

Парадигма развития науки

Методологическое обеспечение

А. Е. Кононюк

СИСТЕМОЛОГИЯ

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ

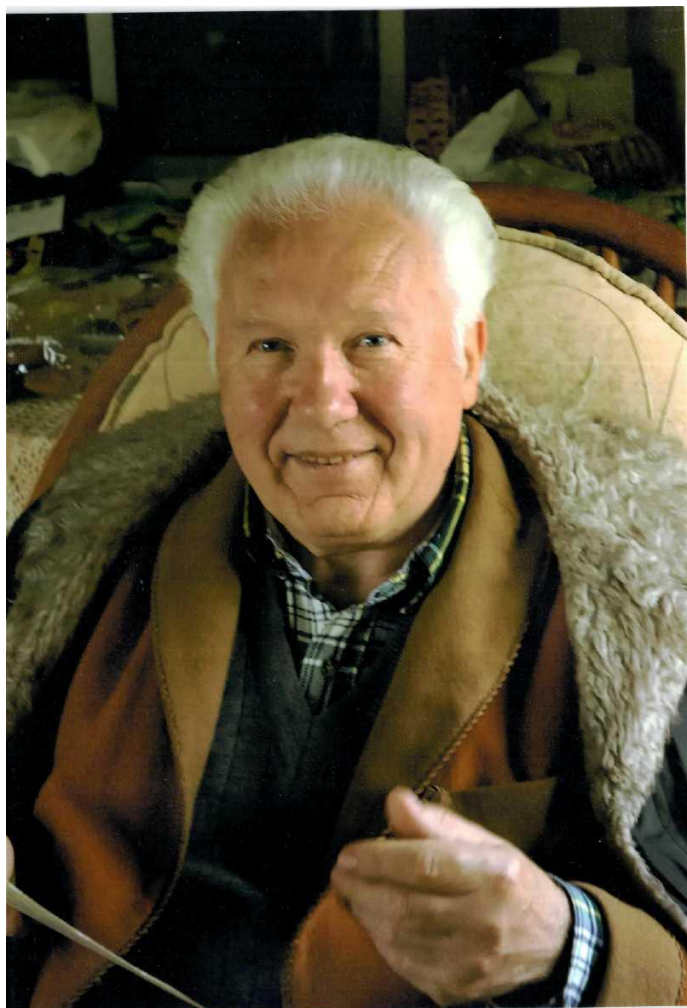
Книга 1

Начала

Киев

Освіта України

2014



Кононюк Анатолий Ефимович

УДК 51 (075.8)
ББК В161.я7
К213

Рецензент:

Н. К. Печурин — д-р техн. наук, проф. (Национальный авиационный университет).

Кононюк А. Е.

К213 Системология. Общая теория систем. — В 4-х кн. Кн 1.— К.: Освіта України. 2014. — 564 с.

ISBN 978-966-373-693-8 (многотомное издание)

ISBN 978-966-373-694-5 (книга 1)

В предлагаемом многотомном научно-учебном издании предпринята попытка раскрыть с единой идеологической и методологической точки зрения чрезвычайно сложную научную проблему - общую теорию систем. В работе достаточно полно, на взгляд автора, раскрыты методы системного подхода и системного анализа, используемые при анализе и синтезе различного класса систем. Определяются основные (базовые) понятия теории систем, раскрывается содержание системного анализа, его технология.

Для бакалавров, специалистов, магистров, аспирантов, докторантов всех специальностей.

УДК 51 (075.8)
ББК В161.я7

ISBN 978-966-373-693-8 (многотомное издание) © Кононюк А. Е., 2014
ISBN 978-966-373-694-5 (книга 1) © Освіта України, 2014



Оглавление

Предисловие.....	5
1. Начала общей теории систем.....	7
1.1. Базисные понятия, определения, свойства.....	7
1.2. О научных теориях.....	20
1.3. Основные характеристики системности.....	28
1.4. Наука о системах – системология.....	53
1.5. Системные характеристики научного знания.....	61
1.6. Мировоззренческое представление системности.....	73
1.7. Роль математики и вычислительной техники в общей теории систем.....	79
1.8. Основные задачи общей теории систем.....	88
1.9. Архитектура решения системных задач.....	93
1.10. Основы моделирования и проектирования сложных систем и процессов на основе системного подхода.....	98
1.11. Модели систем и методы их построения.....	133
1.12. Виды подобия и моделирования, их классификация.....	147
1.13. Математические модели.....	153
1.14. Методы моделирования систем и принятия решений.....	169
1.15. Обзор общей классификации подобия и моделирования.....	180
1.16. Введение в основы построения общей теории систем.....	209
2. Сущность и понятия системологии.....	240
2.1. Исходные понятия системологии.....	247
2.2. Рефлексивное развитие введенных понятий.....	258
2.3. Системы как адаптивные объекты.....	271
2.4. Сущность системы, основание ее возникновения и детерминанта.....	284
2.5. Сопоставимость, функциональность, существенность и утилитарность систем.....	295
3. Адаптивность и отражение.....	298
3.1. Отражение как свойство адаптивных систем.....	298
3.2. Антиципация и опережающее отражение.....	311
3.3. Адаптивное усиление отражательных свойств.....	328
3.4. Символика для обозначения объектов и их свойств в актах отражения и функционирования.....	346
3.5. Правила отражения.....	361
3.6. Формально-логические и сущностные абстракции как формы отражения.....	379
4. Семиотика, естественный язык и человекомашинное общение.....	391
4.1. Систематизация основных понятий семиотики.....	391
4.2. Типы коммуникативных систем.....	408

