2), E_2^0). \end{cases} \quad (20)$$

В сущности, отклонение аргумента – это динамический фактор, характеризующий реакцию субъектов на внешние управления и на внутренние стимулы. Введение отклоняющихся аргументов может (при определенном виде функций F_1 и F_2) приводить к образованию областей квазистохастизма или выходу из них, если они ранее существовали.

Ситуация усложняется еще и тем, что в условиях взаимной рефлексии, отклонения аргумента становятся зависимыми как от времени $\tau_1 = T_1(t)$, $\tau_2 = T_2(t)$, так и от действий рефлексирующих сторон: $\tau_1 = T_1(D_2, t)$, $\tau_2 = T_2(D_1, t)$. Но D_1 и D_2 , как и вид функций F_1 и F_2 , определяются алгоритмами анализа обстановки и принятия решений. Если и эти алгоритмы построены на принципе взаимной рефлексии, то отклонение аргумента может быть утеряно ($\tau \equiv 0$), может быть изменен его знак ($+\tau \rightarrow -\tau$), а может это отклонение появиться там, где его раньше не было.

В целом модельное изучение процессов взаимного рефлексивного управления в конфликтах позволяет сделать два заключения. Первое заключение можно сформулировать так: рефлексивные процессы взаимного управления в конфликтах, традиционно считавшиеся прерогативой изощренного человеческого мышления, удастся формализовать в виде математических моделей, что открывает путь к их компьютерной имитации с целью не только количественной оценки результатов этого процесса, но и оценки вероятных рисков сторон.

В частности, можно предложить следующую формулу для количественной оценки уровня риска в условиях взаимной рефлексии (K_{UR}):

$$K_{UR} = \begin{cases} 0 \text{ (минимальный) – если система уравнений, описывающая} \\ \text{динамику рефлексивного процесса, имеет точку} \\ \text{стационарного равновесия с ненулевыми координатами;} \\ 0.5 \text{ (неопределенный) – если система уравнений, описывающая} \\ \text{динамику рефлексивного процесса, не имеет точки стационарного} \\ \text{равновесия;} \\ 1 \text{ (максимальный) – если точка стационарного равновесия} \\ \text{системы уравнений, описывающей динамику рефлексивного} \\ \text{процесса, имеет нулевые координаты.} \end{cases}$$

Таким образом, для оценки риска в конфликте, когда стороны применяют рефлексивное управление необходимо:

- а) задаться уравнениями, правдоподобно описывающими динамику рефлексивного процесса;
- б) произвести их анализ на предмет определения условий стационарного равновесия;

в) используя приведенную выше формулу, оценить уровень риска в градациях 0 (минимальный); 0,5 (неопределенный); 1 (максимальный);

г) интерпретировать полученные оценки применительно к конкретной ситуации, и представить их лицу, принимающему решение.

Очевидно, что трактовка уровня риска зависит от вида области стационарного равновесия уравнений, описывающих динамику рефлексивного процесса: 1) точка; 2) детерминированный периодический тор; 3) стохастический аттрактор; 4) хаотический аттрактор. В первых двух случаях представляется возможным дать однозначную (детерминированную) оценку уровня риска по указанным выше градациям. В третьем случае оценка уровня риска вследствие стохастизма процесса «размывается» и выражается в виде вероятностных оценок введенных градаций. Четвертый случай – особый, число градаций риска снижается до двух (минимальный или максимальный), а оценка уровня риска также «размывается», но не вследствие стохастизма, а из-за возможных бифуркаций.

Второе заключение, вытекающее из результатов модельного изучения рефлексивного управления в конфликтах, выглядит так: несмотря на то, что по своей сути взаимное рефлексивное управление направлено на нарушение равновесия в системах, следствием которого может быть как изменение характера взаимодействия их компонентов, так и разрушение части системы или всей системы, эта тенденция не фатальна; какими бы конфликтными ни были взаимоотношения субъектов, осуществляющих взаимную рефлекссию, всегда можно найти такие управления (естественно, при желании сторон), при которых устанавливается равновесное состояние, обеспечивающее их нормальное совместное функционирование.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПСИХИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ВНУТРИЛИЧНОСТНЫХ И МЕЖЛИЧНОСТНЫХ КОНФЛИКТОВ

Изучением конфликтов традиционно занимается психология. По экспертной оценке с этим направлением связано около 70% всей совокупности современных публикаций по проблемам конфликта. Однако серьезных научных продвижений здесь как не наблюдалось, так и не наблюдается.

Непреодолимым препятствием на пути познания конфликтов психологического типа является, с одной стороны, вещественно-энергетическое представление психики (позитивистская концепция), а с другой стороны, признание нематериальности процессов, происходящих в психике (негативистская концепция).

Сторонники негативистской концепции исходят из буквального понимания слова «психо» – душа. А душа – это вещь нематериальная, и следовательно, ее нельзя разделить на части, выяснить свойства и характер взаимодействия частей, в общем произвести все те операции, которые проводятся при изучении обычных материальных объектов. Соответственно единственным методом изучения такого объекта остается самый примитивный из всех самых примитивных методов, а именно метод «черного ящика».

Позитивистски настроенные психологи считают, что психические процессы являются «продуктом» деятельности нервной системы, и, прежде всего, клеток коры головного мозга. Следовательно, изучив детально функционирование нервной системы, можно понять состав и структуру психики. Отчасти это так, но изучив молекулярно-клеточный уровень психики можно понять лишь устройство носителей информации, но не сами информа-

ционные процессы, составляющие квинтэссенцию психики. Нашу центральную нервную систему в том виде как она представляется физиологам образно можно сравнить с материнской платой компьютера. Сколько не копайся в этой «материнской плате» информации там не найти. Можно обнаружить только косвенные следы ее присутствия, по которым невозможно восстановить сущность информационных процессов. Подтверждением тому являются попытки «лечить» или точнее корректировать психические, то есть информационные процессы, химическим или механическим путем, воздействуя на клетки коры головного мозга. Эти попытки настолько убоги по своему замыслу, что невольно ассоциируются с ремонтом телевизора путем нанесения ударов по его корпусу. Конечно, иногда такая процедура способна привести аппарат в чувство, но нельзя же эту манипуляцию считать ремонтом. Вывод такой: для того, что бы лечить, корректировать психику и вообще воздействовать на нее, надо использовать не вещественно-энергетические, а информационные лекарства и средства. Это новый класс средств, механизм действия которых основан не на физическом или химическом воздействии на нервные клетки – носители информации, а направлен на прямую корректировку информационных алгоритмов управления поведением и обеспечением жизнедеятельности человека.

Таким образом, современная психологическая наука не предоставляет исследователю-конфликтологу возможность «заглянуть» внутрь психики, выяснить ее устройство, механизмы функционирования и характер взаимодействия частей. Максимум, что может исследователь, вооруженный психологическими методами, – это зарегистрировать психическую реакцию человека на некоторые «входные» воздействия, выраженные, например, в виде тестового вопроса. После соответствующей обработки этих реакций можно получить любой вывод относительно конфликтности данной личности, подкрепить его статистикой, затем придать ему статус закономерности, и уже на основе этого

сформулировать советы «по успешному преодолению конфликтов» в духе Д. Карнеги.

Наша задача будет состоять в том, чтобы показать конструктивность применения системно-аналитического подхода при изучении конфликтов психологического свойства.

Исходные положения. Центральная мысль, составляющая базис системно-аналитического подхода к изучению внутриличностных и межличностных конфликтов звучит следующим образом: бытующие термины «конфликты между пробуждениями, влечениями, наклонностями, характерами и т.п.», не более чем художественные метафоры, которые таковыми останутся до тех пор, пока не будет установлена субстанциональная основа психики и не будут выяснены ее состав, структура и механизмы функционирования и, в конечном счете, не будет построена ее структурно-функциональная модель.

Рассмотрим одну из таких моделей, ориентированную на выявление факторов, обуславливающих возникновение внутриличностных и межличностных конфликтов. При этом будем опираться на следующие положения.

Во-первых, каждый человек в отдельности (как, впрочем, и социальная группа) представляется не плоской, а многоуровневой стратифицированной системой включающей три известных на сегодня страты: тело, душу (или психику) и духовную основу (или дух). Причем, каждая страта характеризуется своими процессами преобразования образующей ее субстанции: тело – вещественно-энергетическими, психика – информационными, духовная основа – трансцендентными (пока неизвестными). Подчеркнем, что субстанциональную основу интересующего нас психического комплекса человека составляют не вещественно-энергетические, а информационные преобразования. Иными словами, психические процессы мы будем рассматривать как чисто информационные преобразования, а составные части психики представлять функциональными механизмами (алгоритма-

ми), осуществляющими обработку не вещества или энергии, а информации.

Во-вторых, следуя принятой в данной работе аксиоматике будем исходить из того, что психика управляет телом человека, а духовная основа управляет психикой. Таким образом, психика – это информационная часть устройства человека, которая управляет его телом, и сама управляется со стороны его духовной основы.

В-третьих, будем полагать, что основу информационных преобразований происходящих в психике, составляют процессы принятия решений. Поведение людей – это совокупность совершаемых ими действий в ответ на изменения условий внешней и внутренней обстановки. Для того чтобы совершить то или иное действие, необходимо реализовать контур управления, представляющий собой многоступенчатый процесс: приема сигналов от рецепторов (органов чувствования), их детектирования (отделение информации от вещественно-энергетических носителей) и доведения информации до компонентов, ответственных за принятие решений; восприятия осведомительной информации, ее обработки и оценки; принятия решения и выработки распорядительной информации; подготовки условий для реализации принятого решения; размещения распорядительной информации на вещественно-энергетических носителях (модулирования) и ее доведения до эффекторов (частей тела, осуществляющих декодирование информации и реализующих соответствующие вещественно-энергетические преобразования – действия); контроля результатов исполнения решений по каналам обратной связи.

Принять решение – означает мысленно ответить на вопросы: «В чем суть проблемной ситуации? Ради чего и нужно ли вообще совершать действие? Когда, где и как нужно действовать? Какой способ действия целесообразно избрать для получения желаемого результата? Какие для этого необходимы ресурсы?». Ответы на эти вопросы вырабатывает психика. Они

снимают неопределенность в поведении человека и через его тело превращаются в упорядоченную последовательность действий, которые только проявляют конфликтные взаимоотношения, делают их видимыми, а их внутренняя, первопричинная сторона кроется в механизмах принятия решений. Следовательно, для того чтобы разобраться в исходных причинах возникновения конфликтов, и понять смысл тех или иных действий, необходимо структурировать психический комплекс и вскрыть механизмы происходящих в нем процессов принятия решений.

Психические механизмы принятия решений. При структурно-функциональном подходе к изучению психики (точнее той ее части, которая отвечает за принятие решений) в ней можно выделить четыре функциональных механизма (рис. 1): инстинктивный, рефлексный интеллектуальный и интуитивный, приближенно соответствующие весьма неопределенным, но укоренившимся понятиям: «бессознательное», «подсознательное», «сознательное» и «надсознательное».

Инстинктивный механизм – это начальная ступень психического развития человека. Он характерен тем, что при его доминировании мыслительный аппарат практически не используется, а задействуется только бессознательная, сенсомоторная реакция человека на внешние и внутренние раздражители.

Раньше считалось, что инстинкт представляет собой рудимент психики, который со временем должен отмереть. Первым, кто опроверг эту точку зрения, занявшись действительно научным изучением бессознательного и исследованием его влияния на индивидуальную и общественную жизнь, был Зигмунд Фрейд. Согласно его теории, бессознательны многие наши желания и побуждения, причем глубинный уровень психики функционирует на основе первичных биологических влечений, где доминирующую роль играют так называемые «инстинкт смерти» – *танатос* и «инстинкт жизни» – *эрос*. Эти и другие инстинкты отражают не столько настоящий, сколько прошлый человеческий опыт. Причем речь идет не об опыте ближайших

родственников (отца и матери), а о фиксации в инстинктивных влечениях данного индивида опыта всех поколений, ему предшествовавших.

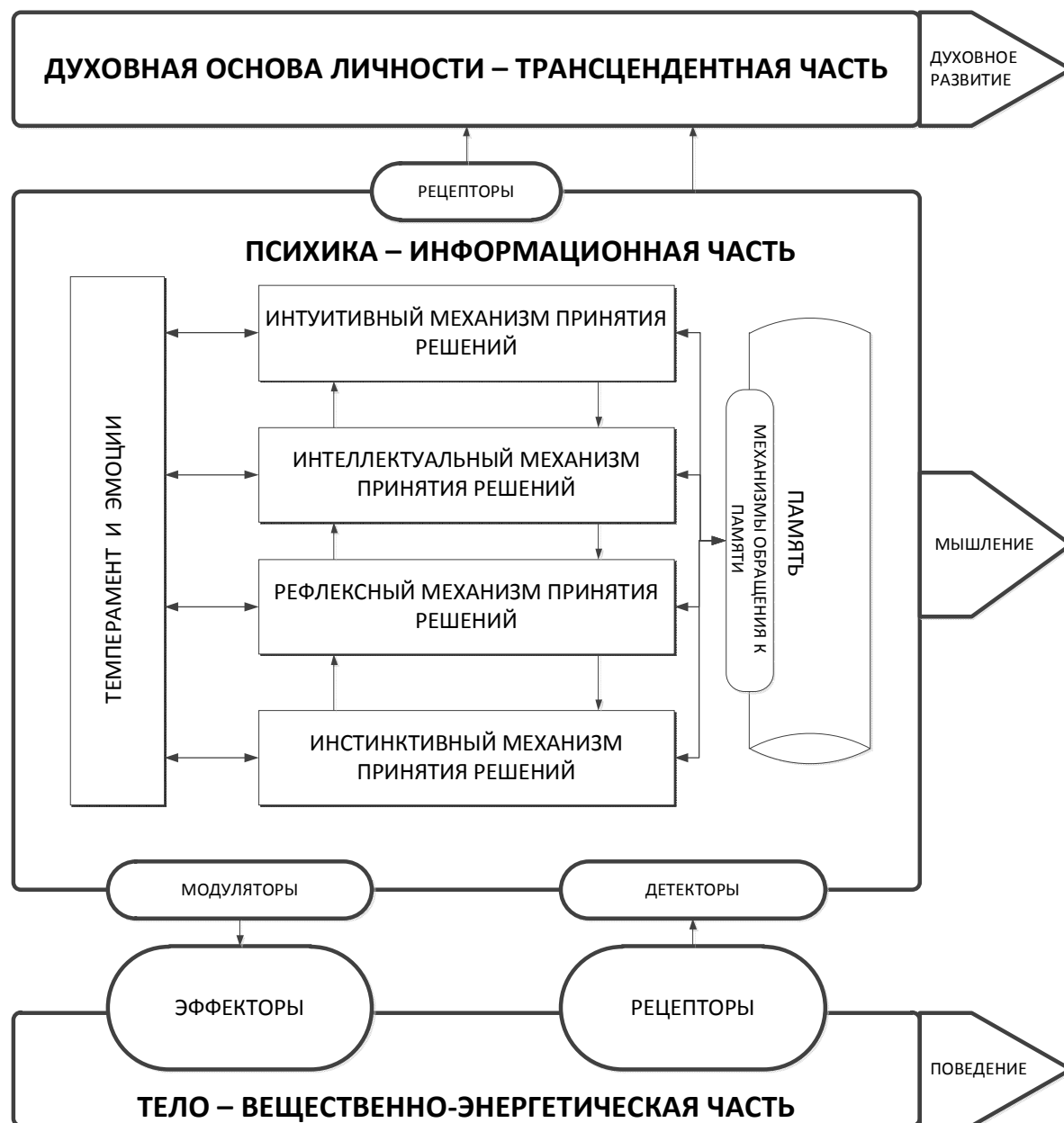


Рис. 1. Структурно-функциональная модель психического комплекса человека

Этот опыт, сконцентрированный в виде правил принятия решений, записывается в генных структурах и передается от родителей к детям. С каждым последующим поколением инстинкты постепенно и очень медленно меняются, пополняясь и модифицируясь. Текущие события включают в них новую информацию – она переносится на прошлое, объединяется с ним, коррек-

тируя инстинктивные правила по мере смены поколений. Фактически в инстинктах запечатлены отголоски всей истории образования генеалогической цепочки каждого индивида как жесточайшей борьбы биологического вида «*homo*» за свое существование в условиях враждебной среды. Эти отголоски, зафиксированные в генетическом коде современного человека, формируют в его психике так называемую «агрессивную концепцию среды», которой он изначально и бессознательно руководствуется при принятии решений. Именно этот психологический фактор составляет одну из естественных первопричин возникновения и постоянства межличностных конфликтов. Однако сила действия инстинкта не абсолютна, она подавляется высшими механизмами принятия решений. Такая внутренняя борьба снижает природную конфликтность, но одновременно порождает внутреннюю психологическую напряженность, вызывая то, что Карен Хорни называла чувством постоянной тревоги и беспокойства, сопровождающим человека на протяжении всей жизни. Внутренне противостояние высших механизмов инстинктивному есть природный фактор, лежащий в первооснове возникновения внутриличностных и межличностных конфликтов.

Рефлексный механизм. Представляет собой вторую ступень эволюции психики. Образно его можно назвать сферой машинального, привычного, заученного, автоматического. Внешне механизм принятия рефлексных решений весьма прост. В процессе социализации в психике человека происходит формирование эталонных (типовых) ситуаций и связанных с ними решений. Такие связки «ситуация-решение» постепенно накапливаются, сортируются и обобщаются, образуя своеобразный банк знаний. Получая через чувственные органы текущую информацию о ситуации, человек обращается в этот банк, отождествляет ее с наиболее близкой эталонной и сразу «без раздумий» вырабатывает решение на действие. Такой механизм принятия решений характерен для опытных водителей автотранспортных средств, авиадиспетчеров, практикующих врачей и других лиц,

чья профессиональная деятельность связана с оперативным реагированием на изменения ситуации.

Рефлексные решения, несмотря на их очевидную рациональность, тем не менее, обладают конфликтообразующими свойствами, прежде всего обусловленными их функциональной близостью к инстинктивным: врожденный рефлекс есть проявленный инстинкт. Кроме этого, рефлекс способен сам по себе служить источником межличностных и внутриличностных конфликтов. Это связано с принципиальной невозможностью глубокого постижения существа сложных ситуаций и тенденций их развития на основе использования рефлексного мышления. Приобретенные рефлексy – это привычки, традиции, жизненный опыт, всегда несущие в себе признаки консерватизма. Поэтому чем больше человек опирается на рефлексное мышление, тем менее оперативной и глубокой становится его реакция на новые нюансы и повороты в развитии внешней ситуации. С одной стороны, это обеспечивает устойчивость (предсказуемость) в его поведении, а, с другой – неизбежно порождает противоречия типа «старое – новое», «дети – родители».

Интеллектуальный механизм является третьей ступенью в эволюционной лестнице развития психики. С возникновением интеллекта человек сделал гигантский скачок в своем психическом развитии, уйдя далеко вперед по сравнению со всем остальным животным миром, но вместе с тем приобрел очень опасного и коварного «сотрудника». По-видимому, первым, кто не только обратил внимание на наличие в психической структуре человека такого механизма, но и описал его существо в виде логических правил дедукции (умозаключений «от общего к частному»), был Аристотель. В последующем Френсис Бэкон и его соотечественник – логик Джон Стюарт Милль существенно расширили понимание механизма работы интеллекта, разработав логические правила построения индуктивных («от частного к общему») и традуктивных («от частного к частному») умозаключений. В XIX веке английский математик Джордж Буль, ис-

следовавший законы рационального мышления, разработал алгебру логики, которая еще полнее описывала механизмы логических умозаключений и послужила основой для создания современной компьютерной техники. Сегодня математическая наука достигла еще более высокого уровня, позволяющего в некоторых проблемных областях искусственно воспроизводить интеллектуальные человеческие способности. Типичным примером в этом отношении могут служить компьютерные программы игры в шахматы.

Сказанное не означает, что человеческий интеллект подобен компьютеру, наоборот – компьютер (имеется в виду его программная часть) есть отражение механизма интеллектуального мышления.. Последнее обстоятельство открывает путь к пониманию и к действительно научному проникновению в интеллектуальную и другие составляющие психического комплекса.

В интеллекте можно выделить, по крайней мере, три блока, реализующих процесс принятия решений:

- блок генерации альтернатив, предполагающий выполнение операций по идентификации проблемной ситуации, оценке имеющихся ресурсов, определению ограничений и допустимых целей действия, а также потенциальных способов их достижения, в совокупности позволяющих ответить на вопросы «в чем заключается суть проблемы», «что есть правда» и «как можно действовать в сложившейся ситуации»;

- блок оценки альтернатив, включающий операции по определению критериев эффективности, моделированию предстоящих действий, а также оценки возможных исходов и последствий, совместно позволяющих ответить на вопросы «какой эффект следует ожидать от реализации того ли иного решения» и «чего не следует делать, чтобы не совершить ошибки»;

- блок выбора альтернатив, включающий операции по обсуждению оснований, говорящих «за» или «против» той или иной линии поведения, и собственно акт принятия решения, отвечающий на вопросы «как лучше действовать».

Соответственно представляется возможным дать типизацию психики по признаку доминирования блоков в составе интеллектуального механизма принятия решений (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Типология психики по признаку доминирования блоков в составе интеллектуального механизма принятия решений

Условное название типажа	Краткая характеристика типажа
«формалист»	При принятии решений руководствуется формальными правилами ранжирования альтернатив, не особенно задумываясь о том, откуда берутся эти альтернативы и каковы результаты их анализа
«аналитик»	При принятии решений основное внимание уделяет анализу (оценки) альтернатив, полагая, что их генерация и выбор являются делом техники
«генератор идей»	Главное внимание уделяет процессам генерации альтернатив, считая их анализ и ранжирование второстепенным делом
«системщик»	Считает все блоки интеллектуального механизма принятия решения одинаково важными и заслуживающими равнопрочного внимания. При принятии решений в полной мере задействует блоки генерации, анализа и выбора

Интеллектуальный механизм сыграл огромную роль в развитии цивилизации, науки, техники и всех тех областей знания, где требуются кропотливые исследования, вычисления и наблюдения, логичные рассуждения и умозаключения. Вместе с тем, при доминировании интеллекта человек порывает связи со своей духовной основой. В нем начинают развиваться самые худшие из тех личных начал, которые заложены в интеллекте, а именно: стремление к разъединению и расчленению, обособленность и самость, эксцентричность и нетерпимость к чужому мнению, страсть к противоречию и антагонизму. В основе конфликтообразующих свойств интеллекта лежат глубинные, до конца не изученные факторы. Вместе с тем установлено, что они связаны

с неопределенностью и ограниченностью логических способов анализа ситуаций. Когда мы говорим: «эти рассуждения не противоречат логике здравого смысла», то полагаем, что они правильны. А что значит «правильны»? «Правильность» означает только то, что: а) логика говорящего соответствует логике воспринимающего; б) конечный результат рассуждений говорящего совпадает с мнением оценивающего лица; в) вывод, вытекающий из рассуждений, не противоречат наблюдаемым фактам. Отсюда видно, что логика здравого смысла – «вещь» лукавая. В ней много «потайных» мест, затемняя или выпячивая которые можно обосновать все, что угодно.

Если подходить к логике здравого смысла с формальной стороны, то легко установить, что любой логический вывод опирается на исходную аксиоматику – утверждения, истинность которых априори принимается на веру, без доказательств. После принятия аксиом с ними можно производить любые непротиворечивые сами по себе логические преобразования и получать новые утверждения, истинность которых не будет превышать истинности исходной аксиоматики. Об этом, собственно, и говорит известная теорема Курта Гёделя, утверждающая, что в любой логической системе всегда находятся утверждения, которые не выводятся из базовых аксиом.

Существенным изъяном логических конструкций, является то, что при логичных рассуждениях происходит лавинообразный рост количества возможных вариантов, по которым можно двигаться, не нарушая законов логики и обеспечивая полный охват возможных случаев. Возникает так называемое «проклятие размерности», когда приходится скрупулезно исследовать многочисленные варианты логического «дерева» и осуществлять их ранжирование. И даже после этого получается многовариантная ситуация. Чтобы избежать этого, логику линеаризуют, то есть отсеивают наименее пригодные варианты. А это уже произвол и волюнтаризм, какие правила отсева введешь – такой

получишь и результат. Пользуясь такой «линейной» логикой, можно «доказать», что белое есть черное, а черное – белое.

Итак, решения, принимаемые на основе интеллектуального механизма, можно признать лишь условно оптимальными. Их слепое воплощение в действия приводит к образованию многочисленных и глубоких конфликтных ситуаций, поскольку то, что одной стороне кажется важным и существенным, для другой стороны представляется мелким и незначительным. То, что одна сторона принимает за истину, другая сторона считает ложью, то, что одна сторона зачисляет за победу, другая сторона воспринимает как поражение.

Интуитивный механизм представляет собой четвертый шаг в эволюции психического комплекса. Интуиция – это способность человека непосредственно постигать проблемную ситуацию и принимать решения без использования логических или каких-либо других доказательств и обоснований. Для современной науки секреты построения и функционирования механизмов интуиции пока скрыты «за семью печатями». Вместе с тем достоверно установлено ее основное свойство: наиболее ответственные и важные решения, связанные со значительной неопределенностью, большой размерностью и существенным риском, принимаются, как правило, на основе интуиции.

Решения, основанные на интуиции, в силу многоаспектности, широты, логической необъяснимости, неожиданности и новизны зачастую входят в противоречия с решениями низших механизмов. В результате образуются межличностные и внутриличностные конфликты типа «интуиция – интеллект», «интуиция – рефлекс» и «интуиция – инстинкт». Кроме того, интуитивные решения во многих случаях не соответствуют тем жизненным реалиям, которые окружают каждого человека, и это служит основой для возникновения конфликтов типа «необходимое – возможное», «реальное – ирреальное». Индивидуумов, в психическом комплексе которых доминируют интуитивные механизмы, называют людьми «не от мира сего». Многие их по-

ступки и творения непонятны современникам, кажутся абсурдными, а потому нередко осуждаются и отвергаются.

Итак, механизмы принятия решений в психическом комплексе человека образуют четырехслойную структуру, компоненты которой неминуемо входят во взаимное противоречие, диктуя, как правило, различные линии поведения в однотипных ситуациях. Эта структура сформировалась в процессе эволюции человека как биолого-социального вида, и обладает свойством генетического наследования. Все психически нормальные люди имеют одинаковый каркас этой структуры. Индивид от индивида отличается врожденной степенью доминирования того или иного механизма и его развитостью в результате социализации. Исключение составляет инстинктивный механизм, не подверженный социализации и вообще каким-либо изменениям.

Принятие этой структуры позволяет дать обобщенную типологию психики по признаку доминирования того или иного механизма принятия решения. Для этого ведем в рассмотрение четырехместный кортеж: $\langle \text{INS}, \text{REF}, \text{INT}, \text{INU} \rangle$, где $\text{INS} [0 \div 1]$, $\text{REF} [0 \div 1]$, $\text{INT} [0 \div 1]$, $\text{INU} [0 \div 1]$ – доли инстинктивного, рефлексного, интеллектуального и интуитивного при принятии решений данным индивидом ($\text{INS} + \text{REF} + \text{INT} + \text{INU} = 1$). Тогда данная типология примет вид, представленный в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Обобщенная типология психики по признаку доминирования механизмов принятия решений

Тип	Вид кортежа и условное название типажа	Краткая характеристика типажа
I (INS)	$\langle 1, 0, 0, 0 \rangle$ «животное», «зверь», «отмороженный»	При принятии решений руководствуется исключительно инстинктивными позовами и влечениями (поесть, поспать, выпить, отомстить и т.д.)
II (REF)	$\langle 0, 1, 0, 0 \rangle$ «зомби», «ремесленник», «посредственность»	Механически принимает решения на основе наученного, усвоенного, внушенного, не задумываясь о причинно-следственных связях между явлениями и не вникая в суть дела

III (INT)	<0,0,1,0> «интеллектуал», «здравомыслящий», «демон»	Решения принимает исключительно на основе четких и ясных логических умозаключений, расчетов, обоснований, учитывая риски
IV (INU)	<0,0,0,1> «не от мира сего», «гений»	Сам не знает, почему и на основе чего принимает то или иное решение, и не может пояснить другим мотивы и правила своего выбора
V (INS, REF, INT, INU)	<0.25,0.25, 0.25,0.25> «нерешительный», «неуверенный», «колеблющийся», «тормоз»	Постоянно находится в состоянии внутреннего конфликта между инстинктивными позывами, полученными знаниями, логикой здравого смысла и интуитивными прозрениями

Темперамент и эмоции как побудители конфликтов.

Темперамент и эмоции характеризует индивида со стороны динамических особенностей его психической деятельности: темпа, ритма и интенсивности (в первом приближении можно считать, что эмоции есть ни что иное, как ситуативный темперамент). Это своего рода психические катализаторы, регулирующие (ускоряющие или замедляющие) работу всего комплекса механизмов, составляющих психику человека. Как известно, по своему темпераменту люди подразделяются на сангвиников, холериков, меланхоликов и флегматиков, а соответствующая типология может быть задана кортежем: $\langle S, X, M, F \rangle$, где $S [0 \div 1]$, $X [0 \div 1]$, $M [0 \div 1]$, $F [0 \div 1]$ – удельная доля сангвинического, холерического, меланхолического и флегматического в темпераменте индивида ($S + X + M + F = 1$).

Тогда по признаку темперамента можно дать типологию психического комплекса личности, представленную в табл. 3. Такая дифференциация, по-видимому, сложилась эволюционно, в результате длительного проживания компактных человеческих групп в существенно различающихся физико-географических и климатических природных условиях. Различия в темпераменте и в эмоциональном восприятии ситуаций сами по себе могут служить конфликтообразующим фактором, воплощающимся в противоречивые действия через механизмы принятия решений. Так,

например, меланхоликам и флегматикам в большей мере свойственна интуиция и интеллект, а сангвиникам – рефлексный механизм принятия решений.

Т а б л и ц а 3

Типология психики по признаку темперамента

Тип	Вид кортежа и название типажа	Краткая характеристика типажа
S	$\langle 1, 0, 0, 0 \rangle$ «сангвиник»	Быстро приспосабливается к новым условиям и сходится с людьми, общителен. Чувства легко возникают и затухают, эмоциональные переживания, как правило, неглубоки. Импульсивен, не умеет придерживаться выработанного распорядка дня.
X	$\langle 0, 1, 0, 0 \rangle$ «холерик»	Отличается повышенной возбудимостью. Свойственны резкость и стремительность движений, импульсивность, выраженность эмоциональных переживаний. Раздражителен, не сдержан, вспыльчив, неспособен к самоконтролю при стрессах
M	$\langle 0, 0, 1, 0 \rangle$ «меланхолик»	Реакция не соответствует силе раздражителя, присутствует глубина и устойчивость чувств при их слабом выражении. Сильные воздействия вызывают продолжительную тормозную реакцию («опускаются руки»). Свойственны сдержанность и приглушенность моторики и речи, застенчивость, робость, нерешительность. При неблагоприятных условиях может превратиться в замкнутого, боязливого, тревожного, ранимого человека, склонного к глубоким внутренним переживаниям таких жизненных обстоятельств, которые вовсе этого не заслуживают
F	$\langle 0, 0, 0, 1 \rangle$ «флегматик»	Низкий уровень активности, новые формы поведения вырабатываются медленно, но являются стойкими. Спокоен и настойчив в достижении цели. Редко выходит из себя, не склонен к аффектам, в меру общителен, не любит болтать попусту. В зависимости от условий, в одних случаях, проявляет выдержку, постоянство, основательность, в других – вялость; безучастность к окружающему, лень и безволие, бедность и слабость эмоций, склонность к выполнению лишь привычных действий

Однако между темпераментом и механизмами принятия решений нет жесткой функциональной зависимости. Поэтому

свойства темперамента только в первом приближении объясняют природную психологическую первопричину конфликтов, но не могут служить надежным и научным основанием для оценки конфликтности данной личности. Такая оценка будет сохраняться до тех пор, пока на естественнонаучном уровне не будут вскрыты механизмы формирования и развития темперамента и эмоций.

Память как источник межличностных и внутриличностных конфликтов. Наша память – это не просто хранилище, где накапливаются и раскладываются по полкам данные, поступающие от органов чувств, а затем по мере надобности выдаются в другие отделы психики. Основные свойства памяти, прежде всего конфликтные, определяются ее способностью к формированию на подсознательном, сознательном и надсознательном уровнях так называемых фантомных (от фр. *fantome* – призрак) моделей. Эти модели представляют собой законсервированные сжатые информационные блоки, связанные с множественностью отображения прошлых реалий, предполагаемой деятельности и нереализованных возможностей. Последующие события и текущие проекты включают в эти модели новую информацию – она переносится на прошлое, объединяется с ним. Этот переплетающийся информационный конгломерат самоорганизуется, структурируется, преобразуется и сжимается – формируется фантомная модель «того, что могло бы быть, ... а может, и было». Особенно много фантомных моделей возникает в детстве, и они определяющим образом влияют на жизненные установки, направление развития и будущую деятельность человека. Иногда детские фантомные модели всплывают в сознании взрослых людей, подвергаются дополнительной обработке и снова консервируются.

Конфликтообразующая способность фантомных моделей проявляется в том, что через определенное время в них стирается грань между «тем, что было, и тем, что есть», и возникает устойчивая вера в фантом – некую идею, доктрину или установ-

ку, которая на самом деле может и не соответствовать реалиям. Частичное подтверждение фантома наблюдениями превращает его в программу действий, а иногда – в программу жизни, которой иные слепо следуют в своем поведении, невзирая на возникающие противоречия со своим окружением. При самооценке доктринальная несостоятельность зачастую маскируется под «принципиальность», «настойчивость», «верность идеалам» и прочие атрибуты, что еще более усиливает конфликтные качества данной личности.

Фантомные свойства памяти проявляются в виде так называемого эффекта Эдипа (не путать с эдиповым комплексом – любовью к матери и ненавистью к отцу, введенным в психологию З. Фрейдом). Этот эффект, по-другому – «самосбывающийся прогноз», заключается в том, что определение цели и вера в ее позитивные качества вызывают поведение, ведущее к выполнению этой цели. Механизм его действия объясняется доминирующим действием адаптационных механизмов с отрицательной обратной связью, стремящихся восстановить избранный курс при различных отклонениях, вне зависимости от того, является он курс ложным или истинным.

Возможен вариант антиэдипова эффекта, когда неуверенность в возможности достижения поставленной цели стимулирует поведение, отклоняющее от цели. В этом случае вступают в действие положительные обратные связи, уводящие человека от намеченного курса. С теоретической стороны этот эффект изучен недостаточно, но известно, что в общественных системах сбывающиеся сами собой прогнозы – это ошибочная концепция, постоянно кажущаяся правдой.

Для типологии психики по степени фантомности памяти ведем в рассмотрение кортеж: $\langle SU, U, ZM \rangle$, где $SU [0;1]$, $U [0;1]$, $ZM [0;1]$ – оценки фантомности памяти в терминах: «высокая», «средняя», соответственно ($SU + U + ZM = 1$). Тогда данная типология примет вид, представленный в табл. 4.

Типология психики по степени фантомности памяти

Тип	Вид кортежа и условное название типажа	Краткая характеристика типажа
SU	$\langle 1,0,0 \rangle$ «свято уверовавший», «слепой»	«Свято» верит во внутренние установки, вне зависимости от того, когда и как они сформировались, и реализует их в своей деятельности в виде жизненной программы, даже если она противоречит реальности
U	$\langle 0,1,0 \rangle$ «частично уверовавший»	В целом полагается на внутренние установки, но при случае способен их игнорировать (частично или полностью), полагая, что «вера – верой, а дело – делом».
ZM	$\langle 0,0,1 \rangle$ «здравомыслящий», «зрячий»	Целиком и полностью игнорирует внутренние установки, подавляя их и руководствуясь в поступках только собственным видением и оценкой текущей ситуации

Свойства памяти не ограничиваются фантомным фактором. Помимо этого, наблюдается ее опосредованное влияние на возникновение конфликтов через способы обеспечения информацией механизмов принятия решений. Еще Карл Густав Юнг разделял всех людей на интровертов и экстравертов. Интроверты ориентированы на свой внутренний мир, то есть их механизмы принятия решений используют главным образом априорную информацию, содержащуюся в памяти. У экстравертов процесс принятия решений связан, прежде всего, с внешней, текущей информацией, поступающей непосредственно от органов чувств. К этому следует добавить, что существует еще один тип людей, которые живут ни прошлым, ни настоящим, а преимущественно мечтами, грезами, прожеками, то есть будущим (назовем этот тип психической ориентации «футуризмом»).

С учетом сказанного, типологию психики с точки зрения обеспечения информацией механизмов принятия решений мож-

но охарактеризовать кортежем: $\langle IN, EX, FU \rangle$, где $IN[0 \div 1]$, $EX[0 \div 1]$, $FU[0 \div 1]$ – доли интровертивного, экстравертивного и футуристического ($IN + EX + FU = 1$). Тогда типизация психики с этой точки может быть представлена в виде табл. 5.

Т а б л и ц а 5

**Типология психики с точки зрения обеспечения
информацией механизмов принятия решений**

Тип	Тип кортежа и условное название ти- пажа	Краткая характеристика типажа
IN	$\langle 1,0,0 \rangle$ «интроверт»	Ориентирован на свой внутренний мир. При принятии решений ориентируется на априорную информацию, содержащуюся в памяти
EX	$\langle 0,1,0 \rangle$ «экстраверт»	Процесс принятия решений связывает, прежде всего, с внешней, текущей информацией
FU	$\langle 0,0,1 \rangle$ «футурист»	При принятии решений во главу угла ставит мечты, грезы, прожекты, то есть будущее в том виде, в котором оно ему представляется

Следует напомнить, что такая типизация (как и все другие), в силу ее неопределенности, способна лишь объяснить потенциальные причины возникновения конфликтов, но не может служить основанием для персонифицированной оценки уровня конфликтности конкретной личности.

Компоненты духовной основы личности. В художественной литературе и философских исследованиях этот важнейший атрибут внутреннего устройства человека чаще всего называется «системой духовных и культурных ценностей личности». В его многочисленных и порой весьма глубоких описаниях зачастую присутствуют элементы эмоционального, неопределенного, гиперболлизированного, идеологизированного, загадочного и мистического. При прагматическом подходе эти элементы снимаются и духовную основу личности можно определить как осо-

бый функциональный раздел устройства человека, управляющий функционированием психического комплекса путем:

1) формирования пространства базовых понятий, которыми оперирует человек в процессе своей деятельности и на основе которых он воспринимает, осознает и отражает окружающий его мир;

2) определения целевых функций, выражающих и социальные и иные устремления человека, как ситуативные, так и постоянные;

3) установления критериев принятия решений, то есть правил, позволяющих человеку судить о степени достижения своих целевых устремлений и формирующих оценочные понятия, в частности такие, как «хорошо-плохо», «добро-зло», «прогресс-регресс», «красиво-уродливо» и т.п.;

4) выработки системы ограничений на процессы функционирования психического комплекса, с одной стороны, накладываемых на поведение человека внешней средой (моральные, этические, религиозные и другие нормы), и, с другой стороны, определяемых состоянием его физического тела (здоровьем, самочувствием и т.п.).

При отсутствии таких управлений происходит дезориентация работы механизмов психического комплекса человека. Его действия и поведение в целом становятся неопределенными и внутренне противоречивыми. Наступает состояние, которое принято называть духовным кризисом личности – явление весьма распространенное, но пока недостаточно изученное.

Формирование духовной основы происходит в процессе социализации индивида под воздействием противоречивых, а зачастую и несовместимых политических, религиозных, экономических, этнических и других систем, элементом которых выступает каждый человек. Поэтому в самой духовной основе заложены понятийные, целевые, критериальные и ограничительные противоречия, которые, отражаясь и преломляясь на психическом уровне, воплощаются в конфликтные действия.

Обобщая результаты анализа психического комплекса человека с помощью разработанной структурно-функциональной модели, можно заключить, что психические процессы имманентно связаны с нарушениями устойчивости и конфликтами, причем наблюдаемое многообразие внутриличностных и межличностных конфликтов, в конечном счете, сводится к пяти базовым типам, а именно:

- конфликтам, обусловленным наличием нескольких, существенно различающихся и параллельно функционирующих механизмов принятия решений (инстинктивных, рефлексивных, интеллектуальных и интуитивных);
- конфликтам, обусловленным специфическими особенностями реализации указанных механизмов принятия решений (доминированием одного из них или отсутствием такой доминанты);
- конфликтам, обусловленным наличием нескольких и принципиально различных механизмов обращения к памяти (интровертивных, экстравертивных и футуристических);
- конфликтам, обусловленным фантомными свойствами памяти;
- конфликтам, обусловленным различиями в темпераменте и эмоциях.

Принципиальным является то, что с помощью структурно-функциональной модели психики удалось объяснить причину и сущность механизмов возникновения и развития внутриличностных конфликтов, а также установить, что функционирование психического комплекса человека, как информационной системы управляющей его поведением, непременно сопровождается внутренними противоречиями и коллизиями.

В связи с этим возникает вопрос: зачем природа наградила человека столь сложной и конфликтогенной психикой?

Ответ на него неоднозначен. С одной стороны, многослойная структура психики досталась нам как результат борьбы за выживание. Будучи конфликтной изначально, она позволяет человеку нелинейно рассуждать и принимать неординарные решения в самых тяжелых ситуациях, защищая его от разнообразных ошибок и помогая лучше ориентироваться в коллизиях социальной жизни. С другой стороны, сложность психической структуры приводит к тому, что вполне нормальный человек постоянно находится в неуравновешенном состоянии, поскольку множественность механизмов принятия решений и неоднородность механизмов обращения к памяти диктуют многообразие линий поведения даже в относительно простых однотипных ситуациях. Такое состояние существенно усложняет нашу жизнь, но одновременно необходимо человеку для того, чтобы его психический комплекс не деградировал, а развивался и совершенствовался.

Общий вывод таков: конфликтогенный характер психики – это своеобразная плата человека за данную ему природой способность к системному многогранному мышлению, выделившему его из всего многообразия других живых существ и поставившему его на высшую ступень эволюционной лестницы.

Хотя в психическом комплексе заложены достаточно противоречивые факторы, но в его структуре и свойствах отдельных составляющих отсутствуют качества, фатальным образом ведущие к борьбе. Психика человека, по крайней мере, на современном этапе эволюции устроена таким образом, что ее механизмы открыты для формирования как противодействующего, так и содействующего стилей поведения. Если у человека нет психических патологий, то его психический комплекс управляем, и не выходит из зоны контроля.

Управляемость и контролируемость психики обеспечивается духовным уровнем развития личности. Отсюда следует фундаментальный вывод: главным и определяющим направлением снижения конфликтности, как индивида, так и общества, является

ся повышение индивидуального и коллективного духовного уровня. Проблема – понятная, но – трудновыполнимая.