4.3. Отношение языка как коммуникативного механизма к сознанию как инструменту познания и прогнозирования.....	424
4.4. Категории синтаксиса и морфологии естественного языка и иных окказиональных коммуникативных систем.....	442
4.5. Естественный язык и содержательное человекомашинное общение.....	454
5. Линейные стационарные системы	486
5.1. Стационарность и линейные преобразования.....	488
5.2. Импульсная переходная функция.....	489
5.3. Собственные функции.....	491
5.4. Преобразования Лапласа и Фурье.....	492
5.5. Некоторые свойства линейных систем.....	494
6. Системы второго порядка.....	495
6.1. Устойчивость стационарных состояний систем второго порядка.....	495
6.2. Кинетические уравнения Лотки.....	501
6.3. Модель Вольтерра.....	506
6.4. Метод функций Ляпунова определения устойчивости стационарного состояния системы.....	515
6.5. Об управлении системами.....	524
6.6. Цели и критерии эффективности системы.....	529
6.7. Этапы системного анализа.....	546
Список литературы.....	549

Предисловие

Одним из критериев того, к какой категории относятся те или иные книги (издания), является их назначение: используются ли они для одной цели или служат многим целям. Данное издание относится к категории книг многоцелевого назначения, но прежде всего это научно-учебное пособие, необходимое студентам, аспирантам, докторантам при изучении фундаментальных понятий системологии, основных категорий системных задач и общих методов их решения.

Основы науки о системах излагаются теперь не только в курсах системотехники, информатики, программирования, но входят в учебные программы по многим другим предметам. И хотя уровень преподавания науки о системах у студентов, специализирующихся по системологии или системотехнике, отличается от уровня преподавания этой науки для студентов других специальностей, данное издание построено так, чтобы обеспечить потребность в квалифицированных знаниях и тех, и других.

Материал настоящего научно-учебного пособия предоставляет студентам, аспирантам, докторантам обширную базу для дальнейших исследований, имея которую студент (аспирант, докторант) при изучении более сложных и специализированных вопросов сможет сохранить общую методологию исследований. Он сможет определить место практически любого вопроса в общей архитектуре общей теории систем (ОТС), разглядеть в текущем времени и в более отдаленной перспективе взаимосвязь различных вопросов познания и воспользоваться своими знаниями, познаниями (в смысле понимания знания), умениями и навыками для разработки содержательных программ самостоятельных исследований.

Кроме своего основного назначения как учебного пособия, данное издание по ОТС адресуется также ученым и специалистам, работающим в самых различных областях. Возрос большой интерес к новейшим достижениям современной системологии, которые можно использовать в индивидуальных работах. Это издание будет особенно полезно для специалистов, принимающих участие в междисциплинарных исследованиях.

Автор надеется, что данное издание окажется полезным справочным пособием для всех, кто занимается системными исследованиями и использует их в своей работе, а также для специалистов по экспертным системам. Теоретики по системоведению (системотехники, системологи) найдут в издании богатый источник

нерешенных задач, а практики – общие методы синтеза и анализа систем различной природы, имеющие широкое применение.

Цель общей теории систем – создание единой методологии исследования общесистемных признаков (характеристик) систем различной природы.

Поэтому цель настоящего труда сводится не только к тому, чтобы методически представить уже готовое знание о системах. Она заключается в том, чтобы выделить все аспекты системности, осмыслить тенденции ее развития, интегрировать различные аспекты системного знания, которые разбросаны в научных источниках, а также описать те положения общей теории систем, которые еще не получили развитие.

Таким образом, основные цели научного труда:

- обеспечить читателей многообразным и сложным научным знанием о системах различной природы, расширить эрудицию в понимании разных аспектов системности. Показать сложность и эффективность этого знания, выделить основные тенденции его развития;
- раскрыть возможности системного подхода в научном исследовании, анализе, инженерной и управленческой деятельности, т.е. в любой сфере социальной жизни;
- дать представление о понятийно-категориальном аппарате системного подхода ;
- раскрыть принципы системного анализа, исследования, мыслительной деятельности, использование которых может существенно повысить эффективность профессиональной деятельности;
- помочь овладеть некоторыми технологиями системного анализа и их применением на практике.

1. Начала общей теории систем

1.1. Базисные понятия, определения, свойства

1.1.1. Общие замечания

Обычно для выражения своих мыслей люди пользуются интуитивно выбираемыми словами и словосочетаниями разговорного языка. Однако интуитивный подход для построения понятий научной дисциплины неприемлем, так что приходится устанавливать границы применимости и точный смысл каждого слова или выражения в рамках данной научной или специальной области. При этом одни понятия используются только в узкоспециальных областях (например, сопротивление продольному изгибу). Другие понятия, часто выражаемые общеупотребительными словами, применяются в различных смыслах, причем часто их значения близки к обиходным, но иногда могут иметь значение, совершенно отличное от общепринятого (например, такие технические термины, как «журавль», «баба»).

Определение понятий, выполняемое в данном разделе, возможно, является занятием весьма неблагодарным, а чтение формулировок и описаний знакомых и новых понятий вызовет сопротивление многих читателей; тем не менее при построении общей теории систем этот шаг необходим во избежание всевозможных недоразумений.