Рассмотренная структурно-функциональная модель имеет не только теоретическое значение, но и чисто практическое приложение, позволяя количественно обрисовать психологический портрет того или иного человека или той или иной социальной группы, и на этой основе точно определять характер целевого информационного воздействия. Другое утилитарное направление использования этой модели обращено на разработку компьютерных программ, отображающих индивидуальные и коллективные психологические портреты, не по наитию (как это сегодня делается, например, при определении «интеллектуального» уровня личности), а на основе дифференциации психики и понимания механизмов функционирования ее разделов с учетом духовной составляющей.

ДИАГНОСТИКА КРИЗИСНЫХ СОСТОЯНИЙ

В наше время социальные, экономические, производственные, военные и другие кризисы стали повседневной обыденностью. В этой связи проблема диагностики кризисных состояний приобретают особую актуальность.

Наибольшее распространение получили экспертные методы, когда диагностика кризисных состояний рассматривается скорее как искусство отдельных экспертов или групп экспертов, чем рациональная теория, опирающаяся на математический инструментарий и современные компьютерные технологии. В результате выводы, предложения и рекомендации страдают неустойчивостью и неоднозначностью, зависят от идеологических, политических и конъюнктурных факторов. Многие недочеты этого подхода связаны с бездумным редуцированием опыта зарубежного кризис-менеджмента и в игнорировании классических методов теории управления и системного анализа.

Наша задача будет состоять в том, чтобы показать, что существуют модельные средства, которые можно с успехом использовать в качестве инструмента интеллектуальной поддержки принятия решений при диагностике кризисных состояний. При этом для исключения недоразумений термин «диагностика кризисного состояния» определим как процесс получения заключения о том, что данная система находится в состоянии кризиса, выраженного в терминах параметров системы. Грубо говоря, диагностика – это акт узнавания (идентификации) кризиса, а распознавание – это процесс анализа состояния системы на предмет обнаружения кризиса.

Параметрические модели диагностики кризисного состояния. Сущность моделей этого класса заключается в том, что кризисное состояние идентифицируется по текущим значениям параметров диагностируемой системы. Для этого строятся корреляционные зависимости некоторого обобщенного показателя от параметров системы, и далее, рассчитанное значение этого показателя, сравнивается с некоторым порогом.

В настоящее время существует достаточно много параметрических моделей оценки кризисного состояния, различающиеся количеством диагностируемых параметров и критериями принятия решений. Применительно к управлению предприятиями наибольшее распространение получили следующие модели.

Двухпараметрическая модель с простым пороговым критерием, при построении которой учитываются два параметра, характеризующих процесс экономического функционирования диагностируемого предприятия: коэффициент текущей ликвидности (n_1) и отношение заемных средств к активам (n_2). На основе анализа состояния большого количества зарубежных предприятий были установлена зависимость обобщающего показателя (Z) от этих параметров, которая для предприятий США выглядят следующим образом:

$$Z = -0,3877 - 1,073n_1 + 0,0579n_2.$$

При этом критерий принятия решения формулируется следующим образом: если $Z < 0$, то предприятие вероятно останется платежеспособным и кризиса не предвидится, если $Z \geq 0$, то предприятие находится в зоне кризиса.

Многопараметрическая модель с составным пороговым критерием (модель Сайфулина-Кадыкова) основана на использовании зависимости обобщенного показателя состояния диагностируемого предприятия (Z) от следующих параметров: k_1 – коэффициента обеспеченности предприятия собственными оборотными средствами; k_2 – коэффициента текущей ликвидности активов предприятия; k_3 – интенсивности оборота авансируемого капитала; k_4 – коэффициента менеджмента, определяемого,

как отношение прибыли от реализации к величине выручки от реализации продукции; k_5 – рентабельности собственного капитала. Авторами была определена значимость каждого параметра, а сама зависимость обобщенного показателя состояния диагностируемого предприятия от значений указанных параметров задается следующей формулой:

$$Z = 2k_1 + 0,1k_2 + 0,08k_3 + 0,45k_4 + k_5.$$

При этом критерий принятия решения выглядит так: если $k_1 \leq 0,1$, $k_2 \leq 2$, $k_3 \leq 2,5$ и $Z < 1$, то предприятие находится в зоне кризиса, в противном случае считается, что диагностируемое предприятие пребывает в зоне устойчивого функционирования.

Многопараметрическая модель Альтмана с мультипликативным критерием, согласно которой оценка кризисного состояния диагностируемого предприятия получается исходя из фор-

мулы $Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \bar{x}_i$; $i = 1, \dots, n$, где Z – интегральная оценка; α_i –

весовые коэффициенты при i -м параметре объекта диагностики ($0 \leq \alpha_i \leq 1$), определяемые экспертами; \bar{x}_i – нормированные значения параметров ($0 \leq x_i \leq 1$), n – общее количество учитываемых параметров диагностики.

Нормировка может быть произведена по-разному, напри-

мер, используется формула: $\bar{x}_i = \frac{|x_i|}{\sum_{i=1}^n |x_i|}$.

При этом критерий принятия решения выглядит следующим образом: чем выше значение интегральной оценки Z , тем лучше финансовое состояние предприятия, и тем дальше оно находится от кризиса.

Многопараметрическая модель Бивера с порогово-интервальными критериями основана на анализе тенденции изменения ряда экономических показателей диагностируемого предприятия, а в качестве критериев используются пять предва-

рительно заданных пороговых и интервальных значений, представленных в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Система показателей и критериев в модели Бивера

Критерий	Расчетная формула	Благополучное предприятие	За 5 лет до банкротства	За 1 год до банкротства
1. Коэффициент Бивера	$\frac{\text{Чистая прибыль} - \text{амортизация}}{\text{Долгосрочные} + \text{краткосрочные обязательства}}$	= 0,4-0,45	≈ 0,17	≈ – 0,15
2. Рентабельность активов	$\frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Активы}} \times 100\%$	= 7-8	≈ 4	≈ – 22
3. Финансовый левередж	$\frac{\text{Долгосрочные} + \text{краткосрочные обязательства}}{\text{Активы}}$	≤ 37	≤ 50	≤ 80
4. Коэффициент покрытия активов чистым оборотным капиталом	$\frac{\text{Собственный капитал} - \text{внеоборотные активы}}{\text{Активы}}$	≈ 0,4	≤ 0,3	≈ 0,06
5. Коэффициент покрытия	$\frac{\text{Оборотные активы}}{\text{Краткосрочные обязательства}}$	≤ 3,2	≤ 2	≤ 1

Многопараметрическая модель Шеремета с критерием типа евклидова расстояния, в которой обобщенный показатель Z рассчитывается с помощью следующей формулы:

$$Z = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i (1 - \bar{x}_i)^2}; \quad i = 1, \dots, n, \quad \text{где } \alpha_i - \text{весовые коэффициенты}$$

при i -м параметре диагностируемого предприятия ($0 \leq \alpha_i \leq 1$), определяемые, как правило, экспертным путем; \bar{x}_i – нормированные значения параметров ($0 \leq x_i \leq 1$), n – общее количество учитываемых параметров диагностики.

При этом нормировка параметров осуществляется следующим образом: $\bar{x}_i = \frac{x_i}{x_i^{\max}}$, где x_i^{\max} – максимально возможное значение i -го параметра.

В этой модели, чем меньше величина Z , тем меньше вероятность нахождения предприятия в зоне кризиса. По сути, она позволяет рассчитать в фазовом n – мерном пространстве расстояние от точки с координатами $\{1, 1, \dots, 1\}$, характеризующей идеальное предприятие с максимальными значениями показателей, до точки, заданной текущими значениями этих же показателей.

Данная модель хорошо действует в случае сравнительного анализа нескольких предприятий. Когда же возникает необходимость оценить деятельность одного, конкретного предприятия, то применение модели затруднено из-за необходимости получения значений x_i^{\max} и последующей интерпретацией полученного результата, то есть с определением значений рейтинговой оценки, характерной для кризисной и предкризисной ситуации.

Многопараметрическая модель с аддитивным критерием, в которой обобщенный показатель Z задается так:

$$Z = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - d_i), \text{ где } d_i = \frac{\varepsilon_i (1 - \bar{x}_i)}{\bar{x}_i (1 - \varepsilon_i)}; \bar{x}_i = \frac{x_i - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}} - \text{нормиро-}$$

ванное значение i -го параметра; x_i^{\max}, x_i^{\min} – максимальное и минимальное значение i -го параметра; $\varepsilon_i \leq \bar{x}_i$ – пороговое значение для i -го параметра.

Данная модель допускает следующую геометрическую интерпретацию: объем n -мерного единичного параллелепипеда, характеризующего идеальное предприятие с максимально воз-

можными значениями рассматриваемых параметров, из которого вычтен объем параллелепипеда, характеризующего текущие значения диагностируемых параметров. Таким образом, оставшийся объем n-мерной фигуры характеризует состояние.

Использование такой модели дает два основных преимущества. Во-первых, обеспечивается равномерный учет влияния каждого параметра на формирование обобщенной оценки. Во-вторых, исключается неоправданное увеличение интегрального итога за счет одного, или очень небольшого количества параметров, принимающих большие значения по сравнению со всеми остальными оценками.

В целях удобства эта модель представляется в логарифмическом масштабе: $Z_R = \ln \frac{1}{1-Z_0} - \ln \frac{1}{1-Z}$, где Z_0 – значение обобщенного показателя, соответствующее полной финансовой несостоятельности предприятия.

Тогда критерий принятия решения будет таким: чем меньше величина Z_R , тем ближе подходит диагностируемое предприятие к кризисному состоянию.

Ситуативно-параметрическая модель диагностики кризисного состояния. Суть задачи заключается в том, чтобы, зная множество параметров, характеризующих отдельные аспекты диагностируемой системы, получить обобщенную оценку ее состояния, и по этой оценке определить насколько близко находится данная система к зоне кризиса.

Для решения этой задачи можно использовать рассмотренные выше параметрические модели диагностики. Однако их общим и существенным недостатком является допущение о независимость параметров, определяющих состояние системы, и их измеримости на количественных шкалах.

Наша задача будет состоять в разработке математической модели диагностики кризисного состояния системы при условии отказа от указанных допущений.

Идея построения модели сводится к имитации нестрогой (приближенной) логики мышления эксперта при оценке им ситуаций, в замене числовых (количественных) параметров на качественные (лингвистические), а также в использовании нечетких (эвристических) критериев и алгоритмов для установления функциональных зависимостей между входными и выходными параметрами диагностируемого объекта и принятия решений.

При этом будем опираться на следующие предположения, заимствованные из теории логико-лингвистического моделирования:

- эксперт имеет представление о важных переменных, описывающих диагностируемый объект, воспринимает взаимосвязи этих переменных и умеет оперировать правилами, связывающими переменные с управляющими решениями;
- эксперт предпочитает использовать свои собственные интуитивные правила оценки обобщенных показателей и выбора управлений, не гарантирующих математической оптимальности, но позволяющие принимать достаточно эффективные решения в сложных управленческих ситуациях;
- любая лингвистическая переменная исчерпывающим образом описывается функцией принадлежности, а логический критерий выбора состоит в том, чтобы в качестве решения выбирать такое значение переменной, в котором функция принадлежности принимает максимальное значение.

Формулировка задачи. Рассмотрим некоторую диагностируемую систему Q , для которой известны ее входы, выходы и внешние возбуждения (независимые внешние воздействия со стороны среды, в которой происходит ее функционирование). Пусть $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ – множество входных параметров системы, $y = \{y_1, y_2, \dots, y_K\}$ – множество выходных параметров, $z = \{z_1, z_2, \dots, z_M\}$ – множество внешних возбуждений.

Будем считать, что если заданы параметры $x_n \in X$, $y_k \in Y$ и $z_m \in Z$, то известны их значения соответствующие определенному состоянию системы $s \in S$ в некоторый фиксированный момент

времени t . Кроме того, для каждого параметра из множеств X , Y , Z известны их нормы и критические значения. Обозначим: δx^* , δy^* , δz^* – критические отклонения параметров входа, выхода и внешних возбуждений от нормы; δx , δy , δz – фактические отклонения параметров от нормы.

Моделью диагностируемой системы Q назовем кортеж:

$$M_Q = \langle \eta_x(X), \eta_y(Y), \eta_z(Z), \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z) \rangle, \quad (1)$$

где $\eta_x(X)$, $\eta_y(Y)$, $\eta_z(Z)$ – оценочные функции входных, выходных и внешних параметров соответственно; $\eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z) = \eta_s(\eta_x(X), \eta_y(Y), \eta_z(Z))$ – оценочная функция текущего состояния системы.

При выборе функций η_x , η_y , η_z и η_s будем исходить из того, что как сами функции, так и взаимные зависимости их аргументов нельзя задать количественно, но можно выразить качественно, используя нечеткое η -пространство со шкалами T , P , η , где T – оценочная лингвистическая шкала «часто-редко», значения которой определены на интервале от «никогда» до «всегда», с числовым представлением в интервале $[0, 1]$; P – метрическая числовая шкала, на которой измеряются фактические значения параметров x_n , y_k , z_m ; η – оценочная лингвистическая шкала, элементы которой принимают значения на интервале от «хуже не бывает» до «лучше не может быть», с числовым представлением $[-1, +1]$.

Таким образом, как модель диагностируемой системы, так и оценки ее состояния будем задавать на нечетком η -пространстве в виде логико-лингвистических представлений нечетких характеристик, при конструировании которых качественным образом будем учитывать взаимные связи между параметрами системы.

Введем естественное предположение, что среди множества состояний $s \in S$ существует кризисное состояние $s^* \in S$, характеризующееся нахождением текущих параметров системы в зоне критических значений. Оценочную функцию такого состо-

яния обозначим η_s^* . Тогда интегральная оценочная функция W диагностируемой системы есть кортеж:

$$\langle \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z), \eta_s^*, \rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z)) \rangle, \quad (2)$$

где $\rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z))$ – функция, выражающая степень близости текущего и кризисного состояний.

Итак, будем рассматривать цепочку $Q \rightarrow M_Q \rightarrow W$, первый компонент которой есть диагностируемая система, второй – ее логико-лингвистическое представление в пространстве $\{T, P, \eta\}$, а третий – искомая интегральная оценочная функция.

Тогда, задача фактически сводится к определению модели системы M_Q через оценочные функции $\eta_x(X)$, $\eta_y(Y)$, $\eta_z(Z)$, $\eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z)$ и к нахождению правил вычисления η_s^* и $\rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z))$.

Логико-лингвистическое представление диагностируемой системы. Определим M_Q через ее компоненты $\eta_x(X)$, $\eta_y(Y)$, $\eta_z(Z)$, $\eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z)$.

В заданном пространстве оценочная функция входных параметров будет равна:

$$\eta_x(X) = \varphi(\eta_x^*(X), \mu(x)), \quad (3)$$

где

$$\eta_x^*(X) = \begin{cases} \xi(1 - e^{-\nu(t-c_1)}); c_1 < t \leq 2; \\ (-1 + e^{\nu(t-c_1)}); 0 < t \leq c_1; \\ (1 - e^{-(t-c_2)}); c_2 < t \leq 2; \\ \xi(-1 + e^{\nu(t-c_2)}); 0 < t \leq c_2; \end{cases}$$

максимальная и минимальная по значениям оценочной функции огибающая по шкале $\eta \in [-1, +1]$, построенная при $\delta x = 0$; $\xi \in [0, +1]$ – экспертный коэффициент разброса оценочной функции $\eta_x(X)$; ν – экспертный параметр уровня энтропии M_Q ; t – внутреннее время или аргумент модели, совпадающий по значениям и смыслу со шкалой T ; c_1 и c_2 – значения шкалы T для огибающих зависимостей по максимальным (c_1) и минимальным (c_2)

значениям оценочных функций; $\mu(x) = 2(e^{-\lambda \frac{\delta x}{\delta x^*}} - 0,5)$, $\mu(x) \in [-1, +1]$ – функция принадлежности отношения $\delta x / \delta x^*$ к области значений лингвистической переменной «норма по параметру»; $\lambda \in [0, +1]$ – экспертный коэффициент, характеризующий жесткость требований к допустимому отклонению параметра от критического значения.

Связь между $\eta_x^*(X)$ и $\mu(x)$ выразим функцией:

$$\varphi(f_1(x), f_2(x)) = \begin{cases} f_1(x) + f_2(x), & \text{если } \text{sign} f_1(x) \neq \text{sign} f_2(x); \\ \min((f_1(x), f_2(x)) + \\ + F(\max(f_1(x), f_2(x))), & \text{если } \text{sign} f_1(x) = \text{sign} f_2(x); \end{cases}$$

где $f_1(x) \in [-1, +1]$, $f_2(x) \in [-1, +1]$;

$$F(\alpha) = \begin{cases} -2(\alpha + 1)^2; & -1 \leq \alpha \leq -0,5; \\ -2\alpha^2; & -0,5 \leq \alpha \leq 0; \\ 2\alpha^2; & 0 \leq \alpha \leq 0,5; \\ 2(\alpha - 1)^2; & 0,5 \leq \alpha < 1. \end{cases}$$

Аналогично определим оценочные функции выходных параметров $\eta_y(Y)$ и внешних возбуждений $\eta_z(Z)$.

Оценочную функцию состояния системы по аналогии определим следующим образом:

$$\eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z) = \varphi(\varphi(\eta_x(X), \eta_y(Y), \eta_z(Z))). \quad (4)$$

Правила определения η_s^ и $\rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z))$.* Обычно для определения степени близости двух лингвистических переменных используют метрику Хемминга. Однако в нашем случае использование этой метрики в силу функциональной зависимости параметров диагностируемой системы неприемлемо. Потребуем, чтобы η_s^* , выраженное в виде некоторой функциональной зависимости в пространстве оценочной функции, удовлетворяло следующим требованиям:

1. Зависимость должна быть непрерывно-возрастающей по значениям оценочной функции при увеличении значения аргумента $t \in T$, поскольку в противном случае нарушается метрика шкалы T .

2. Параметр уровня энтропии υ не должен принимать значение меньше «2», так как при $\upsilon < 2$ энтропия описания модели стремится к бесконечно малой величине. Можно считать, что при $\upsilon = 12$ энтропия описания модели достигает своего максимального значения и дальнейшее увеличение υ вызывает лишь очень малые приращения энтропии.

3. При фиксированных $t \in T$ между значениями оценочной функции огибающей зависимости по наибольшим (η_{\max}) и наименьшим (η_{\min}) значениям η_x , η_y , η_z и η_s должно существовать соотношение $\eta_{\min} = \lambda(\eta_{\max} + 1) - 1$, из которого следует, что $c_2 = c_1 - \frac{2}{\lambda} \ln \lambda$.

Сформулированным требованиям удовлетворяет следующее эмпирически подобранное выражение:

$$\eta_s^* = \begin{cases} 1 - e^{-12(t-1,5)}; 1,5 \leq t < 2; \\ -1 + e^{12(t-1,5)}; 0 < t \leq 1,5, \end{cases} \quad (5)$$

которое в последующем и будем использовать для определения интегральной оценочной функции диагностируемой системы.

Для определения $\rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z))$ введем понятие меры близости состояний s_i, s_j , $(s_i, s_j) \in [-1, +1]$:

$$\rho(s_i, s_j) = \frac{\min(\max \eta_{s_i}, \max \eta_{s_j}) - \max(\min \eta_{s_i}, \min \eta_{s_j})}{\max(\max \eta_{s_i}, \max \eta_{s_j}) - \min(\min \eta_{s_i}, \min \eta_{s_j})}. \quad (6)$$

Как и ранее при определении оценочной функции параметров $\eta_x(X)$, $\eta_y(Y)$, $\eta_z(Z)$, введем нечеткое трехмерное ρ -пространство в шкалах T, P, ρ , где T, P повторяют соответствующие шкалы η -пространства, а ρ -шкала значений лингвистической переменной «мера близости состояний», определенная на

интервале от «строгое совпадение» ($\rho = 1$) до «полное несовпадение» ($\rho = -1$).

Во введенном пространстве с учетом (6) интегральную оценку нечеткой близости состояний определим с помощью интеграла Стильтьеса:

$$W(\rho(s_i, s_j)) = \int_{t=0}^{t=2} \rho(s_i, s_j) t dt. \quad (7)$$

Для определения интегральной оценочной функции диагностируемой системы необходимо в (7) вместо s_i подставить η_s^* , а вместо s_j — $\eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z)$. Окончательно имеем:

$$W(\rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z))) = \frac{1}{4} \left[2 + \int_{t=0}^{t=2} \rho(\eta_s^*, \eta_s^{\text{tec}}(X, Y, Z)) t dt \right]. \quad (8)$$

На рис. 1 приведена диаграмма, поясняющая применение интегральной оценочной функции (8) для диагностики кризисного состояния системы.

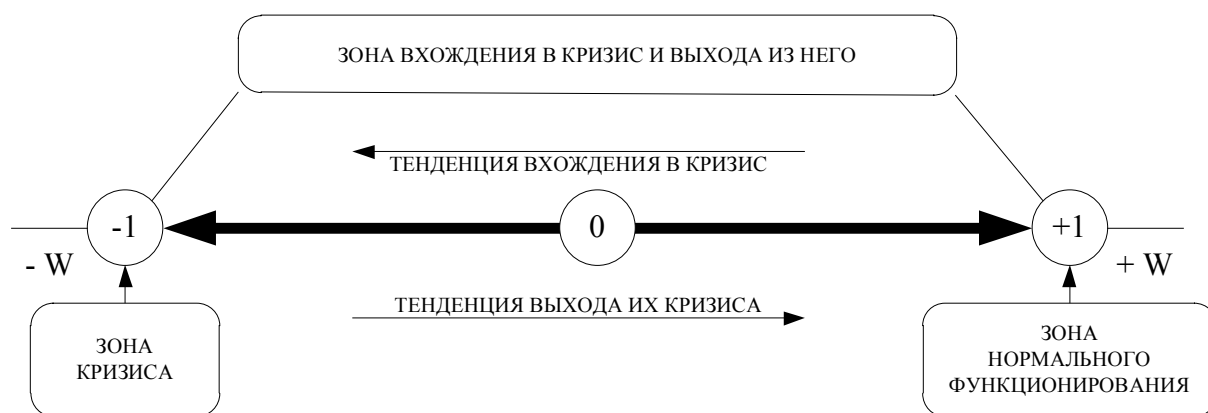


Рис. 1. Диаграмма, поясняющая применение оценочной функции для диагностики кризисного состояния системы

Если $W = -1$, то диагностируемая система находится в зоне кризиса, если $W = +1$, то диагностируемая система находится в зоне нормального функционирования.

Если в результате диагностирования окажется, что выполняется условие $(-W < W < +1)$, то данная система либо входит в

кризисное состояние (при $\frac{dW(t)}{dt} < 0$), либо выходит из кризисного состояния (при $\frac{dW(t)}{dt} > 0$).

При $W = 0$ диагностируемая система балансирует на грани кризиса, но пока не вошло в зону кризиса.

* * *

Для решения задач диагностики кризисного состояния систем можно использовать достаточно развитый арсенал параметрических моделей, различающихся количеством диагностируемых параметров, видом функциональных зависимостей обобщенного показателя от этих параметров и критериями принятия решений. Вместе с тем общим и весьма существенным недостатком этих моделей является допущение о независимости параметров, определяющих состояние системы, и об их измеримости на количественных шкалах.

Для снятия этого допущения предложена ситуативно-параметрическая модель, основанная на положениях теории логико-лингвистического моделирования, и позволяющая дать интегральную оценку нечеткой близости системы к кризисному состоянию при взаимной зависимости параметров, определяющих ее состояние, и их задании на качественных шкалах. Однако и эта модель не лишена недостатков. Главный из них, как и у любой модели параметрического типа, связан с упрощенным представлением кризисного состояния диагностируемой системы в виде ситуации, когда ее параметры входят в критическую зону.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНСАЙДЕРСТВА

Под инсайдерством (от англ. *inside* – внутри) понимается деятельность лиц, внедренных в среду конкурента с целью добывания конфиденциальной информации, организации каналов ее утечки, а также искажения и утраты информации, необходимой конкуренту для управления своей деятельностью. Инсайдерство привносит аномальность в управление рыночной экономикой. Будучи не ограниченным, оно, с одной стороны, влечет за собой экономически неоправданное банкротство вполне работоспособных фирм и, с другой стороны, процветание фирм, производящих низкокачественную продукцию. Такое положение не способствует ни развитию рыночной экономики, ни удовлетворению запросов потребителей. Поэтому с переходом российской экономики к рыночным формам хозяйствования проблема противодействия угрозам хищения (разрушения, модификации) информации и нарушения информационной безопасности инсайдерскими способами приобретает особую актуальность.

В настоящее время эта проблема решается в основном юридическими, организационными и техническими методами. Математическое моделирование применяется для решения задач нижнего уровня, связанных с обеспечением информационной безопасности фирм и коммерческих организаций техническими и организационными способами.

Наша задача будет состоять в разработке модельных средств оценки влияния инсайдерства на функционирование конкурирующих субъектов в интересах синтеза информационных технологий управления мерами защиты от инсайдерских угроз.

Модель конкуренции с инсайдерством. Рассмотрим ситуацию, изображенную на рис. 1, когда на некотором рынке товаров и услуг функционируют две конкурирующие фирмы «А» и «В». Фирма «В», помимо своей основной деятельности, осуществляет инсайдерство путем реализации совокупности организационных и технических мер (МИ), направленных на: организацию каналов утечки конфиденциальной информации; уничтожение или искажение документации; похищение оборудования и др. При этом цель инсайдерства ограничим своевременным предоставлением своему

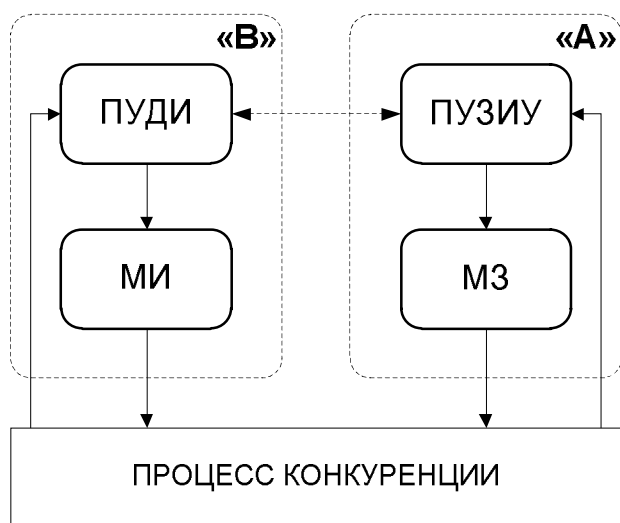


Рис. 1. Схема конкуренции с односторонним инсайдерством

своему руководству (в нашем случае руководству фирмы «В») информации, позволяющей разрешать конкурентную борьбу в свою пользу.

Управление этими мерами осуществляется с помощью подсистемы управления деятельностью инсайдеров (ПУДИ). Зная об этом, фирма «А» организу-

ет защиту от инсайдерских угроз, путем реализации совокупности организационных и технических мер (МЗ). Управление этими мерами осуществляется с помощью подсистемы управления защитой от инсайдерских угроз (ПУЗИУ).

Будем исходить из того, что не существует универсальных мер, способных с абсолютной надежностью обеспечить защиту от инсайдерских угроз, как не существует инсайдерских мер, позволяющих инсайдерам со 100% вероятностью достичь своих целей. Поэтому, наиболее предпочтительным будет динамическое управление, как деятельностью инсайдеров, так и применением мер защиты. Суть этого управления заключается в отслеживании и прогнозировании складывающейся обстановки и

применении упреждающего или позиционного «маневра» МЗ и МИ с целью максимизации эффективности деятельности инсайдеров (со стороны «В») и минимизации этой эффективности со стороны «А». Таким образом, в качестве объекта имеем антагонистический информационный конфликт, развивающийся по схеме «мера – контрмера...», что предполагает применимость теоретико-игрового подхода к его формализации.

Задача будет состоять в том, чтобы установить количественные зависимости динамики изменения эффективности мер защиты при различных вариантах применения инсайдерских угроз, и в синтезе на основе этих зависимостей информационных технологий динамического управления мерами защиты, гарантирующих максимальный или заданный уровень защиты от действий инсайдеров.

Решение задачи. Предположим, что в процессе конфликта сторона «А» имеет возможность применять m мер защиты от действий инсайдеров, а сторона «Б» располагает n способами использования инсайдеров. В качестве показателя защищенности от инсайдерства будем использовать величину p_{ij} , ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$), характеризующую вероятность не достижения инсайдером поставленной цели при условии, что сторона «Б» применяет j -ю меру инсайдерства, а сторона «А» - i -ю меру защиты от инсайдерских угроз.

Тогда в терминах теоретико-игрового подхода целью стороны «А» является выбор такой стратегии i , при которой обеспечивается $\max_{(i)} \min_{(j)} p_{ij}$, а целью стороны «В» – выбор стратегии j , обеспечивающей $\min_{(i)} \max_{(j)} p_{ij}$. При этом предполагается, что

каждой стороне известна матрица игры $P = \|p_{ij}\|_m^n$, но неизвестно какую стратегию выберет противник в конкретной ситуации.

Однако данная модель не полностью отражает динамику рассматриваемого конфликта, поскольку в реальных условиях

имеет место не случайный, а целенаправленный (управляемый) механизм выбора сторонами стратегий поведения в зависимости от складывающейся обстановки.

Предположим, что в матричной игре у сторон имеется возможность добывания информации о действиях соперника, а также выбора и реализации наилучшей стратегии в ответ на реализацию соперником своей чистой стратегии. В этих условиях конфликт не имеет конечного исхода, свойственного многошаговым (позиционным) играм, так как будет происходить чередование во времени стратегий сторон. Это соответствует бесконечно-шаговой («зацикленной») матричной игре, в ходе которой стороны стремятся увеличить свой гарантированный средний выигрыш за счет достижения превосходства над соперником в степени информированности и в скорости ответной реакции.

Таким образом, процесс информационного конфликта с динамическим управлением мерами защиты от инсайдерства можно имитировать бесконечно-шаговой матричной игрой двух лиц (сторон) с нулевой суммой или, рассматривать как матрично-игровой информационный процесс с запаздыванием и ошибками

в информированности сторон о действиях друг друга.

Вид временной диаграммы такого процесса представлен на рис. 2, где приняты следующие обозначения: T_A – время реализации стороной «А» своей чистой стратегии; t_B – время ответной реакции стороны «В», равное интервалу времени

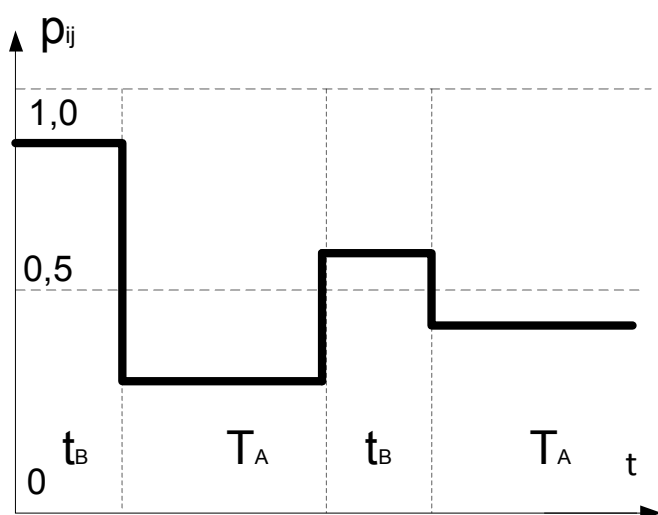


Рис. 2. Диаграмма информационного конфликта с динамическим управлением мерами защиты от инсайдерства

ни от начала реализации стратегии стороной «В» до начала реализации ответной стратегии стороной «А».

Для конструирования функции выигрыша стороны «А» конкретизируем условия игры и примем допущения:

а) сторонам известны матрица игры $P = \|p_{ij}\|_m^n$ и оценки величин T_A (T_B) и t_B (t_A);

б) матрица игры имеет решение в виде цены игры v и векторов оптимальных смешанных стратегий: $p^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*)$ для стороны «А» и $q^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*)$ для стороны «В»;

в) в течение времени игры T отсутствует последствие, то есть выигрыш стороны «А» в произвольный момент времени зависит только от пары стратегий, реализуемых в данный момент, а набор используемых сторонами стратегий с течением времени не изменяются;

г) сторона «В» всегда ведет позиционную игру, то есть стремиться к реализации наилучшей чистой стратегии в ответ на стратегию стороны «А».

При этих допущениях будем рассматривать следующие технологии управления конфликтом со стороны «А», отличающиеся степенью информированности о действиях стороны «В»:

- технология инвариантного управления, когда сторона «А» не располагая информацией о поведении стороны «В», стремится ее упредить, программно изменяя (чередую в определенной последовательности) меры защиты от инсайдерства.

- технология позиционного управления, когда сторона «А» делает свой ход (выбирает очередную свою чистую стратегию) только после хода стороны «В».

Теперь необходимо для сформулированных условий игры и перечисленных технологий динамического управления мерами защиты от инсайдерства сконструировать функцию среднего выигрыша стороны «А» и на этой основе определить параметры управления, при которых может быть обеспечен максимальный или заданный уровень среднего выигрыша.

В условиях отсутствия информации о поведении стороны «В» рациональным поведением стороны «А» является реализация смешанной стратегии, максимизирующей средний выигрыш, с упреждением стороны «В». Для построения функции выигрыша стороны «А» рассмотрим случай, когда t_B и T_A постоянны, причем $0 < t_B < T_A$, то есть сторона «В» успевает реализовать свою стратегию до момента изменения стратегии стороной «А». Покажем, что при указанных условиях игры исходную матрицу $P = \|p_{ij}\|_m^n$ можно преобразовать таким образом, что номера чистых стратегий в спектрах смешанных стратегий игроков будут совпадать. Для этого, основываясь на свойствах устойчивости решений конечных матричных игр, проведем преобразования матрицы P по следующему алгоритму:

Шаг 1. Упростим матрицу игры, удалив дублирующие и строго доминируемые стратегии; результате получим упрощенную квадратную матрицу, соответствующую только активным стратегиям игроков размерностью $m_0 \times m_0$, где $m_0 \leq \min\{m, n\}$;

Шаг 2. Основываясь на свойстве независимости решения конечной матричной игры от перестановок строк и столбцов матрицы P , произведем перестановки строк и столбцов таким образом, чтобы выставить по диагонали элементы, минимальные в строках. При этом возможны следующие ситуации:

а) если такая перестановка удастся для всех строк, то все стратегии стороны «В» будут активными, то есть имеем $\hat{n}_0 \times m_0$. При этом номер стратегии стороны «А» и номер лучшей против нее стратегии стороны «В» будут совпадать;

б) если указанная перестановка не удастся для всех строк, то это означает, что не все чистые стратегии стороны «В» будут активными. Например, если в матрице игры два и более элемента, минимальные в строках, попадают на один столбец, то стороне «В» будет не выгодно применять те чистые стратегии, которые соответствуют столбцам, в которых нет элементов, мини-

мальных в строках, то есть справедливо $\hat{n}_0 < m_0$. Можно показать, что в этом случае (после исключения из матрицы игры соответствующих $m_0 - \hat{n}_0$ столбцов), оставшиеся стратегии стороны «А» окажутся строго доминируемыми.

В результате получаем приведенную квадратную матрицу \hat{P} , обладающую следующими свойствами:

Свойство 1. Если номер чистой стратегии стороны «А» совпадает с номером наилучшей против нее стратегии стороны «В» за время $T \gg T_A$, то $q_j = p_j, \forall j = 1, \dots, \hat{n}_0; \hat{n}_0 \leq n_0$.

Свойство 2. Для диагональных элементов матрицы \hat{P} справедливо: $0 \leq \hat{p}_{ii} < \hat{p}_{ij}, \forall i \neq j$.

Полагая, что сторона «А» первой начинает игру, и используя свойства 1 и 2, можно определить математическое ожидание $M(p)$ выигрыша стороны «А» за время игры как средневзвешенный выигрыш на повторяющихся отрезках времени t_B и $T_A - t_B$. В предположении, что $m = \hat{m}_0 = \hat{n}_0$ и $t_B < T_A$ получаем:

$$M_A(\hat{p}) = \frac{T_A - t_B}{T_A} V_0(\hat{p}) + \frac{t_B}{T_A} V_1(\hat{p}), \quad (1)$$

$$\text{где } V_0(\hat{p}) = \sum_{i=1}^m p_i \min_{(j)} \hat{p}_{ij} = \sum_{i=1}^m p_i \hat{p}_{ii}; \quad V_1(\hat{p}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_i p_j \hat{p}_{ij}.$$

Из (1) следует, если приведение к минимумам матрицы игры не уменьшает числа активных стратегий стороны «В», то есть $\hat{n}_0 = n_0$, то справедливо равенство: $\hat{q}^* = \hat{p}^*$, а при $t_B = T_A$ имеем: $M_A(\hat{p}^*) = V_1(\hat{p}^*) = v$.

Однако, в общем случае, при $\hat{n}_0 < n_0$ и произвольном векторе \hat{p} максимальный выигрыш $V_1(\hat{p}) \neq v$ и может быть как больше, так и меньше цены игры в нормальной форме. Отсюда следует, что в многоходовой игре должна существовать смешанная стратегия \hat{p}^* стороны «А», максимизирующая ее средний выигрыш за время игры, которая отличается от оптимальной стратегии p^* обычной одноходовой матричной игры.

Если $t_B \geq T_A$, то сторона «В» не успевает реализовать свою наилучшую чистую стратегию до момента смены стратегии стороной «А». В этом случае, если сторона «В» знает, что сторона «А» реализует смешанную стратегию (инвариантный способ динамического управления), то стороне «В» выгоднее отказаться от чистых стратегий и перейти к своей оптимальной смешанной стратегии одноходовой тире q^* . Тогда в соответствии с принципом минимакса стороне «А» также выгоднее перейти к оптимальной стратегии одноходовой игры p^* . Следовательно, при $t_B \geq T_A$, имеем $M_A(\hat{p}^*) = V_1(\hat{p}^*)$ и сторонам не выгодно отступать от своих оптимальных смешанных стратегий одноходовой игры.

Учитывая отмеченные особенности, рациональным поведением стороны «А» в случае $0 < t_B < T_A$ является реализация смешанной стратегии \hat{p}^0 , максимизирующей средний выигрыш (1), а в случае $t_B \geq T_A$ – переход к обычной оптимальной смешанной стратегии p^* .

Тогда, обозначив $s = t_B/T_A$, получаем задачу нахождения оптимальной смешанной стратегии стороны «А» при инвариантном способе динамического управления в виде:

$$M_A(\hat{p}) = (1-s) \sum_{i=1}^m p_i \hat{p}_{ii} + s \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_i p_j \hat{p}_{ij} \rightarrow \max, \quad (2)$$

при $\sum_{i=1}^m p_i = 1$ и $p_i \geq 0$ для $\forall i = 1, \dots, m$, $0 \leq s \leq 1$.

В общем случае величины T_A и t_B являются случайными. Пусть $W_A(t)$, $W_B(t)$ – плотности распределения вероятностей величин T_A и t_B , определенные на интервалах $[T_A^{\min}, T_A^{\max}]$ и $[t_B^{\min}, t_B^{\max}]$. Тогда, математическое ожидание выигрыша стороны «А» за период игры T определяется выражением:

$$\bar{M}_A(\hat{p}) = V_0 \int_0^1 w(s) ds + (V_1 - V_0) \int_0^1 s w(s) ds + V_1 \int_1^T w(s) ds, \quad (3)$$

$$\text{где } w(s) = \int_{\min[T_A^{\min}, t_B^{\min}]}^{\max[T_A^{\max}, t_B^{\max}]} t W_A(t) W_B(t) dt.$$

При реализации технологии позиционного управления сторона «А» делает свой ход (выбирает свою стратегию) только после хода стороны «В». При этом сторона «А» в течение конечного интервала времени реакции T_A обнаруживает факт инсайдерства и реализует стратегию защиты. В возможны две разновидности такой технологии: «минимаксное», когда сторона «А» устанавливает только сам факт инсайдерства, не распознавая стратегию стороны «В»; адаптивное, когда сторона «А» опознает стратегию стороны «В» и выбирает ответную реакцию, максимизирующую текущий выигрыш.

Пусть сторона «А» реализует технологию «минимаксного» позиционного управления, а величины T_A и t_B постоянны на интервале времени игры T . В этом случае средняя функция выигрыша стороны «А» для данной технологии равна:

$$M_A(\hat{p}) = \frac{t_B}{T_A + t_B} V_1(\hat{p}) + \frac{T_A}{T_A + t_B} V_0(\hat{p}) = \frac{T_A V_0(\hat{p}) + t_B V_1(\hat{p})}{T_A + t_B}. \quad (4)$$

В том случае, когда T_A и t_B рассматриваются как случайные величины с известными плотностями распределения $W_A(t)$ и $W_B(t)$, средняя функция выигрыша стороны «А» равна:

$$\bar{M}_A(\hat{p}) = \Theta \left(V_1(\hat{p}) \int_{t_B^{\min}}^{t_B^{\max}} \frac{t_B W_B(t_B)}{T_A + t_B} dt_B + V_0(\hat{p}) \int_{t_B^{\min}}^{t_B^{\max}} \frac{T_A W_B(t_B)}{T_A + t_B} dt_B \right), \quad (5)$$

$$\text{где } \Theta = \int_{T_A^{\min}}^{T_A^{\max}} W_A(T_A) dT_A.$$

Пусть сторона «А» реализует технологию адаптивного позиционного управления, и стороны безошибочно распознают стратегии соперника. Тогда при постоянных значениях времен T_A и t_B средняя функция выигрыша будет равна:

$$M_A(\hat{p}) = 0,5 \sum_{k=1}^2 \frac{1}{T_k} \left(T_A \sum_{i \in I_k} \min_{(j)} p_{ij} + t_B \sum_{j \in J_k} \max_{(i)} p_{ij} \right), \quad (6)$$

где T_k – средняя продолжительность одной реализации k -го устойчивого «цикла», равная: $0,5n_k(T_A + t_B)$, n_k – количество элементов в k -м «цикле»; I_k, J_k – множества номеров чистых стратегий сторон «А» и «В» соответственно, образующих k -й устойчивый «цикл».

В реальных условиях конфликтующие стороны при обнаружении и опознавании стратегий соперника допускают ошибки, что приводит к «перепутыванию» и выбору неоптимальной ответной стратегии как стороной «В», так и стороной «А». Для учета этого фактора введем следующие величины: P_i и Q_j – вероятности обнаружения и правильного распознавания стратегий j и i соперника средствами добывания информации сторон «А» и «В» соответственно; $P_{\alpha j}$ и $Q_{\beta k}$ – вероятности «перепутывания» сторонами «А» и «В», соответственно, стратегии с номером $\alpha(\beta)$ со стратегией с номером $j(k)$; $P_\alpha(i)$ и $Q_k(j)$ – вероятности распознавания стороной «А» («В») стратегии соперника с номером $\alpha(k)$, лучшей против своей стратегии $i(j)$; n_1 – количество активных стратегий в максимальном (максимизирующем средний выигрыш) устойчивом «цикле» стороны «А»; I_1, J_1 – множества чистых стратегий сторон «А» и «В».