Другая проблема связана с выбором наиболее точных имен (названий) для таких понятий. Так, даже отыскание общего выражения для понятия «системный продукт» является сложной задачей. Здесь всегда нужно прислушиваться к критике, особенно со стороны тех, кто уже рассматривал аналогичные проблемы, тем более если при известных условиях было выбрано другое выражение для обозначения аналогичного содержания. Риск неудачи здесь тем меньше, чем тщательнее и объективнее проведены сопоставление имеющихся данных, их обсуждение и необходимая унификация. Для технических систем, как и для систем вообще, это справедливо в особенности, поскольку здесь развитие шло от практики к теории. В соответствии с установившейся традицией термины в технике чаще всего принимались интуитивно, без их точного определения. Например, термин «машина», являющийся основой целого ряда других понятий и терминов, имеет различное содержание в зависимости от специальной области, времени и места использования.

Терминологические трудности еще более усиливаются в связи с различиями смысла понятий в разных языках. Так, например, немецкий термин *Technik* (техника) не совпадает с английским *technique* (методика, технический прием, оборудование), а немецкое слово *Konstrukteur* (конструктор, строитель, создатель) не адекватно соответствующему английскому *designer* (конструктор, проектировщик, художник).

Точности ради отметим, что даже в некоторых фундаментальных науках пока еще не достигнуто полное единство относительно некоторых терминов. Такое положение наблюдается в кибернетике и теории систем — науках, которые имеют для нас основополагающее значение. Отсутствие единства по терминологическим вопросам не позволяет сослаться на соответствующую литературу и вынуждает рассматривать некоторые элементарные, но важные понятия.

В основу выбора используемых в данной книге названий для обозначения специальных понятий положены следующие принципы:

- широкое применение терминов в их укоренившемся значении, которое может быть лишь уточнено;
- ориентация в терминологическом плане на фундаментальные науки, такие, как математика, кибернетика и другие, с учетом того, что вводимые термины должны охватывать и область техники;
- применение, где это возможно, международной терминологии, что облегчает понимание на международном уровне.

При определении понятий мы использовали также многие уже принятые термины.

Кроме того, для различных понятий наряду с их определениями и названиями, будут рекомендованы также буквенные символы для их обозначения. Использование символов, с одной стороны, соответствует целям установления общепринятой терминологии, а с другой — позволяет сократить записи и затраты интеллектуального труда. Однако решение о том, использовать ли такие рекомендации, предоставляется читателю. В тексте данной книги используется небольшое количество символов (например, техническая система — *TS*, машинная система — *MS*); все остальные понятия будут записываться полностью, и никакой необходимости в их расшифровке не возникает.

Определение понятий будет осуществляться в два этапа. Сначала (в следующем разделе) будут даны определения наиболее важных основных понятий. Специальные понятия общей теории систем будут приведены позднее, в порядке обсуждения соответствующих тем. Для облегчения ориентации основные понятия обобщаются в соответствующие группы, например, система, тип системы и т. д.

Отношения между этими отдельными понятиями в группах определяются последовательно. Например, при определении понятия «система» используется понятие «множество», следовательно, определение системы вытекает из определения множества.

Для определения понятий и установления терминов здесь будут использованы не все возможности. Так, например, мы не воспользуемся возможностями математической логики, исчисления высказываний и предикатов, несмотря на то что для наших целей понятия упомянутых областей знания были бы очень важны. Это связано с тем, что соответствующие науки еще не получили широкого распространения и чтение логических символов потребовало бы от читателей знаний в малознакомых областях.

1.1.2. Определения ключевых слов и словосочетаний

Прежде чем определить место общей теории систем (ОТС) в общенаучном познании мира, попытаемся дать строгие определения понятий и определений ключевым словам и словосочетаниям, которые будут употребляться нами для описания излагаемой общей теории систем, понятия, относящиеся к *общей теории систем*. В общей теории систем такие понятия в силу их общности трактуются не всегда однозначно. Чтобы достичь однозначности в понимании последующего материала, определим эти понятия применительно к излагаемому материалу.

Начальными ключевыми словами будут следующие: ОБЩИЙ, ТЕОРИЯ, СИСТЕМА.

Рассмотрим ключевое слово ОБЩИЙ и опишем его определение, приведенное в книге С.И. Ожегова «Словарь русского языка», М., 1963.

1. Принадлежащий, свойственный всем, касающийся всех (общий язык, общее образование (без профессиональной ориентации)).
2. Производимый, используемый совместно, коллективный (общие игры, места общего пользования).
3. Свойственный кому-нибудь одновременно с кем-нибудь другим (найти общий язык с кем-нибудь (достигнуть взаимного понимания)).
4. Целый, весь (общий итог, подсчитать общее количество чего-то)
5. Касающийся основ чего-нибудь (общие вопросы науки).
6. Содержащее только самое существенное, без подробностей (изложить что-нибудь в общих чертах, без подробностей).

Как видно из изложенного, однозначного, а тем более строгого, определения термину ОБЩИЙ нет. Это значительно затрудняет дать

ему строгое и однозначное определение. Постараемся выделить из приведенных выше определений общие, наиболее характерные признаки, присущие термину ОБЩИЙ, и используя их, приведем сравнительно строгое определение (толкование) этого термина.