Тогда можно получить следующее выражение для расчета средней функции выигрыша стороны «А» при постоянных значениях времен T_A и t_B :

$$M_A(\hat{p}) = \frac{T_A M_0 + t_B M_1}{T_A + t_B}, \quad (7)$$

где

$$M_0 = \frac{2}{n_1} \sum_{i \in I_1} \left[Q_i \min_{(j)} p_{ij} + \sum_{\beta \neq k} p_{\beta k} Q_{\beta k} (1 - Q_i) \right] \left[P_\alpha(i) + \sum_{\alpha \neq j} P_{\alpha j} \right];$$

$$M_1 = \frac{2}{n_1} \sum_{j \in J_1} \left[P_j \max_{(i)} p_{ij} + \sum_{\alpha \neq j} p_{\alpha j} P_{\alpha j} (1 - P_j) \right] \left[Q_k(j) + \sum_{\alpha \neq k} Q_{\beta k} \right].$$

В том случае, когда T_A и t_B рассматриваются как случайные величины с плотностями распределения вероятностей $W_A(t)$ и

$W_B(t)$, соответственно, выражение для расчета средней функции выигрыша стороны «А» принимает вид:

$$M_A(\hat{p}) = \Theta \left[M_1 \int_{t_B^{\min}}^{t_B^{\max}} \frac{t_B W_B(t_B)}{T_A + t_B} dt_B + M_0 \int_{t_B^{\min}}^{t_B^{\max}} \frac{T_A W_B(t_B)}{T_A + t_B} dt_B \right]. \quad (8)$$

Как видим, средний выигрыш при реализации адаптивной позиционной технологии зависит только от эффективности чи-

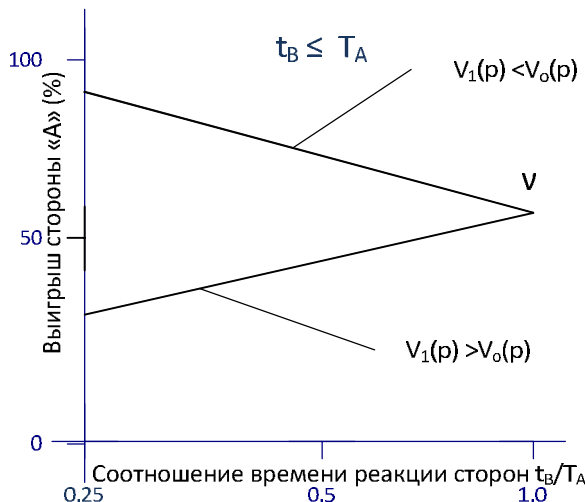


Рис. 3. Зависимость выигрыша стороны «А» от соотношения t_B/T_A при $t_B \leq T_A$

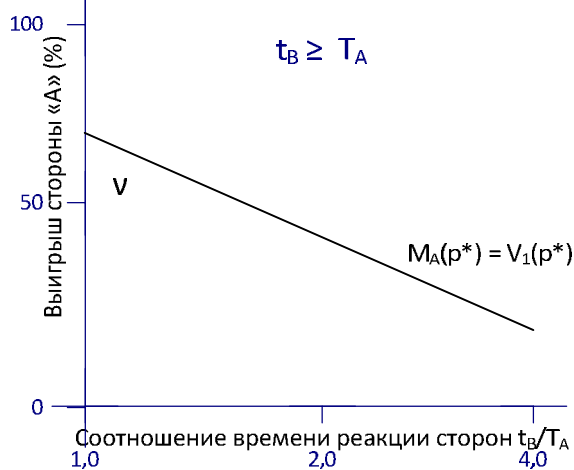


Рис. 4. Зависимость выигрыша стороны «А» от соотношения t_B/T_A при $t_B \geq T_A$

стых стратегий и определяется соотношением вероятностно-временных параметров управления инсайдерской деятельностью и управления защитой от инсайдерских угроз.

Примеры расчета и анализ результатов.

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости математического ожидания выигрыша стороны «А» от соотношения времени реакции сторон t_B/T_A для случая инвариантного управления мерами защиты от инсайдера. Графики рис. 3 соответствуют случаю, когда $t_B \leq T_A$,

а график рис. 4 – $t_B \geq T_A$. Из приведенных графиков видно, что при $t_B \leq T_A$ выигрыш стороны «А» зависит от соотношения величин $V_0(\hat{p})$ и $V_1(\hat{p})$. При $V_0(\hat{p}) > V_1(\hat{p})$ с ростом t_B/T_A выигрыш стороны «А» уменьшается, а при $V_0(\hat{p}) < V_1(\hat{p})$ – увели-

чивается. Но при $t_B = T_A$ в независимости от соотношения величин $V_0(\hat{p})$ и $V_1(\hat{p})$ максимальный выигрыш равен цене игры в нормальной форме.

При $t_B \geq T_A$ сторона «А» всегда проигрывает, поскольку не успевает отслеживать действия инсайдера и этот проигрыш так

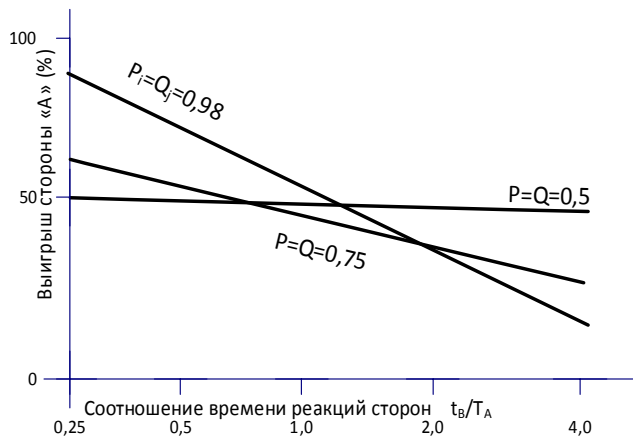


Рис. 5. Зависимости выигрыша стороны «А» от соотношения времени реакции сторон для различных P_i и Q_j (детерминированный случай)

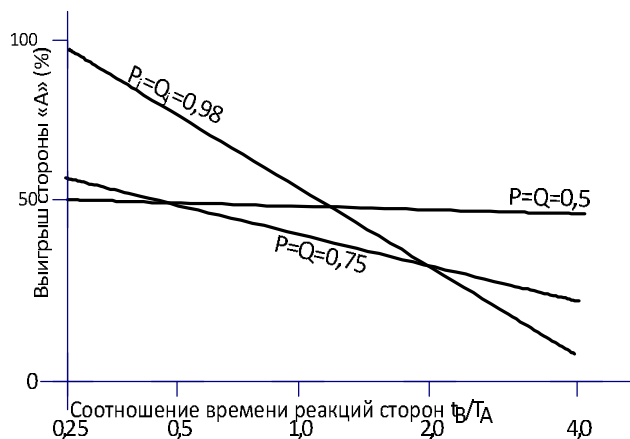


Рис. 6. Зависимости выигрыша стороны «А» от соотношения времени реакции сторон для различных P_i и Q_j (вероятностный случай)

же равен цене игры в смешанных стратегиях.

На рис. 5 и 6 представлены графики зависимости математического ожидания выигрыша стороны «А» от соотношения времени реакции сторон t_B/T_A при различных значениях вероятности обнаружения и правильного распознавания стратегий j и i соперника средствами добывания информации сторон «А» и «В» (P_i и Q_j соответственно) для случая позиционного (адаптивного) управления мерами защиты от инсайдеров.

При этом графики рис. 5 соответствуют

детерминированным значениям величин T_A и t_B на интервале времени игры T , а графики рис. 6 рассчитаны для случая, когда значения времен T_A и t_B рассматриваются как случайные величины с усеченными нормальными плотностями распределения вероятностей $W_A(t)$ и $W_B(t)$, соответственно.

Из приведенных графиков видно, что указанные зависимости имеют так же, как и в предыдущем случае, линейный вид с отрицательным или нулевым коэффициентом пропорциональности $\frac{\partial M_A(\hat{s})}{\partial(t_B/T_A)} \leq 0$, зависящим от соотношения величин P_i и Q_j .

Причем, при $P_i = Q_j = 0,5$ выигрыш стороны «А» равен выигрышу стороны «В» и составляет 50%.

Введение элемента случайности практически не влияет на итоговые результаты расчетов, что, собственно, и следовало ожидать ввиду действия закона больших чисел.

В целом можно заключить, что при реализации позиционной адаптивной технологии управления мерами защиты от инсайдерства, при прочих равных условиях (имеются в виду вероятности правильного распознавания ситуаций) выигрывает сторона, имеющая меньшее время реакции. Так, при практически безошибочном распознавании ситуаций ($P_i = Q_j = 0,98$) и $t_A = 0,25 T_B$ выигрыш стороны «А» составит около 70%.

Модель оценки влияния инсайдерства на функционирование конкурирующих фирм. Рассмотрим ситуацию, изображенную на рис. 7, когда на некотором рынке товаров и услуг функционируют две конкурирующие фирмы (Φ_1 и Φ_2), каждая из которых оснащена информационной системой (ИС₁ и ИС₂), осуществляющей сбор, накопление, обработку и отображение информации о состоянии рынка, собственном состоянии и состоянии конкурента. Помимо этого, каждая фирма внедрила в состав персонала конкурента инсайдеров (И₁ и И₂), которые различными способами организуют каналы утечки информации (КУИ₁ и КУИ₂), и, используя его, передают своему руководству сведения (С₁ и С₂) о состоянии и поведении конкурента. В качестве интегрального показателя, характеризующего эффективности функционирования конкурирующих фирм ($E_i \geq 0, i = 1,2$), будем использовать объем реализованных товаров или оказанных услуг за определенный период времени ΔT (час, сутки, не-

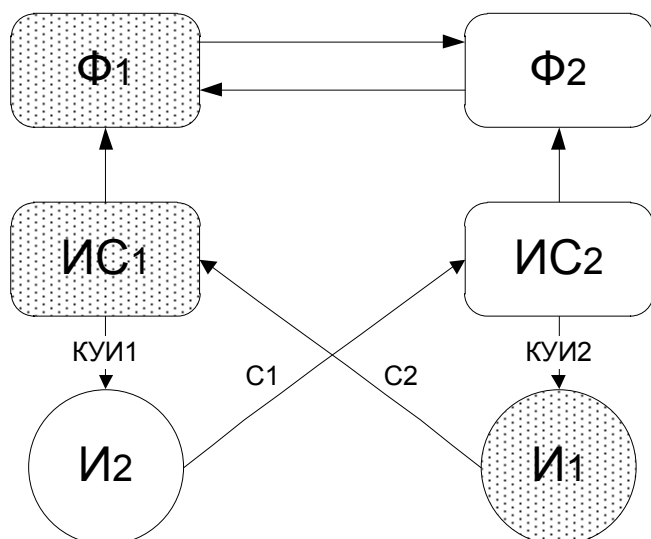


Рис. 7. Структура информационного взаимодействия конкурирующих фирм с инсайдерами

деля, месяц и др.) с размерностью, например, (шт./ед. времени) или (руб./ед. времени).

Задача будет состоять в том, чтобы установить количественные зависимости динамики эффективностей функционирования фирм в зависимости от эффективности действий инсайдеров и в определении условий устойчивости такой системы,

когда, несмотря на действия инсайдеров, конкуренты не претерпевают банкротства.

Решение задачи. Введем следующие обозначения: r_i – экономический потенциал i -й фирмы, характеризующий удельную скорость роста объема реализуемых товаров и оказываемых услуг при отсутствии конкурента, с размерностью, $1/\text{ед. времени}$; K_i – емкость рынка для i -й фирмы, характеризующая наибольший объем потребляемых рынком товаров и услуг данной фирмы за период времени ΔT , с размерностью, например, шт. / ед. времени или руб. / ед. времени; t – текущее время; t_0 – начальный момент времени; E_i^0 – начальная эффективность i -й фирмы в момент времени $t = t_0$.

Будем также исходить из того, что изменение эффективности каждой фирмы при отсутствии конкурента (и соответственно инсайдера) описывается логистическим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dE_i(t)}{dt} = E_i(t) \frac{r_i}{K_i} [K_i - E_i(t)]; t \in [t_0, \infty); E_i(t_0) = E_i^0. \quad (9)$$

Смысл такой модели в том, что экономическое развитие хозяйствующих субъектов, не стремящихся к банкротству, в не-

конкурентной среде происходит по S-образной кривой с насыщением $E_i(t) = \frac{K_i}{E_i^0} \left[E_i^0 + (K_i - E_i^0) e^{-r_i(t-t_0)} \right]^{-1}$, являющейся решением уравнения (9). При этом K_i задает высоту плато насыщения рынка товарами и услугами, то есть предельную интенсивность потребления рынком товаров и услуг, предлагаемых, данной фирмой, а r_i – крутизну роста эффективности фирмы.

Кроме того, будем предполагать, что взаимное влияние конкурентов на эффективность функционирования друг друга характеризуется линейной функцией, то есть с ростом эффективности одного конкурента происходит пропорциональное снижение эффективности другого конкурента. При этом коэффициентами пропорциональности служат безразмерные коэффициенты $\alpha_{12} > 0$ и $\alpha_{21} > 0$, выражающие меру относительного влияния конкурирующих субъектов рынка друг на друга. Например, если $\alpha_{21} = 1$, то конкурентоспособность первого субъекта такая же, как и второго; при $\alpha_{21} = 1,2$ конкурентоспособность первого субъекта на 20% выше второго.

Эффективность действий инсайдеров будем характеризовать матрицей $\begin{vmatrix} P_1 & (1-P_1) \\ P_2 & (1-P_2) \end{vmatrix}$, где P_1, P_2 – вероятность выполнения инсайдерами поставленных задач. Соответственно $(1 - P_i)$ – будет вероятность того, что инсайдеры не выполняют поставленные перед ними задачи.

Тогда математическая модель динамики таких взаимоотношений может быть записана в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= r_1 E_1(t) \left[\left(1 - \frac{E_1(t)}{K_1} \right) (1 - P_2) - \left(\frac{\alpha_{12} E_2(t)}{K_1} \right) (P_2) \right]; \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= r_2 E_2(t) \left[\left(1 - \frac{E_2(t)}{K_2} \right) (1 - P_1) - \left(\frac{\alpha_{21} E_1(t)}{K_2} \right) (P_1) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Действительно, при $P_1 = P_2 = 0$ система (10) трансформируется в систему уравнений, описывающих стандартную конкуренцию двух субъектов без инсайдеров:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= r_1 E_1(t) \left(1 - \frac{E_1(t)}{K_1} \right); \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= r_2 E_2(t) \left(1 - \frac{E_2(t)}{K_2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Поскольку в этом случае инсайдеры фактически отсутствуют, то исследование такой системы выходит за рамки сформулированной задачи.

При $P_1 = P_2 = 1$ имеем другой крайний случай, динамика которого описывается системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= -r_1 E_1(t) \left(\frac{\alpha_{12} E_2(t)}{K_1} \right); \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= -r_2 E_2(t) \left(\frac{\alpha_{21} E_1(t)}{K_2} \right), \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

имеющей решение $E_1^* = E_2^* = 0$, означающее, что в том случае, когда оба инсайдера достоверно и своевременно выполняют свои задачи, экономическая эффективность конкурирующих фирм стремиться к нулю в независимости от их экономического потенциала, конкурентоспособности и емкости рынка.

При $P_1 = 0$ и $P_2 = 1$ или $P_1 = 1$ и $P_2 = 0$ имеем еще один крайний случай взаимодействия конкурирующих фирм с инсайдерами, динамика которого описывается следующими системами:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= -r_1 E_1(t) \left(\frac{\alpha_{12} E_2(t)}{K_1} \right); \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= r_2 E_2(t) \left(1 - \frac{E_2(t)}{K_2} \right); \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dE_1(t)}{dt} &= r_1 E_1(t) \left(1 - \frac{E_1(t)}{K_1} \right); \\ \frac{dE_2(t)}{dt} &= -r_2 E_2(t) \left(\frac{\alpha_{21} E_1(t)}{K_2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Решения (13) и (14) так же имеют тривиальный характер. При $P_1 = 0$ и $P_2 = 1$ – $E_1^* = 0, E_2^* = K_2$. При $P_1 = 1$ и $P_2 = 0$ –

$E_1^* = K_1, E_2^* = 0$. Содержательный смысл этих решений заключается в том, что при одностороннем инсайдерстве экономическая конкуренция трансформируется в поглощение одного конкурента другим. При этом заведомый выигрыш в конкурентной борьбе имеет фирма, препятствующая функционированию инсайдера и предпринявшая надежные меры по закрытию канала утечки информации.

Обратимся теперь к рассмотрению общего случая, то есть проанализируем поведение решений системы (10) в зависимости от соотношения ее параметров при условии, что $0 < P_1 < 1$ и $0 < P_2 < 1$. При этом условии система (10) не имеет аналитического решения, поэтому ее исследование будем проводить методами качественной теории дифференциального исчисления.

Прежде всего, определим стационарные решения системы (10). Для этого приравняем ее правые части к нулю. Получаем следующую систему алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \left[\left(1 - \frac{E_1(t)}{K_1} \right) (1 - P_2) - \left(\frac{\alpha_{12} E_2(t)}{K_1} \right) (P_2) \right] &= 0; \\ \left[\left(1 - \frac{E_2(t)}{K_2} \right) (1 - P_1) - \left(\frac{\alpha_{21} E_1(t)}{K_2} \right) (P_1) \right] &= 0. \end{aligned} \right. \quad (15)$$

Разрешая эту систему относительно E_1 и E_2 получаем стационарное решение системы (10):

$$E_1^* = \frac{K_2}{K_1} \left[\frac{1 - 2 \frac{\alpha_{12} P_1}{(1 - P_2) K_2}}{1 - K_2^2 (1 - P_1) (1 - P_2)} \right]; E_2^* = \frac{K_1}{K_2} \left[\frac{1 - 2 \frac{\alpha_{21} P_2}{(1 - P_1) K_1}}{1 - K_1^2 (1 - P_1) (1 - P_2)} \right].$$

Так как выражения $1 - K_2^2 (1 - P_1) (1 - P_2)$ и $1 - K_1^2 (1 - P_1) (1 - P_2)$, стоящие в знаменателе приведенных выше выражений положительны по определению, то положительные значения величин E_1^* и E_2^* достигается только тогда, когда

$$\left[1 - 2 \frac{\alpha_{12}P_1}{(1 - P_2)K_2}\right] > 0 \text{ и } \left[1 - 2 \frac{\alpha_{21}P_2}{(1 - P_1)K_1}\right] > 0.$$

Отсюда следует, что устойчивое функционирование конкурирующих фирм с взаимным внедрением инсайдеров возможно тогда и только тогда, когда выполняется условие:

$$\left[\frac{\alpha_{12}P_1}{(1 - P_2)K_2} < 0,5\right] \wedge \left[\frac{\alpha_{21}P_2}{(1 - P_1)K_1} < 0,5\right]. \quad (16)$$

Таким образом, если конкурирующие стороны примут меры информационной защиты от действий инсайдеров с вероятностями $(1 - P_1)$ и $(1 - P_2)$, удовлетворяющими условию (16), то, несмотря на наличие инсайдеров, будет обеспечено нормальное (без банкротства) функционирование фирм.

С учетом сказанного, условие (16) следует рассматривать в качестве требования к информационной защите конкурирующих субъектов от действия инсайдеров.

В случае невыполнения условия (16) одна из фирм неминуемо претерпит банкротство (эффективность ее функционирования будет равна нулю).

При этом, если $\left[\frac{\alpha_{12}P_1}{(1 - P_2)K_2} \geq 0,5\right]$, а $\left[\frac{\alpha_{21}P_2}{(1 - P_1)K_1} < 0,5\right]$, то банкротство претерпевает вторая фирма. При $\left[\frac{\alpha_{12}P_1}{(1 - P_2)K_2} < 0,5\right]$ и $\left[\frac{\alpha_{21}P_2}{(1 - P_1)K_1} \geq 0,5\right]$ – банкротство претерпевает первая фирма.

Проведем дальнейший анализ условия (16).

Пусть удельные емкости рынка для обеих фирм одинаковы и равны 1, пусть также фирмы имеют одинаковую конкурентоспособность, то есть $\alpha_{12} = \alpha_{21} = 1$. Тогда из (16) следует, что нормальное функционирование конкурирующих фирм возможно только тогда, когда уровень защиты от инсайдеров будет в два раза выше, чем вероятность успешной деятельности инсайдеров. В том случае, если емкости рынков для конкурирующих

фирм различны, а так же различны их конкурентные возможности, то уровень защиты от действий инсайдеров должен быть повышен или понижен пропорционально соотношению указанных величин. Так, если конкурентоспособность первой фирмы на 20% выше конкурентоспособности второй фирмы, то ее устойчивое функционирование на данном рынке возможно при уровне защищенности от инсайдеров в 1,8 раза выше, чем вероятность реализации инсайдерской угрозы. Соответственно может быть сокращено количество средств, выделяемых на борьбу с инсайдерами.

КОНКУРСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Особенности управления региональными проектами по охране окружающей среды. Несомненно, что будущее экономическое и социальное развитие РФ тесно связано с решением региональных проблем экологии и охраны окружающей среды. Минула эра пренебрежительного отношения к этим проблемам, когда их либо замалчивали, либо пытались разрешить попутно без серьезных капиталовложений с помощью какой-либо морально устаревшей технологии. Современные проекты по охране окружающей среды (в дальнейшем – природоохранные проекты) в масштабе края, области, города или района реализуются в виде комплексных программ, базирующихся на использовании строительных, технических, физико-химических, аэрокосмических, информационных и других технологий, и требуют для своей реализации значительных капиталовложений, ощути-мых на уровне региональных бюджетов. Как правило, регионы не обладают средствами и ресурсами для практического воплощения этой концепции. Приходится выходить на федеральный уровень, «вписываясь» в федеральные программы по охране окружающей среды. Этим обстоятельством накладываются ограничения на региональные проекты, поскольку успех их реализации зависит не только от руководства регионом, но и от федеральных властей.