В приведенных выше многозначных определениях термина ОБЩИЙ, нас будут интересовать такие признаки, определяющие этот термин, которые позволят дать строгое определения ключевому словосочетанию ОБЩАЯ ТЕОРИЯ.

Таковыми признаками будут: «свойственный всем», «касающийся основ чего-нибудь», «содержащий только самое существенное». Используя эти признаки, дадим, на наш взгляд, довольно строгое определение ключевому слову ОБЩИЙ.

ОБЩИЙ – содержит самое существенное, которое свойственно всем основам чего-нибудь.

Используя содержание ключевого слова ОБЩИЙ в ОТС, мы тем самым хотим показать, что в ОТС будут изучаться всеобщие признаки систем, которые присущи (свойственны) всем системам, независимо от природы их происхождения.

Рассмотрим ключевое слово ТЕОРИЯ и опишем его определение, взятое из книги С.И. Ожегова «Словарь русского языка», М.,1963.

1. Учение, система научных принципов, идей, обобщающих практический опыт и отражающий закономерности природы, общества, мышления (теория познания, теория относительности).
2. Раздел какой-нибудь науки, а также совокупность правил в области какого-либо мастерства (теория вероятностей, теория шахматной игры).

Приведем еще одно толкование термина ТЕОРИЯ, взятое с из книги «Словарь иностранных слов», М.,1964.

Теория [греческое: *theoria*] – логическое обобщение опыта, общественной практики, отражающее объективные закономерности развития природы и общества; система обобщающих положений в той или иной отрасли знания.

Здесь мы также наблюдаем отсутствие однозначного, а тем более строгого, определения термина ТЕОРИЯ.

В приведенных выше многозначных определениях термина ТЕОРИЯ, нас будут интересовать такие признаки, определяющие этот термин, которые позволят дать строгое определения ключевому словосочетанию ОБЩАЯ ТЕОРИЯ.

К таким признакам можно отнести: «система научных принципов, идей, обобщающих практический опыт и отражающий закономерности

природы, общества, мышления», «система обобщающих положений в той или иной отрасли знания».

Используя эти признаки, приведем, на наш взгляд, довольно строгое определение ключевого слова ТЕОРИЯ, отражающее содержание ОТС.

В ОТС под словом ТЕОРИЯ будем понимать *систему обобщающих положений о наиболее общих законах жизненного цикла различной природы объектов и явлений.*

В ОТС мы будем часто использовать, помимо ключевых слов, также и ключевые словосочетания. К одному из первых таких словосочетаний относится «ОБЩАЯ ТЕОРИЯ».

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ – содержит систему обобщающих положений, которые свойственны всем теориям о наиболее общих законах жизненного цикла объектов и явлений различной природы .

Наконец, проанализируем понятие и содержание одного из основополагающих ключевых слов в ОТС, а именно: СИСТЕМА.

Термин СИСТЕМА является одним из самых распространенных терминов, используемых при описании работ в самых разных научных дисциплинах. Этот термин, к сожалению, оказался чрезмерно перегружен и имеет различный смысл при различных обстоятельствах и для различных людей.

Подтверждением тому является приводимые ниже толкования термина СИСТЕМА, взятые из токовых словарей.

Приведем определение слова «система», взятое из книги С.И. Ожегова «Словарь русского языка», М.,1963.

СИСТЕМА

1. Определенный порядок в расположении и связи частей чего-нибудь, в действиях (привести в систему свои наблюдения, работать по строгой системе).
2. Форма организации чего-нибудь (избирательная система).
3. Нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимосвязи частей (нервная система, грамматическая система русского языка, периодическая система элементов в химии).
4. Совокупность организаций, однородных по своим задачам (работать в системе Академии наук).
5. Техническое устройство, конструкция (самолет новой системы).

Приведем еще одно толкование слова СИСТЕМА, взятое с из книги «Словарь иностранных слов», М.,1964.

СИСТЕМА [греческое systema - *буквально* целое, составленное из частей]

1. Порядок, обусловленный планомерным, правильным расположением частей в определенной связи, например, строгая система работы.
2. Совокупность принципов, служащая основанием какого-либо учения.
3. Форма общественного устройства, например, государственная система.
4. Совокупность органов, связанных общей функцией, например, нервная система.
5. Форма, способ устройства организация чего-либо, например, избирательная система.

Приведем еще одно толкование слова СИСТЕМА — *это совокупность связанных элементов, объединенных в одно целое для достижения определенной цели*. Здесь под целью понимается совокупность результатов, определяемых назначением системы. Наличие цели и заставляет связывать элементы в систему. Целостность — наиболее важное свойство системы. Элемент принадлежит системе потому, что он связан с другими ее элементами, так что множество элементов, составляющих систему, невозможно разбить на два и более несвязанных подмножества. Удаление из системы элемента или совокупности элементов непременно изменяет ее свойства в направлении, отличном от цели.

Приведем еще одно определение понятия «система», которое на наш взгляд, наиболее полно характеризует это понятие, взятое из книги Дж.Клир «Системология», М.,1990.

«Система – множество элементов, находящихся в отношениях или связях друг с другом, образующих целостность или органическое единство».

Наиболее строгое толкование слова СИСТЕМА, на наш взгляд, будет следующее:

СИСТЕМА – это множество элементов и отношений между ними.

Искусственные (технические) системы описывают путем определения их функций и структур.

Несмотря на огромное разнообразие, искусственные системы обладают рядом общих свойств, признаков и структурных особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов.

Каковы основные признаки систем? К ним можно отнести следующие:
— системы состоят из частей, элементов, то есть имеют структуру;
— системы созданы для каких-то целей, то есть выполняют полезные функции;

— элементы (части) системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;
— каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, не равным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл создания системы (цельной, функционирующей, организованной).

Поясним это простым примером. Допустим, необходимо составить фоторобот преступника. Перед свидетелем поставлена четкая цель-, составить систему (фотопортрет) из отдельных частей (элементов), система предназначена для выполнения весьма полезной функции. Естественно, что части будущей системы не соединяются как попало, они должны дополнять друг друга. Поэтому идет длительный процесс подбора элементов таким образом, чтобы каждый элемент, входящий в систему, дополнял предыдущий, а вместе они увеличивали бы полезную функцию системы, то есть усиливали бы похожесть портрета на оригинал. И вдруг, в какой-то момент, происходит чудо — качественный скачок! — совпадение фоторобота с обликом преступника. Здесь элементы организованы в пространстве строго определенным образом (невозможно переставить их), взаимосвязаны, вместе дают новое качество. Даже если свидетель абсолютно точно идентифицирует по отдельности глаза, нос и т. д. с фото моделями, то эта сумма «кусочков лица» (каждый из которых правильный!) ничего не дает — это будет простая сумма свойств элементов. Только функционально точно соединенные элементы дают главное качество системы (и оправдывают ее существование). Точно так же набор букв (например, *а, л, к, е*), соединившись только определенным образом, дает новое качество (например, слово *елка*).

Техническая система — это совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов, и предназначенная для выполнения определенных полезных функций.

Таким образом, техническая система имеет четыре главных (фундаментальных) признака: функциональность, целостность (структура), организация, системное качество.

Отсутствие хотя бы одного признака не позволяет считать объект технической системой. Ниже эти признаки будут освещены подробнее.

В определенном нами термине СИСТЕМА появились два, очень важные для описания методов создания систем, ключевых слова, а именно: ЭЛЕМЕНТ и ОТНОШЕНИЕ. Строгое определение этим

ключевым словам будет дано во второй части Начал. А сейчас ограничимся тем, что приведем такие определения этих слов.

Элемент — это минимальный неделимый объект. Свойства элемента— это его свойства как целого. Элемент можно использовать только как целое, поэтому недопустимо говорить о половине или четверти элемента. Неделимость элемента — это прежде всего удобное понятие, но не физическое свойство. Опираясь на понятие «элемент», исследователь оставляет за собой право перейти на другой уровень рассмотрения вопросов и говорить о том, из чего состоит элемент, а это свидетельствует о физической разложимости последнего. Таким образом, объекты называются элементами по соглашению, принимаемому с целью дать ответ на определенные вопросы, стоящие перед исследователями. Изменение вопросов может потребовать разложения элементов на составные части или объединения нескольких элементов в один.

Термин *отношение* используется здесь в самом широком смысле, включающем весь спектр родственных понятий, таких как связь, соединение, сцепление, взаимосвязь, зависимость, функции, корреляция, ограничения, структура, информация и т.д.

Теперь перед нами стоит задача дать, по возможности, строгое определение ключевому словосочетанию ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ. Мы уже дали определение ключевому словосочетанию ОБЩАЯ ТЕОРИЯ. Нам остается дополнить его, используя для этого требуемые признаки, определяемые понятие слова СИСТЕМА. Тогда ключевое словосочетание ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ будет иметь следующее толкование.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ— это такая теория, которая содержит систему обобщающих положений, которые свойственны всем теориям о наиболее общих законах жизненного цикла систем различной природы.

ОТС имеет свои *цели, задачи, функции, структуру, критерии, методологию.*

Все эти атрибуты ОТС будут рассмотрены, описаны и изучены нами в этом фундаментальном труде.

1.1.3. Назначение системы

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Цель—функция

В основе любого трудового процесса, в том числе интеллектуального, лежит *понятие цели*. Беспечной интеллектуальной деятельности не существует. В технических системах цель задается человеком, и они предназначены для выполнения полезной функции. Уже инженер Древнего Рима Витрувий утверждал: «Машина есть деревянное приспособление, которое оказывает большую помощь при поднятии тяжести». Цель — воображаемый итог, к которому стремятся, удовлетворяя потребность. Таким образом, **синтез ТС — это целенаправленный процесс**. Любое сегодняшнее состояние может иметь в будущем множество последствий, абсолютное большинство которых лежат в русле энтропийных процессов. Человек выбирает цель и тем самым резко повышает вероятность нужных ему событий. Целенаправленность — эволюционно приобретенный (или заданный?...) навык борьбы с энтропийными процессами.

Потребность — функция

Появление цели — это результат осознания потребности. Человек отличается от других живых существ тем, что ему свойственны повышенные притязания — намного выше возможности естественных органов. Потребность (постановка задачи) — это то, что нужно иметь (сделать), а функция — реализация потребности в ТС.