Несмотря на важность проблемы, во многих случаях региональные природоохранные проекты подготавливаются и оцениваются на основе неформализованных представлений о требуемых параметрах и показателях их качества, так сказать «на глазок», без применения модельных и программно-инструментальных средств, обеспечивающих интеллектуальную поддержку управленческих решений. В результате многие из

них не соответствуют исходному, декларированному назначению и первоначальным спецификациям, часто не укладываются в согласованные графики и бюджет реализации. Нередки случаи, когда природоохранные проекты терпят полный провал из-за недостаточной компетенции административных органов, ответственных за решение природоохранных проблем в данном регионе, из-за их неадекватного оптимизма, или недоверия к исполнителям проектов.

Вместе с тем количество заявок по природоохранным проектам в регионах продолжает неуклонно расти, что наряду с традиционными проблемами, порождает новые проблемы. Прежде всего, увязки и согласования проектов в масштабе региона, оптимального распределения ресурсов между проектами, а также минимизации рисков при принятии решений по каждому проекту и программе в целом. Эти проблемы решаются в настоящее время исключительно на основе интуиции, здравого смысла и опыта экспертов. Негативные последствия такого подхода очевидны: природоохранные проекты, даже будучи эффективными по отдельности, все вместе не обеспечивают должного качества экологической безопасности, а иногда и негативно влияют друг друга.

Особо тревожное положение сложилось в сфере финансирования региональных природоохранных проектов. Как уже отмечалось, эти проекты весьма трудоемки и требуют соответствующих объемов финансирования. А где деньги, там и различные злоупотребления: взяточничество, коррупция, протекционизм и лоббирование клановых интересов. Поэтому в современных условиях основной формой управления этими проектами является конкурсное управление. *Переход к конкурсному управлению региональными проектами по охране окружающей среды, наряду с ужесточением юридических механизмов контроля, следует рассматривать как способ искоренения указанных негативных явлений и внедрения рыночных форм ведения хозяйствования в сферу обеспечения экологической безопасности.*

Под конкурсным управлением проектами будем понимать целенаправленный процесс, начинающийся с организации и проведения конкурса, в результате которого проекты-претенденты упорядочиваются на основании определенных критериев и имеющейся о них информации, затем победителем (или победителями) объявляется претендент, занявший первое место (или, соответственно, несколько первых мест – в зависимости от условий конкурса), и продолжающийся вплоть до завершения проекта. Таким образом, конкурсное управление не ограничивается собственно конкурсом, а распространяется на весь жизненный цикл проекта, начиная с первого обращения заявителя в административный орган, ответственный за решение природоохранных проблем в данном регионе, и заканчивая полной реализацией проекта (его завершением).

Применительно к природоохранным проектам не применимо традиционное (все еще бытующее) упрощенное понимание проекта как совокупности документов (счет, чертежей, планов, графиков и др.), необходимых для создания какого-либо сооружения или изделия. На смену ему пришло современное понимание проекта как завершенного цикла продуктивной деятельности коллектива, организации, предприятия или совместной деятельности многих организаций и предприятий, направленных на достижение определенной цели с учетом установленных требований к качеству результатов и возможным рамкам расхода ресурсов.

По своему компонентному составу, структуре и параметрам современные природоохранные проекты есть сложные многоаспектные системы, обладающие признаками целостности, связанности, расчлененности и неадитивности, управлять которыми надо так, как управляют любыми другими сложными системами. Конечно, процесс конкурсного управления природоохранными проектами всегда уникален. Опыт, знания и элементы творческого подхода играют здесь решающую роль. Вместе с тем сколько бы талантливы не были организаторы конкурсов и экспер-

ты, необходимо использование моделей и программно-инструментальных средств, обеспечивающих интеллектуальную поддержку управленческих решений.

Конкурсное управление природоохранными проектами неизменно сопровождается высокой степенью неопределенности (ресурсной, организационной, технологической, информационной и др.). Субъекты конкурсного управления: органы региональной администрации, эксперты, заявители и исполнители проектов, вынуждены принимать ответственные решения и действовать в условиях неточной, неполной, а зачастую умышленно искаженной информации о намерениях и поступках конкурирующих сторон. Неопределенность порождает риск, влекущий за собой различного рода социальные и материальные потери. Это обстоятельство со всей очевидностью требует разработки соответствующих компенсационных мер, направленных на снижение проектного риска.

В конкурсном управлении региональными природоохранными проектами существенную роль играют механизмы стимулирования. Каждый заявитель обладает собственными целями и стремится к их достижению. Эти цели могут противоречить региональным интересам, например, входить в разрез с уже реализуемыми экологическими и другими программами. Качественно, эффект стимулирования заключается в том, чтобы внешними воздействиями изменить (скорректировать) предпочтения заявителей проектов таким образом, чтобы параметры заявляемых ими проектов наиболее полно отвечали общим интересам данного региона.

Эти проекты характеризуются, прежде всего, социальной направленностью – любой проект по охране окружающей среды имеет своей конечной целью создание условий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей в данном регионе. Особенность современного периода заключается в том, что человек и окружающая среда вступили в фазу системных многоуровневых конфликтов, выступая в них равноправными и вза-

имно активными сторонами. Для того чтобы выжить в этих конфликтах, человеку, необходимо уже не столько охранять окружающую среду, сколько изыскивать и развивать механизмы саморегулирования возникающих экологических противоречий. В практической реализации таких механизмов и заключается утилитарная направленность рассматриваемых проектов.

Основные компоненты конкурсного управления региональными природоохранными проектами. Следуя принятой в данной работе общей концепции управления сложными системами, конкурсное управление региональными природоохранными проектами будем представлять структурной композицией пяти компонентов: субъектов управления; объектов управления; окружением проекта и стадиями управления.

Субъектами управления являются активные участники проекта, взаимодействующие при выработке и принятии управленческих решений в процессе его осуществления. В нашем случае – это орган региональной администрации, осуществляющий формирование региональной экологической политики и наделенный ответственностью за реализацию проектов по охране окружающей среды в данном регионе (для выполнения своих функций он может привлекать экспертов) и заявители проектов.

Объектом управления в нашем случае выступают природоохранные проекты, представленные заявителями на конкурс.

Окружением проекта будем называть среду, порождающую совокупность внешних и внутренних сил, которые способствуют или мешают достижению целей проекта. Эта динамическая среда оказывает определенные воздействия (экономические, социальные, правовые, финансовые, организационные, информационные и др.) на компоненты проекта. Каждое из таких воздействий может оказаться критическим для проекта и привести к его разрушению. Поэтому факторы окружения проекта должны быть проанализированы на предмет их релевантности и выделены те из них, которые могут оказывать наиболее заметное влияние на процесс проектирования.

Типовые факторы окружения региональных природоохран-ных проектов включают:

- политическую и экономическую ситуацию в стране и в регионе;
- систему региональных общественных отношений;
- федеральные и региональные законодательные акты, регламентирующие природоохранную деятельность;
- экологическое состояние территорий региона;
- развитость регионального рынка товаров, услуг и сервиса;
- состояние производственной базы региона;
- эффективность региональных служб охраны окружающей среды;
- состояние рынка комплектующих изделий и программных продуктов, необходимых для реализации природоохранных проектов.

Стадии конкурсного управления региональными природоохранными проектами. Для конкурсного управления региональными природоохранными проектами типовой является противоречивая проблемная ситуация, разрешимость которой связана с правильным урегулированием взаимных обратных связей между «желаемым» – требованиями, предъявляемыми к проектам со стороны субъекта управления, и «возможным» – реальными возможностями заявителей (исполнителей) проекта. Способ, который предлагается для разрешения противоречий такого рода, заключается в том, чтобы процесс конкурсного управления реализовывался не одноактно, а разделяется на ряд последовательных стадий так, чтобы, охватывая весь жизненный цикл проекта, прийти к некоему компромиссному решению, учитывающему интересы сторон. Согласно этому способу, конкурсное управление региональными природоохранными проектами реализуется в виде стадий, представленных в табл. 1, а соответствующий порядок их исполнения приведен на рис. 1.

**Стадии конкурсного управления
региональными природоохранными проектами**

СТАДИЯ УПРАВЛЕНИЯ	СОДЕРЖАНИЕ СТАДИИ УПРАВЛЕНИЯ
1. Идентификация проектов	1.1. Разработка концепции проекта заявителем с учетом приоритетных экологических, социальных, экономических и других программ данного региона
	1.2. Первое обращение инициаторов проекта в региональный орган, осуществляющий формирование природоохранных программ
	1.3. Первичная оценка проектов конкурсной комиссией, в результате которой проекты либо отклоняются как непригодные в принципе, либо по ним запрашивается полная проектная документация
2. Подготовка проектов	2.1. Разработка заявителем подробной проектной документации
	2.2. Оформление проектов согласно предъявляемым требованиям и подача документов на конкурс
3. Оценка качества проектов	3.1. Полная оценка проектов по совокупности критериев, которым должны удовлетворять предъявляемые проекты
	3.2. Оценка соответствия проектов требованиям внешних инвесторов
	3.3. Принятие решения о принятии/отклонении проектов, мотивация принятого решения
4. Выбор и координация проектов	4.1. Формирование критериев, на основании которых производится отбор приоритетных проектов
	4.2. Выбор проектов, отклонение проектов, не прошедших конкурсный отбор
	4.3. Координация проектов, прошедших конкурсный отбор, формирование программ их финансирования
5. Утверждение проектов	5.1. Подготовка договоров о реализации проектов
	5.2. Юридическая экспертиза договоров
	5.3. Подписание сторонами договоров о реализации проектов
6. Реализация проектов	6.1. Выплата утвержденных средств
	6.2. Мониторинг реализации проектов
	6.3. Текущая координация проектных циклов
7. Завершение проектов	7.1. Оценка результатов проектов
	7.2. Представление распорядителю средств актов и других отчетных документов установленного образца

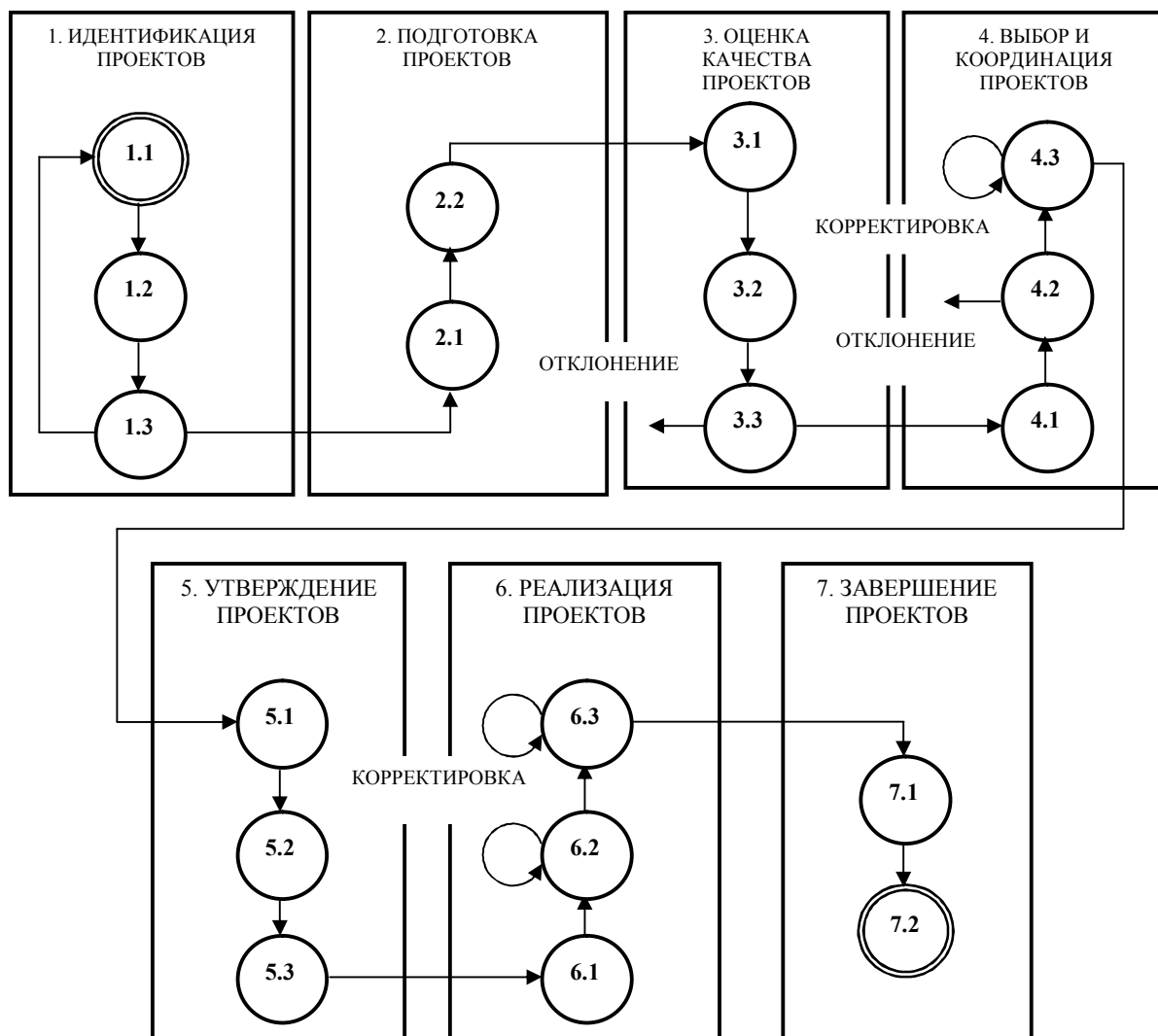


Рис. 1. Порядок реализации стадий конкурсного управления региональными природоохранными проектами

Конкретизируем содержание указанных стадий.

Идентификация проектов. В целях проведения ускоренной первичной оценки проектов, заявителем проекта следует заполнить типовую форму, представленную в табл. 2. Для формирования потока эффективных проектов общие критерии отбора проектов, план приоритетного распределения средств, а также и сама форма заявки по ускоренной первичной оценке должны быть доступны для всех потенциальных заявителей проектов. Положительное решение по проекту на основании такой формы не следует рассматривать как гарантию утверждения проекта. Для проектных концепций, по которым в результате ускоренной

первоначальной оценки принято положительное решение, заявитель предоставляет полную проектную заявку.

Т а б л и ц а 2

**Форма заявки для первичной оценки
природоохранного проекта**

№ пп	Параметры проекта	Содержание
1.	Название проекта	Основная направленность проекта и его место в структуре региональных экологических программ
2.	Заявитель	Полное название предприятия (организации), адрес с указанием лица, ответственного по данному проекту и его реквизитов.
3.	Место и сроки реализации проекта	Территория (район), где предполагается реализовать данный проект, начало и конец проектных работ
4.	Тип проекта	Строительство природоохранных объектов; внедрение экологически чистых технологий; совершенствование системы экологического мониторинга, ликвидация экологических последствий при чрезвычайных ситуациях техногенного или природного характера; международное сотрудничество; семинары и конференции (обучение); развитие материально-технической базы природоохранных органов и др.
5.	Экологические проблемы, для решения которых осуществляется проект	Охрана атмосферы; охрана поверхностных и подземных вод; утилизация и размещение отходов; охрана животного и растительного мира; борьба с радиацией, шумом, вибрацией и запахами; сохранение биоразнообразия; устранение последствий техногенных катастроф; проблемы озонового слоя; трансграничный перенос загрязнения и др.
6.	Краткая концепция проекта	Цели проекта, способы их достижения, применяемые технологии, потребные ресурсы, связь с другими проектами и др.
7.	Смета расходов и потребность в финансировании	Общая сумма затрат по проекту; объем финансирования за счет средств регионального бюджета; предполагаемый источник оставшейся суммы финансирования
8.	Имеющаяся проектная документация	Перечень проектной документации, имеющейся у заявителя на момент представления заявки

Для обеспечения эффективного конкурсного управления необходимо наличие постоянного потока «проектного потока». В случаях, когда имеет место недостаточное количество проектных заявок, удовлетворяющих критериям отбора, или они поступают нерегулярно, или когда какие-либо сферы, определенные как приоритетные с точки зрения охраны природы, не охватываются «проектным потоком», необходимо продлить сроки конкурса и предпринять меры по стимулированию проектов.

Подготовка проектов заключается в разработке полной проектной заявки и ее предоставлении в орган региональной администрации, принимающий решение по данному вопросу. Полная проектная заявка должна, быть подготовлена таким образом, чтобы в ней содержалась вся информация, необходимая для всесторонней оценки проекта, чему отвечает форма табл. 3.

Т а б л и ц а 3

**Форма полной заявки на реализацию
природоохранного проекта**

№ пп	Параметры проекта	Содержание
Основная проектная документация:		
1.	Название проекта	Основная целевая направленность проекта с указанием его места в структуре региональных экологических программ
2.	Заявитель и кооперация исполнителей	Полные названия предприятия (организации) - заявителя и предприятий (организаций) - соисполнителей проекта, их адреса с указанием лиц, ответственных по данному проекту и их реквизиты
3.	Место и сроки реализации проекта	Территория (район), где предполагается реализация данного проекта. Начало, конец и основные этапы (стадии) проектных работ
4.	Направленность проекта	Строительство природоохранных объектов; внедрение экологически чистых технологий; совершенствование системы экологического мониторинга, ликвидация экологических последствий при чрезвычайных ситуациях и др.
5.	Цель и обоснованность проекта	Конкретная экологическая проблема, которая будет устранена или частично решена в результате осуществления данного проекта. Обоснование актуальности проблемы с описанием уровня ее разработанности и возможного коммерческого статуса

6.	Техническая спецификация	Блок-схема технологического процесса с указанием его роли в проекте. Схематический план территории с указанием участков, на которых реализуется проект. Основные технические параметры проекта: объем производства; водо-и энергопотребление и т.д.
7.	Природоохранный эффект	Все виды природоохранного эффекта, которые могут быть результатом реализации проекта, с оценками и подтверждающими расчетами
8.	План-график реализации проекта	Детальный план-график проекта с указанием этапов, сроков и видов проектных работ и их исполнителей
9.	Подрядчики	Перечень и обоснование выбора подрядных организаций с указанием видов выполняемых работ (предоставляемых услуг)
10.	Инвестиции по проекту и другие единовременные затраты	Полный перечень приобретаемого оборудования и материалов, которые могут потребоваться в связи с реализацией проекта, с указанием объемов, поставщиков и величины затрат по каждой позиции. Предложения заявителя о финансировании проекта с указанием общего объема инвестиций и предполагаемых источников финансирования: региональный бюджет; собственные ресурсы предприятий-организаций, осуществляющих проект; банковские ссуды с указанием сроков и условий их предоставления; другие источники
11.	Текущие расходы/прибыль в связи с реализацией проекта	Все источники увеличения текущих затрат или их экономии (например, на электроэнергию, на теплоснабжение). Полный бизнес план (для коммерческих проектов)
Приложения:		
1.	Данные экономического анализ проекта	
2.	Данные экологической экспертизы проекта	
3.	Технико-экономическое обоснование и/или другие обосновывающие проектные документы	
4.	Годовой балансовый отчет и отчет о прибылях и убытках (за два последних года и бюджет по текущему году) для предприятия, ориентированных на получение прибыли	
5.	Финансовая документация, подтверждающая возможность заявителя финансировать свою долю проекта	
6.	Тендерная документация (при наличии)	
7.	Разрешительные документы, требуемые законодательством для начала реализации проекта, включая лицензию на право производства работ, предусмотренных проектом	

Ответственным за подготовку проектной документации, в соответствии с указанной формой, является заявитель. Однако, как показывает практика, не исключены ситуации, когда заяви-

тель либо не имеет соответствующих технических возможностей, либо не обладает финансовыми средствами для подготовки необходимой проектной документации. В этих ситуациях, если концепция проекта достаточно интересна, заявителю может быть предоставлен гранд (безвозмездная финансовая помощь) на подготовку проекта, либо оказано иное содействие в подготовке проекта. В этом случае организаторы конкурса должны потребовать, чтобы заявитель обеспечил достаточный уровень участия в подготовке проекта, иначе можно поставить вопрос об ограничении прав собственности заявителя на данный проект.

Оценка качества проектов. Когда подробные заявки по проектам получены, орган, организующий конкурс, проводит оценку их качества. Сущность оценки заключается в полном и всестороннем анализе проектов, дающего основу для их ранжирования, утверждения и реализации.

Опыт показывает, что, несмотря на то, что заявители представляют заявку на проект в типовом формате (табл. 3), этой информации недостаточно для принятия решения о принятии или отклонении проекта – необходима оценка его качества. Анализ и обобщение опыта Западноевропейских агентств по охране окружающей среды, а также действующего в РФ законодательства по вопросам охраны окружающей среды, показывает целесообразность оценки природоохранных проектов по позициям, представленным в табл. 4.

Рассмотрим указанные в табл. 4 позиции более подробно.

1. Экологическая эффективность проекта подтверждается соответствием проекта природоохранным приоритетам региона. Затем, эксперт, оценивает показатели экологической эффективности проекта (табл. 5) и определяет, возможно ли возникновение каких-либо негативных или побочных последствий от реализации данного проекта.