Потребность может быть удовлетворена несколькими функциями, например, потребность в обмене продуктами труда — натуральный обмен, по эквивалентам, денежная система. Так же и выбранная функция может быть воплощена в нескольких реальных объектах, например, деньги — медь, золото, бумага, зубы акулы и т. д. И, наконец, любой реальный объект может быть получен (синтезирован) несколькими путями или его работа может быть основана на разных физических принципах, например, бумагу можно получить различными способами, рисунок нанести краской, в виде голограммы и т. д. Таким образом, технические системы, в принципе, имеют множественные пути развития. Человек все же каким-то образом

выбирает одну дорогу воплощения потребности. Критерий здесь единственный — минимум МГЭ (массы, габаритов, энергоемкости), инаиначе — человечество всегда было ограничено в наличных ресурсах. Хотя дорога эта зачастую извилиста, имеет множество тупиковых ответвлений и даже петель...

Носитель-функции

Возникновение потребностей, осознание цели и формулирование функции — это процессы, происходящие внутри человека. Но реально действующая функция — это воздействие на предмет труда (изделие) или служение человеку. То есть не хватает промежуточного звена — рабочего органа. Это и есть носитель функции в чистом виде. *РО — единственная функционально полезная человеку часть технической системы*. Все остальные части вспомогательны. ТС и возникли на первых этапах как рабочие органы (взамен органов тела и в дополнение им). И только потом, для увеличения полезной функции, к рабочему органу «пристраивались» другие части, подсистемы, вспомогательные системы. Этот процесс можно изобразить так:



Рассмотрим еще ряд ключевых терминов и их определения, которые будут встречаться при изложении Начал.

Функция системы — это правило получения результатов, предписанных целью (назначением) системы. Определяя функцию системы, ее поведение описывают с использованием некоторой системы понятий — отношений между переменными, векторами, множествами и т. п. Функция устанавливает, что делает система для достижения поставленной цели безотносительно к физическим средствам, (элементам, связям), составляющим саму систему, и не определяет, как устроена система. Системы изучают на разных уровнях абстракции, с использованием различных подходов, каждый из которых дает ответ на определенные вопросы. В связи с этим функции системы могут описываться с разной степенью детализации. Для описания функций систем используются теории множеств, алгоритмов, случайных процессов, информации и т. д. Функционировать — значит реализовать

функцию, т. е. получать результаты, предписанные назначением системы.

Структура системы— это фиксированная совокупность элементов и связей между ними. В общей теории систем под структурой принято понимать только множество связей между элементами, т. е. структура понимается как картина, отображающая только конфигурацию системы безотносительно к составляющим ее элементам. Такое толкование ее понятия удобно при структурном подходе к изучению свойств различных систем — систем с параллельными, последовательными, иерархическими структурами, обратными связями и т. п. На практике в понятие «структура» включают не только множество связей, но и множество элементов, между которыми существуют связи. Этот смысл отражен в данном определении структуры. Наиболее часто структура системы изображается в форме графа: элементы системы представляются вершинами графа, а связи — дугами (ребрами) графа. Граф — это математическая форма отображения структур. Инженерной формой изображения структур систем являются схемы. Схема и граф — понятия адекватные по содержанию, но различные по форме. В схемах элементы и связи обозначаются любыми фигурами, удобными для инженерных (производственных) применений.

Организация — это явление аранжировки с целью осуществления определенных функций в системах, состоящих из большого числа элементов. Обычно к одной и той же цели можно прийти различными способами, исходя из различных принципов организации систем. Каждый принцип организации задает определенный способ построения множества систем, аналогичных по назначению, но различных по функциям и структурам. Конкретная система представляет собой лишь пример реализации некоторого способа организации. Например, подавляющее большинство современных ЭВМ строится на основе одного принципа организации — принципа программного управления реализацией алгоритма на основе команд, имеющих операционно-адресную структуру. Таким образом, организация— понятие более высокого ранга, чем функция и структура; организация — это модель, на основе которой могут строиться многие конкретные системы.

Если речь идет о способе порождения функций, достаточных для достижения определенной цели (определенных результатов), то используется термин *функциональная организация*. Если же речь идет о наборе элементов и способе их соединения в структуру, обеспечивающую реализацию функций определенного класса, то используется термин - *структурная организация*. Определяя

некоторый способ функциональной организации, выявляют класс функций, присущих системам определенного назначения (безотносительно к средствам, необходимым для реализации этих функций), а определяя способ структурной организации, выявляют правило построения структур, реализующих некоторый класс функций, т. е. отвечающих некоторому назначению.

Анализ — это процесс определения свойств, присущих системе. Типичная задача анализа состоит в следующем. Известны функции и характеристики элементов, входящих в состав системы, и определена структура системы. Необходимо определить функции или характеристики, присущие совокупности элементов в целом.

Синтез — это процесс порождения функций и структур, необходимых и достаточных для получения определенных результатов. Выявляя функции, реализуемые системой, определяют некоторую абстрактную систему, о которой известно только то, что она будет делать. В связи с этим этап синтеза функций называется *абстрактным (функциональным) синтезом*, а этап порождения структуры, реализующей заданные функции, — *структурным синтезом*.

Эффективность — это степень соответствия системы своему назначению. Из двух систем более эффективной считается та, которая лучше соответствует своему назначению. Оценка эффективности системы — одна из задач анализа систем.

Показатель эффективности (качества) — это мера одного свойства (характеристики) системы. Показатель эффективности всегда имеет количественный смысл, т. е. является измерением некоторого свойства. По этой причине использование некоторого показателя эффективности предполагает наличие способа измерения (оценки) значения этого показателя. Для оценок эффективности систем могут применяться, например, такие показатели, как производительность, стоимость, надежность, габариты и т. п.