Позиции оценки качества природоохранных проектов

1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА:
1.1. Соответствие проекта приоритетным программам развития региона
1.2. Степень воздействия реализации проекта на окружающую среду
1.3. Прямое позитивное влияние проекта на здоровье населения
1.4. Наличие неблагоприятных экологических последствий, связанных с реализацией проекта
1.5. Соответствие проекта нормам действующего законодательства
1.6. Качество предлагаемых природоохранных технологий
1.7. Направленность затрат на прямые природоохранные меры
1.8. Степень влияния проекта на эффективность реализации других региональных проектов
2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ОБОСНОВАННОСТЬ ПРОЕКТА:
2.1. Степень разработанности проектной документации
2.2. Качество технико-экономического обоснования проекта
2.3. Качество (уровень обоснованности) концепции проекта
2.4. Уровень разработанности предлагаемой к использованию технологии
2.5. Уровень обоснованности ожидаемого природоохранного эффекта
2.6. Возможность получения доп. эффектов от реализации проекта
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОБОСНОВАННОСТЬ ПРОЕКТА:
3.1. Сопоставимость возможностей самофинансирования заявителя с размером его прибыли от реализации проекта
3.2. Возможность самофинансирования проекта
3.3. Качество (уровень обоснованности) бизнес плана проекта
3.4. Реалистичность допущений при составлении бизнес плана проекта
3.5. Уровень проработки бизнес планов у соисполнителей проекта
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗУЕМОСТЬ ПРОЕКТА:
4.1. Реалистичность предоставляемого бюджета для реализации проекта
4.2. Реалистичность графика реализации проекта
4.3. Реалистичность предполагаемых объемов закупок техники, оборудования, материалов
4.4. Уровень профессиональной подготовки команды проекта
4.5. Уровень социальной значимости проекта
4.6. Реалистичность создания кооперации исполнителей проекта
4.7. Степень согласования проекта с другими региональными проектами
5. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЕКТА

**Показатели экологической эффективности
природоохранных проектов**

№ пп	Наименование показателя
1.	Сокращение типов и количества выбросов в атмосферу; уменьшение количества и размеров территориальных районов, где имеет место превышение ПДН концентрации загрязняющих веществ
2.	Снижение насыщенности почвы загрязняющими веществами и глубины проникновения загрязняющих веществ в почву; изменения динамики поступления загрязняющих веществ в почву и растительность в виде изотермических кривых с указанием концентраций загрязняющих веществ (по типам)
3.	Сокращение области возгорания лесных массивов; снижение суммарной плотности загрязнения лесных массивов в результате верхового пожара
4.	Снижение суммарного объема уничтоженных торфяников в заданном районе; снижение суммарной плотности загрязнения территорий в результате приземных пожаров
5.	Понижение насыщенности воды загрязняющими веществами и глубины проникновения загрязняющих веществ в воду; изменения динамики поступления загрязняющих веществ в воду в виде изотермических кривых с указанием концентраций загрязняющих веществ (по типам)

2. Техническая реализуемость проекта. Эксперт, оценивающий проект, выявляет в достаточной ли мере представленная информация обосновывает техническую реализуемость заявленного проекта. При этом осуществляется последовательная оценка проекта по следующим позициям: степени разработанности проектной документации (полная, частичная); качеству технико-экономического обоснования проекта; качеству (уровню обоснованности) концепции проекта; уровню разработанности предлагаемой к использованию технологии; качеству (уровню обоснованности) ожидаемого природоохранного эффекта; возможности получения дополнительных эффектов от реализации проекта.

3. Экономическая обоснованность проекта. Эксперт оценивает проект с точки зрения качества финансового и экономического обоснования его позиций. Должно быть рассмотрено, может ли для данного проекта использоваться софинансирование из других источников, и адекватно ли собственная оценка заявителя отражает экономический эффект проекта.

Эксперт, оценивающий проект, должен определить, нуждается ли и подходит ли проект для привлечения софинансирования из других источников, таких как: федеральный бюджет – то есть, может ли проект быть рассмотрен как имеющий федеральное или межрегиональное значение; инвесторы – для проектов, предполагающих получение прибыли и имеющих значительный природоохранный эффект; коммерческие банки – для высоко rentабельных проектов (независимо от величины природоохранного эффекта).

В случае если в процессе оценки выявляется, что некоторый проект претендует на достаточно высокую rentабельность, с заявителем следует обсудить вопрос, является ли необходимой поддержка со стороны регионального бюджета или же может быть получена финансовая поддержка со стороны коммерческих структур. Если поддержка регионального бюджета необходима, администрация региона и заявитель должны выбрать одну из форм финансирования, например, предоставление займа или оказание безвозмездной помощи.

4. Возможность реализации проекта. Практическая реализуемость проекта оценивается экспертом по следующим позициям: реалистичности предоставляемого бюджета для реализации проекта; реалистичности графика реализации проекта; реалистичности предполагаемых объемов закупок техники, оборудования, материалов; уровня профессиональной подготовки руководителя проекта и его команды; уровня социальной значимости проекта (заинтересованности населения в реализации проекта); реалистичности создания кооперации исполнителей проекта и управляемости проектом.

5. Помимо оценки по указанным выше позициям, эксперт дает интегральную оценку качества проектов. Проекты, получившие такую оценку ниже заданного уровня, отклоняются. В этом случае, податель заявки должен получить разъяснение причин отклонения (например, недостаточный природоохранный эффект, сомнительная реализуемость, экономическая необоснованность) и заключение о том, может ли данный проект после соответствующей доработки быть вновь представленным на рассмотрение в дальнейшем, или же подателю заявки следует поискать иной источник финансирования.

Выбор и координация проектов. До проведения конкурса должен быть опубликован перечень требований, предъявляемых к проектам (критериев отбора проектов), в которых указывается, какие типы проектов в принципе могут финансироваться из средств регионального бюджета. Критерии должны быть достаточно широкими, чтобы обеспечить возможность отбора приоритетных проектов из общего числа проектов, удовлетворяющих требованиям по оценке проектов. Список типовых критериев, на основании которых целесообразно осуществлять ранжирование проектов, приводится ниже:

1. *Соответствие природоохранным приоритетам.* Проект должен способствовать решению приоритетных экологических проблем, установленных для территории региона в целом и отдельных районов на основании анализа экологической обстановки и оценки риска для здоровья населения и существования особо важных экологических систем. Перечень приоритетных экологических проблем публикуется в ежегодном докладе о состоянии окружающей природной среды региона, издаваемом комитетом природных ресурсов по данному региону.

2. *Экономическая эффективность.* В случае выбора из двух проектов одинаковой направленности при прочих равных условиях, предпочтение должно отдаваться проектам с большей экономической эффективностью (в частности с большим объемом

сокращения выбросов загрязняющих веществ на каждый рубль, субсидируемый из средств бюджета).

3. *Принцип дополнительности.* Цель финансирования проектов из регионального бюджета заключается в том, чтобы в первую очередь способствовать осуществлению тех природоохранных мероприятий, которые не могут быть осуществлены без поддержки регионального бюджета. Следовательно, важным является то, чтобы региональный бюджет не подменял другие источники финансирования – федеральные или частные, которые могли бы быть использованы в случае отсутствия финансирования из средств регионального бюджета. Например, не должно быть покрытия затрат из средств регионального бюджета, осуществленных до получения позитивной ускоренной оценки или предоставления полного пакета документов по проекту (то есть ситуация ретроспективного финансирования считается неприемлемой).

4. *Использование апробированных технологий.* В целом предпочтение должно отдаваться проектам, использующим апробированные технологии или подходы, поскольку в этом случае положительный природоохранный эффект проекта будет более вероятен, чем в случае технологий, находящихся на стадии разработки.

5. *Возможность тиражирования в случае финансирования проекта,* предусматривающего разработку новой технологии. Если финансирование предоставляется для проекта, предусматривающего разработку новой технологии, то необходимо предусмотреть, чтобы данный проект расценивался бы как демонстрационный в данной технологической области, и в случае успешной реализации его результатов может быть использован для решения подобных проблем.

6. *Степень готовности проекта.* Если предъявлена неполная документация по проекту, то проект не принимается к рассмотрению на предмет предоставления финансирования. Однако администрация региона может оказывать поддержку тому или

иному проекту на стадии его подготовки, если сочтет какие-либо его аспекты заслуживающими особого внимания.

7. *Наличие независимой рецензии.* Наличие мнения независимого рецензента по концепции проекта рассматривается как положительный фактор.

8. *Предпочтение проектов по предотвращению загрязнения проектам по очистке от загрязнения.* Предпочтение следует отдавать проектам, которые направлены на предотвращение загрязнения путем ликвидации источника загрязнения, нежели проектам, обеспечивающим очистку выбросов и сбросов на конце производственных цепочек.

9. *Передача технологии, подготовка кадров и обучение, предусматриваемые проектом.* При представлении проекта его инициаторы должны четко осознавать, передача какой технологии, подготовка каких кадров, и какое обучение необходимы в связи с его внедрением.

10. *Долевое участие в финансировании.* Если заявитель планирует получить от данного проекта значительную прибыль, то предполагается, что он должен принимать соответствующее долевое участие в финансировании данного проекта. В общем случае среди нескольких идентичных проектов предпочтение следует отдавать проекту с наибольшей долей собственного финансирования заявителя, поскольку в этом случае достигается наибольший природоохранный эффект от средств, затрачиваемых из регионального бюджета.

Анализ опыта практической реализации проектных циклов применительно к реальным природоохранным проектам показывает, что между их параметрами существуют связи взаимного влияния. Эти связи объективны, и обусловлены тем, что реализация региональных природоохранных проектов опирается на общие или пересекающиеся ресурсы: людские, финансовые, энергетические, территориальные, технологические и другие. Наглядной иллюстрацией связанности природоохранных проектов могут служить многочисленные мероприятия, проводимые

различными организациями и службами по сохранению качества водоемов, находящихся в черте крупного города. Несогласованные по технологиям, эти мероприятия могут нейтрализовать положительный эффект каждого из них. Так, например, реализация не согласованных проектов по биологической и химической очистке водоема приводит к срыву первого из них, что в целом не позволяет решить поставленную задачу. И наоборот, точная синхронизация периодов реализации этих проектов, выбор концентрации химических очистных реагентов с учетом биологии рыб, позволяет повысить эффективность каждого проекта и снизить затраты на их реализацию.

Конечно, этим очевидным примером не исчерпываются характерные связи между природоохранными проектами, но уже из него следует, что требуемый экологический уровень региона в целом (или части его территории) может быть достигнут только в том случае, если при определении параметров природоохранных проектов будут учтены все существенные связи их взаимного влияния. В противном случае может оказаться, что проекты, эффективные по отдельности, в совокупности не только не будут содействовать достижению общей природоохранной цели, но и окажут вредное влияние друг на друга.

Процедуру уточнения (корректировки) параметров природоохранных проектов с целью устранения возможных вредных связей и усиления полезных связей в интересах обеспечения наибольшей эффективности всей системы реализуемых в данном регионе проектов, назовем координацией.

Содержание координирующих решений в полной мере зависит от характера связей между параметрами проектов. Так, если между некоторыми проектами имеется конфликтная связь, например, вследствие общности используемого ресурса, то содержанием координирующего решения будет рациональное распределение этого ресурса с целью урегулирования конфликта. В этом случае координация может быть осуществлена посредством планирования доходной части бюджета и установления

приоритетных категорий распределения и целевого расходования средств.

Утверждение проектов. После того, как принято решение о том, будет ли тот или иной проект принят или отклонен, необходимо сообщить об этом решении подателям заявок. Если проект принимается, распорядитель средств регионального бюджета и податель заявки должны подписать договор о реализации проекта, в котором должны быть указаны условия финансирования и реализации проекта. Договор о реализации проекта обязывает подателя заявки к использованию предоставленных средств только на цели, предусмотренные в принятом проекте, и в рамках договора о его реализации.

При этом каждый проект должен пройти юридическую экспертизу, основная цель которой заключается в определении таких санкций к возможному нарушителю договора, при которых

ему будет не выгодно нарушать договоренности: $\sum_{r=1}^R U_r \geq P_{\Sigma}$, где

U_r – стоимость убытка, который понесет нарушитель договоренностей в результате применения r -й санкции ($r = \overline{1, R}$); R – общее количество санкций, предусмотренных данным договором; P_{Σ} – суммарная стоимость прибыли, которую ожидает получить нарушитель в результате несоблюдения или ненадлежащего исполнения договоренностей.

Одной из центральных задач, которую необходимо решить на этой стадии конкурсного управления, является распределение ресурса (в том числе финансового) между проектами, успешно прошедших конкурс и принятых к реализации.

Финансирование природоохранных проектов может осуществляться несколькими путями:

- непосредственным финансированием из регионального бюджета, либо из средств тех или иных фондов;
- льготным кредитованием;
- обычным кредитованием под государственную гарантию.

Очевидно, что возможна различная комбинация путей финансирования, получившая обобщенное название механизмов смешанного финансирования, когда для достижения проектных целей привлекаются средства, как бюджетов различных уровней, так и средства фирм различных форм собственности.

Естественным является желание заявителей программы получить прямое (безвозмездное) финансирование в первую очередь. Однако, как правило, суммарный объем предложений по участию в конкурсах значительно превышает возможности бюджетного финансирования и даже льготного кредитования. Поэтому необходим механизм финансирования, обеспечивающий наиболее эффективное распределение ограниченных финансовых ресурсов. Но, в процессе распределения ресурсов возникает вопрос о достоверности, представляемой заявителями проектов информации. Так как в целях получения дополнительного ассигнования претенденты на финансирование могут сознательно искажать представляемую информацию. Следовательно, административным органам необходимо не только оптимизировать распределение ресурсов, но и учитывать неопределенность и реальную возможность сознательного манипулирования информацией.

Реализация проектов. Участие распорядителя средств на стадии реализации проекта сводится к выплате утвержденных средств, мониторингу реализации проекта и координации проектных циклов в масштабе региона. Для инвестиционных проектов договор о реализации проекта должен содержать требование, что закупки должны производиться на конкурентной основе. Это означает, что если возможных поставщиков данного товара или услуг несколько, то податель заявки должен запросить котировки от нескольких поставщиков.

Особая проблема возникает в связи с финансированием строительных работ, выполняемых подателем заявки или соответствующими организациями. Распорядитель средств должен, по меньшей мере, потребовать от подателя заявки подтвержде-

ние ориентировочной стоимости с разбивкой по отдельным видам работ, человеко-дням и материалам, при этом величина указанных отдельных составляющих должна соответствовать уровню цен на текущий момент на рынке.

Распорядитель средств может выбрать политику финансирования только тех затрат, которые связаны с внешними закупками, и потребовать от подателя заявки покрыть стоимость внутренних затрат за счет собственного финансирования. Выплаты должны осуществляться, главным образом, по предъявлению документов о произведенных затратах. Однако для небольших проектов может потребоваться авансовое финансирование. Тем не менее, податель заявки по такого рода проектам также должен представлять отчет о расходах после завершения реализации проекта.

По окончании проекта неизрасходованные средства должны быть возвращены распорядителю средств. Совместно с заинтересованными природоохранными органами распорядитель средств осуществляет мониторинг реализации проекта и координацию смежных проектов, обеспечивая: соблюдение природоохранного законодательства; правильность целевого использования средств; согласование работ, выполняемых в рамках смежных проектов; своевременную корректировку планов реализации взаимосвязанных проектов в случае их взаимного или одностороннего негативного влияния.

Исполнитель проекта должен представлять распорядителю средств квартальные отчеты о текущем состоянии проекта в течение всего периода его реализации. Эти отчеты должны содержать любую новую информацию, которая может повлиять на возможности заявителя проекта завершить проект или на возможность получить от реализации проекта ожидаемые результаты, а также данные о: соответствии состояния проекта утвержденному графику его реализации; действительных затратах, понесенных в связи реализации проекта по каждой включенной позиции; проблемах, возникающих в ходе реализации проекта.

Завершение проектов. Когда реализация проекта завершена, необходимо оценить реальные результаты, достигнутые в связи с его реализацией, с тем, чтобы: определить стратегию повышения уровня экологической безопасности региона; распространить позитивный опыт на другие проекты и учесть негативный опыт; определить перспективы развития проектной деятельности в данном направлении. Для обеспечения независимого характера и объективности такую оценку должен выполнять специалист, который не имел непосредственного отношения к проекту на предшествующих этапах. Завершение проекта должно быть подтверждено актами и отчетными документами установленного образца, которые представляются распорядителю средств.

Интегральная оценка качества проектов по охране окружающей среды. Интегральной будем называть некоторую обобщенную оценку качества данных проектов (P_0), учитывающую их экологическую эффективность, техническую и экономическую обоснованность, а также практическую реализуемость (см. табл. 4).

Интегральная оценка на основе аддитивной свертки. Пусть имеются экспертные оценки: экологической эффективности некоторого природоохранного проекта (P_1), его технической (P_2) и экономической (P_3) обоснованности, а также практической реализуемости (P_4).

Пусть каждая из указанных оценок (и их составляющих) дана по шкале $[0,1]$ (1-высшая, 0-низшая оценка).

Тогда аддитивная интегральная оценка качества проекта может быть получена с использованием следующей формулы:

$$P_0 = 0,25 \sum_{i=1}^4 \mu_i P_i, \left(\sum_{i=1}^4 \mu_i = 1 \right) \quad (1)$$

где μ_i – коэффициенты, отражающие относительную значимость соответствующих составляющих интегральной оценки проектов;

$$\begin{aligned}
P_1 &= 0,125 \sum_{i=1}^8 \mu_{1i} P_{1i}; (\sum_{i=1}^8 \mu_{1i} = 1); \\
P_2 &= 0,167 \sum_{i=1}^6 \mu_{2i} P_{2i}; (\sum_{i=1}^6 \mu_{2i} = 1); \\
P_3 &= 0,20 \sum_{i=1}^5 \mu_{3i} P_{3i}; (\sum_{i=1}^5 \mu_{3i} = 1); \\
P_4 &= 0,143 \sum_{i=1}^6 \mu_{4i} P_{4i}; (\sum_{i=1}^6 \mu_{4i} = 1),
\end{aligned} \tag{2}$$

где P_{1i} – составляющие экологической эффективности проекта (P_{11} – оценка соответствия проекта приоритетным программам развития региона; P_{12} – оценка степени воздействия проекта на окружающую среду; P_{13} – оценка позитивного влияния проекта на здоровье населения; P_{14} – оценка неблагоприятных экологических последствий, связанных с реализацией проекта; P_{15} – оценка соответствия проекта нормам действующего законодательства; P_{16} – оценка качества предлагаемых природоохранных технологий; P_{17} – оценка направленности затрат на прямые природоохранные меры; P_{18} – оценка степени влияния проекта на эффективность реализации смежных региональных проектов); μ_{1i} – значения соответствующих коэффициентов значимости;

P_{2i} – составляющие технической обоснованности проекта (P_{21} – оценка степени разработанности проектной документации; P_{22} – оценка качества технико-экономического обоснования проекта; P_{23} – оценка обоснованности концепции проекта; P_{24} – оценка разработанности предлагаемой к использованию технологии; P_{25} – оценка обоснованности ожидаемого природоохранного эффекта; P_{26} – оценка возможности получения дополнительных эффектов от реализации проекта); μ_{2i} – значения соответствующих коэффициентов значимости;

P_{3i} – составляющие экономической обоснованности проекта (P_{31} – оценка сопоставимости прибыли от реализации проекта с общей прибылью заявителя за период реализации проекта; P_{32} –

оценка возможности самофинансирования проекта; P_{33} – оценка обоснованности бизнес плана проекта; P_{34} – оценка реалистичности допущений, принятых при составлении бизнес плана проекта; P_{35} – оценка уровня проработки бизнес планов у соисполнителей проекта); μ_{3i} – значения соответствующих коэффициентов значимости;

P_{4i} – составляющие практической реализуемости проекта (P_{41} – оценка реалистичности предоставляемого бюджета для реализации проекта; P_{42} – оценка реалистичности план-графика реализации проекта; P_{43} – оценка реалистичности предполагаемых объемов закупок техники, оборудования, материалов; P_{44} – оценка профессиональной подготовки руководителя проекта и его команды; P_{45} – оценка социальной значимости проекта; P_{46} – оценка реалистичности создания кооперации исполнителей проекта; P_{47} – оценка степени согласования проекта с другими региональными проектами); μ_{4i} – значения соответствующих коэффициентов значимости.

Достоинства такой оценки – простота и наглядность, а основные недостатки связаны с тем, что предполагается независимость составляющих оценки. Кроме того, ее существенный недостаток заключается в том, что высокая интегральная оценка, в общем-то, некачественного проекта, может получиться за счет высокого значения только одной какой-то составляющей при очень низких значениях всех остальных.

Интегральная оценка на основе мультипликативной свертки. Пусть, как и ранее интегральная оценка (P_0) региональных природоохранных проектов определяется экологической эффективностью (P_1), технической (P_2) и экономической (P_3) обоснованностью и практической реализуемостью (P_4). Пусть каждая из указанных оценок (и их составляющих) дается также по шкале $[0,1]$ (1-высшая, 0-низшая оценка). Тогда интегральная оценка проекта может быть получена с использованием следующей формулы:

$$P_0 = \prod_{i=1}^4 \mu_i P_i, (\sum_{i=1}^4 \mu_i = 1) \quad (3)$$

где μ_i – как и ранее, коэффициенты, отражающие относительную значимость составляющих интегральной оценки проектов;

$$P_1 = \prod_{i=1}^8 \mu_{1i} P_{1i}; (\sum_{i=1}^8 \mu_{1i} = 1); P_2 = \prod_{i=1}^6 \mu_{2i} P_{2i}; (\sum_{i=1}^6 \mu_{2i} = 1);$$

$$P_3 = \prod_{i=1}^5 \mu_{3i} P_{3i}; (\sum_{i=1}^5 \mu_{3i} = 1); P_4 = \prod_{i=1}^6 \mu_{4i} P_{4i}; (\sum_{i=1}^6 \mu_{4i} = 1), \quad (4)$$

где все компоненты имеют тот же смысл, что и в предыдущем случае.