Критерий эффективности — это мера эффективности системы. Критерий эффективности имеет количественный смысл и измеряет степень эффективности системы, обобщая все ее свойства в одной оценке — значении критерия эффективности. Эффективность систем, создаваемых для одной цели, оценивается на основе одного критерия, общего для этого класса систем. Различие в назначениях систем предполагает, что для оценки эффективности таких систем используются различные критерии. Если при увеличении эффективности значение критерия возрастает, то критерий называется *прямым*; если значение критерия уменьшается, то *инверсным*. Из двух систем более эффективной считается та, которой соответствует

большее значение прямого критерия (меньшее значение инверсного критерия).

Оптимальная система — это система, которой соответствует максимальное (минимальное) значение прямого (инверсного) критерия эффективности на множестве мыслимых вариантов построения систем.

Модель — это физическая или абстрактная система, адекватно представляющая собой объект исследования.

Физические модели образуются из совокупности материальных объектов. Для их построения используются различные материалы, причем природа применяемых в модели материальных элементов не обязательно та же, что и в исследуемом объекте. Примером физической модели является макет. *Абстрактная модель* — это описание объекта исследований на некотором языке. Абстрактность модели проявляется в том, что ее компонентами являются понятия, а не физические элементы [например, словесные описания, чертежи, схемы, графики, таблицы, программы (алгоритмы), математические описания]. Необходимое условие для перехода от исследования объекта к исследованию модели и дальнейшего перенесения его результатов на объект исследования — требование адекватности модели и объекта. Адекватность предполагает воспроизведение моделью с необходимой полнотой всех свойств объекта, существенных для целей данного исследования. Понятие адекватности — весьма широкое и основывается на строгих в математическом отношении понятиях изоморфизма и гомоморфизма. Две системы, в данном случае объект исследования и его модель, называются изоморфными, если между ними существует такое взаимно-однозначное соответствие, что соответствующие объекты различных систем обладают соответствующими свойствами и находятся в соответствующих отношениях друг с другом. В общем случае обеспечение изоморфизма модели и объекта исследования может быть не только трудновыполнимым, но и излишним, поскольку сложность модели при этом может оказаться настолько значительной, что никакого упрощения исследовательской задачи не произойдет. Гомоморфизм, так же как и изоморфизм, предполагает сохранение в модели всех определенных на объекте исследования свойств и отношений. Однако требование взаимно-однозначного соответствия заменяется требованием однозначного соответствия модели объекту, тогда как обратное соответствие — соответствие объекта модели — не однозначно.

Концептуальная модель — это абстрактная модель, выявляющая причинно-следственные связи, присущие исследуемому объекту и

существенные в рамках определенного исследования. Основное назначение концептуальной модели — выявление набора причинно-следственных связей, учет которых необходим для получения требуемых результатов. Один и тот же объект может представляться различными концептуальными моделями, которые строятся в зависимости от цели исследования. Так, одна концептуальная модель может отображать временные аспекты функционирования системы, другая — влияние отказов на работоспособность системы и т. д.

Математическая модель — это абстрактная модель, представленная на языке математических отношений. Математическая модель имеет форму функциональных зависимостей между параметрами, учитываемыми соответствующей концептуальной моделью. Эти зависимости конкретизируют причинно-следственные связи, выявленные в концептуальной модели, и характеризуют их количественно.

Моделирование — это процесс представления объекта исследований адекватной ему моделью и проведения экспериментов с моделью с целью получения информации об объекте исследования. При моделировании модель выступает и как средство, и как объект исследований. Моделирование является косвенным методом выявления свойств объекта в том смысле, что исследование производится не над самим объектом, а над представляющей объект системой — моделью. Отличительная особенность моделирования как метода исследования заключается в возможности исследования таких объектов, прямой эксперимент с которыми трудновыполним, экономически невыгоден или вообще невозможен.

В настоящее время термин "система" относится к наиболее употребляемым. Это объясняется тем, что за ним стоит развитая методологическая традиция, которая характеризует сложившийся в течение всей интеллектуальной истории человечества, и особенно в последние десятилетия, очень эффективный стиль мышления. Системное мышление — это мышление современного образованного человека. Что оно означает? Углубленный ответ на данный вопрос можно получить, изучив настоящий труд. Если же отвечать обобщенно, то системный стиль мышления, или *системный подход*, представляет собой специфическое содержание, аспект, принцип мышления, при котором категория "система" применяется в качестве метода, инструмента познания.

Термин "системный подход" содержательно отражает группу методов, с помощью которых реальный объект описывается как совокупность

взаимодействующих компонентов. Эти методы развиваются в рамках отдельных научных дисциплин и общенаучных концепций, являются результатом их междисциплинарного синтеза. Использование системного подхода в науке стимулируется также успехом частных системных теорий в других областях знаний, развитием кибернетики и общественных наук.

Системный подход — эффективный способ мыслительной деятельности, обеспечивший значительные открытия в науке, изобретения в технике и достижения в производстве во второй половине XX ст. Это предопределяет постоянное внимание к нему со стороны интеллектуалов. Без владения этим методом невозможны творческая самореализация, профессиональная деятельность. Вместе с тем возрастающая потребность в системном мышлении требует изучения во всех высших учебных заведениях дисциплины (следует сказать «системы дисциплин») "Общая теория систем". Однако сама ОТС недостаточно систематизирована и подготовлена для преподавания.