Особенность интегральной оценки на основе (3) и (4) заключается в том, что она обращается в нуль, если среди составляющих P_i, P_{ji} , хотя бы одна равна нулю. Это означает, что представленные на конкурс проекты, у которых одна из оценок P_i близка к нулю, будут отвергнуты, как неудовлетворительные. Иными словами, такая оценка по сравнению с (1) чувствительна к минимально допустимым значениям своих составляющих.

Возможен комбинированный вариант, например, когда P_0 рассчитывается по формуле (1), а P_{ji} – по формулам (4), или наоборот, когда P_0 рассчитывается по формуле (3), а P_{ji} – по формулам (2).

Интегральная оценка на основе метрического критерия. В этом случае интегральная оценка проектов, представленных на конкурс, получается из соотношения вида:

$$P_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^4 \mu_i (1 - P_i)^2}, (\sum_{i=1}^4 \mu_i = 1), \quad (5)$$

где коэффициенты μ_i имеют тот же смысл, что и в предыдущих случаях, а P_i рассчитываются по формулам:

$$P_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^8 \mu_{1i} (1 - P_{1i})^2}; P_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^6 \mu_{2i} (1 - P_{2i})^2};$$

$$P_3 = \sqrt{\sum_{i=1}^5 \mu_{3i} (1 - P_{3i})^2}; P_4 = \sqrt{\sum_{i=1}^6 \mu_{4i} (1 - P_{4i})^2}, \quad (6)$$

где все компоненты имеют тот же смысл, что и в предыдущем случае.

Эту оценку можно интерпретировать так: интегральная оценка есть расстояние в иерархическом фазовом 4-х, 8-ми, 6-ти, 5-ти и 6-ти мерном пространстве от точки с координатами $\{(1,1,1,1), (1,1,1,1,1,1,1,1), (1.1.1.1.1.1), (1,1,1,1,1,1), (1,1,1,1,1)\}$, характеризующей идеальный проект (то есть проект с максимальными значениями показателей P_{ji}), до точки, соответствующей оцениваемому проекту.

Очевидно, что данная оценка целесообразна при сравнительном анализе нескольких проектов. Ее недостаток в том, что можно определить, какой из однотипных проектов, представленных на конкурс, является лучшим, но не всегда можно судить о качестве этого проекта. Эта оценка обладает еще и тем недостатком, что может дать односторонне завышенную оценку за счет значительного превышения значения одного из показателей над всеми остальными. Этот недостаток в определенной степени можно преодолеть, если для расчета величины P_0 воспользоваться формулой (5), для расчета ее компонентов – формулами (4).

Другой способ повышения адекватности интегральной оценки проектов заключается в использовании показателя «трудности» достижения целей проекта (T), где под целями проекта понимается достижение максимально возможных значений величин P_1, P_2, P_3 и P_4 . В этом случае интегральная оценка дается следующим соотношением:

$$T = 1 - \prod_{i=1}^4 (1 - T_i), \quad (7)$$

где $T_i = \frac{\varepsilon_i(1 - P_i)}{P_i(1 - \varepsilon_i)}$ – локальный показатель «трудности» достижения i -й цели; $P_i \geq \varepsilon_i$ – пороговое значение i -го показателя.

Поскольку все показатели нормированы к единице, то данная оценка допускает простейшую геометрическую интерпретацию: объем 4-х мерного единичного параллелепипеда, характеризующего идеальный проект с максимально возможными значениями рассматриваемых показателей, из которого вычтен объем параллелепипеда, характеризующего оцениваемый проект. Таким образом, оставшийся объем 4-х мерной фигуры характеризует степень достижения оцениваемого проекта его целей.

При такой оценке обеспечивается более равномерный учет каждого показателя P_i и исключается неоправданное увеличение интегрального итога за счет одного показателя, имеющего большую величину по сравнению со всеми остальными.

Интегральная оценка на основе матрицы потерь. Особенность рассмотренных выше оценок заключается в том, что, выбирая вариант наилучший по одному из показателей, мы проигрываем по другим показателям. Естественно возникает вопрос о том, насколько существенен этот проигрыш для каждого из вариантов выбора. Ответ на этот вопрос дает оценка на основе матрицы потерь.

Рассмотрим n проектов, каждый из которых характеризуется m показателями. Обозначим через x_{ij} оценку j -го показателя i -го проекта. Тогда исходные данные для сравнения проектов могут

быть заданы в виде матрицы $D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$.

Учитывая, что показатели могут выражаться в различных единицах, проведем их нормирование к диапазону изменения от

0 до 1: $y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$ – для показателей ориентированных на

максимум, то есть чем больше значение показателя, тем лучше;

$y_{ij} = 1 - \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$ – для показателей ориентированных на ми-

нимум, то есть чем меньше значение показателя, тем лучше, где x_{ij}^{\max} , x_{ij}^{\min} – минимально и максимально возможные значения показателей; y_{ij} – нормированное значение показателя x_{ij} .

Проведенное нормирование дает возможность построить вектор Y^* идеального варианта проекта, компоненты которого находятся в общем случае по формуле $y_j = \max_i y_{ij}$. Учитывая, что согласно условиям нормирования лучшее значение, принимаемое любым показателем равно 1, получаем, что все компоненты вектора Y^* идеального варианта, будут равны 1, то есть $Y^* = \{1, 1, \dots, 1\}$.

Далее, используя матрицу нормированных исходных данных, строим вспомогательную матрицу $A = \|\alpha_{ij}\|$, компоненты которой есть значение i -го показателя, если выбирается проект, лучший по j -у показателю. Затем, на основе вспомогательной матрицы $A = \|\alpha_{ij}\|$ и вектора Y^* строим матрицу

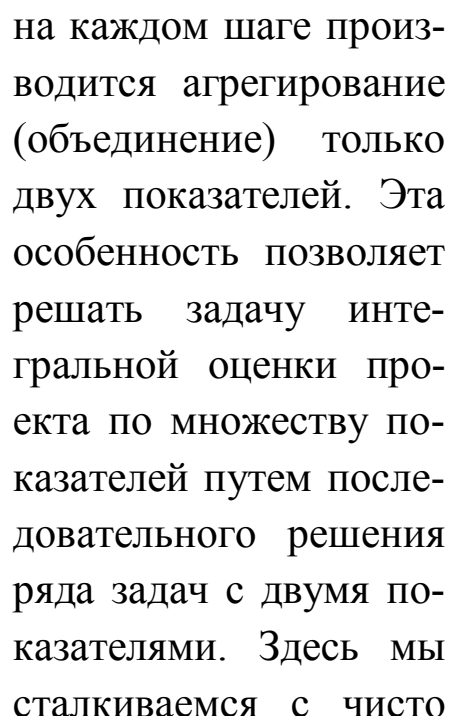
$$P = \|p_{ij}\| = Y^* - A = \|y_j^* - \alpha_{ij}\| = \|1 - \alpha_{ij}\|,$$

которая характеризует потери при выборе конкретного проекта.

Интегральная оценка методом иерархической дихотомии.

Идея данной оценки заключается в том, что показатели, характеризующие проект (в нашем случае P_1 , P_2 , P_3 и P_4) организуются в определенную иерархическую структуру (рис.1), на каждом уровне которой происходит построение агрегированной оценки показателей предыдущего уровня (в нашем случае $F(P_1$,

Особенностью иерархического дихотомического представления является многошаговая процедура агрегирования, причем



психологической проблемой. Человек способен эффективно оценивать (соизмерять) только ограниченное число показателей и лучше всего, если приходится сравнивать не более двух показателей.

А) Гарантированная оценка, когда качественным свойством оцениваемого проекта является равномерное (в определенном соотношении) улучшение всех локальных показателей P_i . В этом случае дихотомическая интегральная оценка имеет вид:

где μ_i – коэффициенты, отражающие относительную значимость соответствующих составляющих интегральной оценки проектов P_1, P_2, P_3 и P_4 .

515

$$P_1 = \min_{i=1,8} \mu_{1i} P_{1i}; P_2 = \min_{i=1,6} \mu_{2i} P_{2i};$$

$$P_3 = \min_{i=1,5} \mu_{3i} P_{3i}; P_4 = \min_{i=1,6} \mu_{4i} P_{4i},$$

то (8) принимает вид:

$$P_0 = \min \left\{ \min \left[\begin{array}{l} (\mu_1(\min_{i=1,8}(\mu_{1i}, P_{1i})), \mu_4(\min_{i=1,6}(\mu_{4i}, P_{4i})), \\ (\mu_2(\min_{i=1,5}(\mu_{2i}, P_{2i})), \mu_3(\min_{i=1,6}(\mu_{3i}, P_{3i}))) \end{array} \right] \right\}. \quad (9)$$

Положительным свойством оценки (9) является простота выделения «узких мест» проекта, то есть тех его показателей, которые в данный момент являются «критическими» и на их улучшение следует обратить первоочередное внимание. Оценка (9) имеет и другую важную интерпретацию: она является гарантированной оценкой степени достижения целей проекта (например, $P_0 = 0,6$ означает, что близость к цели составляет не менее чем 60% по каждому локальному показателю).

Б) Оптимистическая оценка, когда качественным свойством оцениваемого проекта является улучшение хотя бы одного локального показателя P_i . В этом случае дихотомическая интегральная оценка принимает вид:

$$P_0 = \max \{ \max [(\mu_1 P_1, \mu_4 P_4), (\mu_2 P_2, \mu_3 P_3)] \}, \quad (10)$$

где μ_i , как и в предыдущем случае, отражает важность показателей P_1, P_2, P_3 и P_4 .

Поскольку для этого варианта

$$P_1 = \max_{i=1,8} \mu_{1i} P_{1i}; P_2 = \max_{i=1,6} \mu_{2i} P_{2i};$$

$$P_3 = \max_{i=1,5} \mu_{3i} P_{3i}; P_4 = \max_{i=1,6} \mu_{4i} P_{4i},$$

то (10) принимает вид:

$$P_0 = \max \left\{ \max \left[\begin{array}{l} (\mu_1(\max_{i=1,8}(\mu_{1i}, P_{1i})), \mu_4(\max_{i=1,6}(\mu_{4i}, P_{4i})), \\ (\mu_2(\max_{i=1,5}(\mu_{2i}, P_{2i})), \mu_3(\max_{i=1,6}(\mu_{3i}, P_{3i}))) \end{array} \right] \right\}, \quad (11)$$

Интегральная оценка на основе нечетких множеств. Рассмотренные выше оценки имеют тот существенный недостаток, что получаемые с их помощью результаты в значительной мере зависят от принятой базы сравнения. Причем оценки могут быть получены только в условиях количественной выразимости исходных данных.

На практике это требование зачастую не удается реализовать: какая-то часть параметров проектов носит качественный характер. В целях устранения этого ограничения предлагается использование оценок, получаемых на основе нечетких множеств. При этом, так же, как и при использовании традиционной бинарной логики, разнообразие используемых алгоритмов объясняется различными способами свертки исходных данных в один интегральный показатель. В некоторых случаях традиционные методы свертки экстраполируются на область нечетких множеств, в других используются оригинальные способы, свойственные только теории нечетких множеств.

Существует несколько достаточно апробированных методов использования теории нечетких множеств для получения интегральных оценок проектов. Наиболее наглядными, являющимися прямым обобщением построения интегральных оценок для традиционных задач, являются модели аддитивной и мультипликативной свертки.

Пусть некоторый природоохранный проект, представленный на конкурс, оценивается теми же показателями, что и в предыдущих случаях, но заданных не числами, а нормированными $[0,1]$ функциями принадлежности $\eta_{ij}(P_{ij})$. Так, например, $\eta_{21}(P_{21})$ – функция принадлежности степени разработанности проектной документации, а $\eta_{11}(P_{11})$ – функция принадлежности степени соответствия оцениваемого проекта приоритетным программам развития региона. Причем относительная важность этих показателей задается, как и ранее, нормированными коэффициентами μ_{ij} .

Распространяя действие (1), (2) и (3), (4) на функции принадлежности и, используя стандартные операции умножения и сложения нечетких множеств, получаем формулы для аддитивной и мультипликативной оценки природоохранных проектов в категориях таких множеств:

$$\eta_0(P_0) = 0,25 \left[\begin{aligned} & (0,125 \sum_{i=1}^8 \mu_{1i} \eta_{1i} P_{1i}) + (0,167 \sum_{i=1}^6 \mu_{2i} \eta_{2i} P_{2i}) + \\ & + (0,2 \sum_{i=1}^5 \mu_{3i} \eta_{3i} P_{3i}) + (0,143 \sum_{i=1}^6 \mu_{4i} \eta_{4i} P_{4i}) \end{aligned} \right]; \quad (16)$$

$$\eta_0(P_0) = \left[\begin{aligned} & \left(\prod_{i=1}^8 \mu_{1i} \eta_{1i} P_{1i} \right) \times \left(\prod_{i=1}^6 \mu_{2i} \eta_{2i} P_{2i} \right) \times \\ & \times \left(\prod_{i=1}^5 \mu_{3i} \eta_{3i} P_{3i} \right) \times \left(\prod_{i=1}^6 \mu_{4i} \eta_{4i} P_{4i} \right) \end{aligned} \right]. \quad (17)$$

Завершая рассмотрение вопросов интегральной оценки качества природоохранных проектов, не будет лишним подчеркнуть еще раз. Подводя итоги конкурса, комиссия должна не только выставить такие оценки конкурирующим проектам, но и объяснить подателям проектных заявок, на каком основании выбран или отклонен тот или иной проект, проведя скрупулезный анализ всех составляющих, обусловивших значение интегральной оценки.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОНИМАНИЮ НРАВСТВЕННОСТИ

Имеет ли смысл в наше прагматичное время лишний раз обращаться к такой «заезженной» категории как «нравственность»? Не секрет, что у каждого из нас есть свое понимание нравственности. Зачастую мы им гордимся и пропагандируем.

Когда мы замысливаем какой-либо проект – глобальный или локальный, политический или экономический, государственный или семейный – за кадром всегда стоят вопросы: «Какую позицию следует считать правильной? Как отличить хорошее от плохого, полезное от вредного?»

Обдумывая ситуацию и пытаясь ответить на эти совсем не простые вопросы, можно исходить из идеологических, политических, экономических, технологических, религиозных, национальных и других предпосылок. Однако при глубоком анализе практических проблемных ситуаций мы неминуемо придем к выводу, что все решения, в конечном счете, определяются индивидуальным и коллективным пониманием нравственности.

Проповедуя мысль, что у каждого из нас есть свое понимание того, что – «хорошо», а, что – «плохо», мы подошли к некому фатальному рубежу. В наше время энергия разрушения, накопленная на всех уровнях организации общественных отношений, намного превзошла потенциал созидания. Средства уничтожения людей стали предельно масштабными и чрезвычайно изощренными. Реализация крупномасштабных энергетических, информационно-технических, биотехнологических, развлекательных и других проектов не только не повышает качество жизни людей, но влечет за собой новые болезни, эпидемии и техногенные катастрофы. Экологические и санитарно-эпидемиологические проблемы, почти незаметные ранее, перерастают в глобальные экологические катаклизмы. То в одном, то

в другом регионе мира происходят революционные потрясения, последствия которых ощущают не только политики, но и простые люди, совершенно не причастные к этим не поддающимся прогнозированию событиям. Точечные финансовые и экономические кризисы с молниеносной скоростью распространяются на весь мир. «Эффект бабочки» проявляется в этой сфере во всей своей «красе». Мир стал хрупкий, неустойчивый и напряженный. Цена необдуманых политических, экономических, технических, военных и других решений достигла предельной точки, а последствия этих решений стали касаться каждого из нас.

Поэтому в наше время, впрочем, как и во все иные времена, обращение к категории «нравственность» актуально. Другое дело, что в современных условиях требуется новое более конструктивное понимание этой категории и способов воплощения этого понимания в жизнь.

В чем же должна заключаться сущность этого нового понимания нравственности?

Прежде всего, необходимо уяснить, что нравственность – это не морально-этическая, идеологическая или какая-либо иная норма, а системная многокритериальная категория, входящая в состав процесса принятия решений, какими бы по своей значимости и масштабу ни были эти решения. Другими словами. В современных условиях нравственность должна рассматриваться не как трогательный призыв к порядочности, но как атрибут принятия решений, в котором этические, религиозные, правовые, политические и другие нормы – суть ограничения на возможные решения и связанные с ними действия. Их надо принимать во внимание при поиске рациональных путей разрешения возникших проблем. Однако сами решения должны приниматься на основе трех постулатов:

а) постижения многоаспектного многоуровневого существа возникающих проблем и учета всего спектра возможных способов их разрешения во взаимосвязи с другими проблемами;

б) комплексного анализа процессов, обусловивших возникновение проблем, и всесторонней оценки последствий того или иного способа их разрешения;

в) изыскания не оптимальных, а компромиссных способов разрешения проблем, полагая априори, что любая системная проблема конфликтна по своей природе.

Таким образом, сущностная сторона нового понимания нравственности заключается в том, что любое несистемное решение следует признать безнравственным, в независимости от того, кто, на каком уровне, по какому поводу и на основе каких морально-этических норм его принимает.

Традиционно считается, что все безнравственное, так или иначе, связано с порочностью человека как биологического вида, выжившего в борьбе за существование, но по-прежнему следующего инстинктам животного. Так ли это?

Подавляющее большинство нормальных людей, то есть людей без психических аномалий, руководствуются в своей деятельности не животными инстинктами, а вполне цивилизованными критериями выбора решений. Однако при этом они, как правило, опираются на достаточно узкое видение проблемной ситуации и используют чрезвычайно ограниченное количество критериев принятия решений.

Таков уровень мышления современного человека. Так учат в школах и в вузах, причем как у нас, так и за рубежом.

Генетически люди наследуют фрагментарный (от лат. *fragmentum* – обломок, кусок) бессистемный стиль мышления, основанный на традициях, прошлом опыте, интуиции и «логике здравого смысла». Плохо или хорошо, но именно такое мышление обеспечило существование человеческой цивилизации с момента ее зарождения и по сей день. А потому фрагментарность и бессистемность доминируют в нашем сознании, передаваясь с генами от одного поколения к другому. Конечно, во все времена жили люди, мыслящие системными категориями, но это

были скорее единичные случаи индивидуального озарения, чем коллективное самосознание.

Двадцатый век коренным образом изменил ситуацию, принеся вместе с научно-технической революцией необходимость системного мышления во всех сферах человеческой деятельности. Глубинные причины этого явления до конца не выяснены, но прошлый век действительно стал переломным в развитии нашей цивилизации – она стала системной цивилизацией.

Особую роль в этом процессе сыграла информация. Бурное развитие технических средств коммуникации, прежде всего электронных, привело к «информационному взрыву». Местом нашего обитания стало единое информационное поле, связавшее нас в целостную систему реального времени. На человека обрушился огромный поток разнородной информации, воспринять который без систематизации уже невозможно.

Чтобы нормально жить в мире сложных системных отношений и запредельных информационных потоков, требуется новый подход к анализу проблем и принятию управленческих решений, который позволяет охватить ситуацию целиком, а не по частям. Однако стиль мышления практически не изменился – человечество вошло в эру системности и тотальной информатизации с прежним бессистемным мышлением.

Каковы же должны быть составляющие многокритериальной сущности нравственности? Какие частные критерии должны входить в состав этой системной категории?

Для воплощения нравственности, как системной многокритериальной категории, необходимо учитывать, что любое решение содержит в себе фундаментальное противоречие, выражающееся в том, что порожденное им действие всегда будет позитивным для одних и негативным для других. Получается своеобразный *circulus vitiosus* (порочный, замкнутый круг). Стремление к «хорошему» непременно порождает «плохое». И, наоборот, «плохое» неизменно сопровождается «хорошим». Выйти из этого замкнутого круга возможно только в том случае, если в

индивидуальное и коллективное понимание нравственности включить, как минимум, следующие локальные критерии.

Во-первых, нравственным может быть только то, что, будучи воплощенным, отвечает принципу – «не навреди».

Во-вторых, не может быть нравственным то, что задумано и совершено на основе какой-либо идеологии, какой бы привлекательной эта идеология не казалась.

В-третьих, безнравственна бинарная оценка действительности, разделяющая все на «белое» и «черное», людей – на «чужих» и «своих», а их поступки – на «плохие» и «хорошие».

В-четвертых, безнравственна линейная логика мышления, поскольку заведомо ведет в тупик, в какой бы сфере человеческой деятельности она не применялась.

В-пятых, не может быть нравственным то, что основывается на огульном заимствовании чужого опыта и сведении сложного к простому. Разными дорогами идём мы по жизни. Но те дороги, которые проходят через редукционизм и примитивизм, неминуемо приводят к безнравственному.

В-шестых, для воплощения нравственного следует уяснить, что экстремальный вопрос: «Что делать?», – свидетельствует лишь о нищете мысли, неумении анализировать динамику проблемы и неспособности предвидеть возможные варианты развития событий. Нравственной антитезой ему должен стать иной вопрос: «Что не следует делать?», – сама постановка которого уже не загоняет человека в тупик неразрешимых проблем, а наоборот, открывает дорогу к глубокому познанию их существа, предвидению и предупреждению многих жизненных коллизий.

В-седьмых, следует помнить, что тому из нас, кто, в своей личной жизни и в служебной деятельности игнорирует сформулированные критерии, воздастся не где-то в потустороннем мире, а здесь и сейчас, причем плата за недомыслие будет такой же, как и плата за то, что содеяно по злему умыслу.

Научное издание

Новосельцев Виктор Иванович

**ФИЛОСОФСКО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ
СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

Отпечатано в ООО ИПЦ «Научная книга»
394030, г. Воронеж, ул. Кольцовская, д. 23/1.
тел. (4732) 610-475, 610-485, 29-79-69
[http:// www.n-kniga.ru](http://www.n-kniga.ru). E-mail: [zakaz@ n-kniga.ru](mailto:zakaz@n-kniga.ru)