Данное многотомное учебное пособие представляет собой один из возможных вариантов изложения курса "Общая теория систем". По нашему мнению, в настоящее время наблюдается серьезный кризис образования, который заключается в том, что оно ориентировано на знания, умения и навыки, но не на понимание. Такой подход приемлем для подготовки промышленного рабочего, водителя, летчика, но малоэффективна в обучении инженера, менеджера, экономиста, социолога и т.п., поскольку в этих профессиях важны не просто знания, а их системность и понимание. Скорее всего здесь будет эффективна формула — знание, понимание знания, умение, навыки. Она акцентирует внимание не на том, чтобы знать, а чтобы понимать знание и понимаемое применять. Современное же обучение напоминает хождение вокруг предмета и бесконечное его описание. От этого понимание предмета изменяется очень медленно, а знание остается поверхностным. И жизнедеятельность студента превращается либо в затянувшийся отдых, а с ним и в замедленное интеллектуальное развитие, либо в каторжную работу по запоминанию, на которую толкает рост профессиональной информации. В учебниках и учебных пособиях очень мало внимания уделяется методам науки, особенностям ее исторического аспекта, доминирует ориентация на описательные знания. Отсюда в образовании постоянно обостряется потребность в освоении студентами современных методов. Предлагаемый труд представляет собой попытку создать общую методологию жизненного цикла систем любой природы посредством

применения такого обобщающего метода, как системный подход, который используется в качестве главного достижения общенаучной методологии.

Объектом изучения в настоящем труде выступают системы, а предметом — основные идеи общей теории систем и системного анализа. Мир систем изучается людьми с глубокой древности. Элементы системного мировоззрения возникли уже в античном мире. В течение всей истории развития науки, образования и культуры человечество накопило огромное богатство системных идей, которые разбросаны в различных сферах научного знания. Это знание нуждается в переосмыслении и интеграции.

Системный подход относится к числу немногочисленных, но плодотворных интеллектуальных изобретений человечества, без применения которого немислима успешная профессиональная деятельность практически в любой сфере. Владение системным анализом, системным моделированием и конструированием, системной практической деятельностью — высшая характеристика мыслительной деятельности человека. Немаловажно, что любому специалисту приходится "иметь дело" с систематизацией информации, системными исследованиями, которые можно осуществлять только обладая специальными знаниями, познаниями, умениями и навыками.

1.2. О научных теориях

Выраженные в форме философских утверждений и гипотез или неявно принимаемые предположения о характере структуры реальности и способах ее репрезентации в научном знании являются одним из существенных факторов, участвующих в создании научной теории. На уровне научных гипотез, моделей или теорий эти предположения частично формулируются на специализированном языке, приобретая большую определенность и сопоставимость с опытом. По мере перехода от общих гипотез к развитой научной теории степень определенности элементарных объектов, как правило, возрастает.

Элементарные объекты частной научной теории (модели) или гипотезы служат целям предварительного объединения и обобщения эмпирических факторов и объяснения некоторой группы явлений, предположительного выделения новых, еще неизвестных элементов материи. Развитие науки и общественной практики показывает, насколько было оправдано введение этих объектов. В результате одни из них со временем приобретают статус

эмпирических (атом, ген, позитрон), другие не имеют прямого реального эквивалента, но являются необходимыми объектами удовлетворительной частной модели или более общей теории (центр тяжести, возможно,— фонон или виртуальная частица), третьи в значительной степени теряют свой первоначальный смысл (силовая линия), четвертые вообще изымаются из научного обихода (флогистон, нервная жидкость, эфир). Но и в последнем случае их историческая роль, как правило, бывает в целом положительной, поскольку они, благодаря своей систематизирующей силе, служат орудиями получения нового знания, трамплином к более адекватным теоретическим построениям.

Введение этих объектов осуществляется при помощи аналогии, экстраполирования на неизвестную область определенных онтологических схем, выдвижения математических гипотез, структурного моделирования свойств и т.д. При этом построение гипотез часто бывает связано с поисками не только более фундаментальных, чем известные, форм и видов материи, но и наиболее элементарных в структурном, генетическом и функциональном отношениях материальных фрагментов эмпирически изученной области явлений. Таковы гипотеза организма как «государства клеток» Вирхова, теоретические модели биогеоценозов, геологических элементов, фонем, этносов и пр. Сходная задача поставлена и в физике элементарных частиц, где имеется некоторая надежда найти среди них «истинно элементарные» объекты, составляющие остальные частицы (модель «слившихся» нейтрино де Бройля, «составная» модель Сакаги и пр.),

Научные модели, гипотезы, частные теории служат исходным материалом для более глубокого обобщения организаций знания — развитой научной теории. Этот переход обладает рядом специфических закономерностей, одной из которых служит **тенденция к усилению формализации, устранению противоречий и созданию возможностей для максимально широкого использования дедуктивного вывода.** Наиболее отчетливо она проявляется в физике.

Законченные теории. Любая **теория ставит своей целью объяснить изучаемый круг явлений с некоторой единой точки зрения.** Единый же подход может быть осуществлён только на основе **единой, достаточно стройной и четкой системы понятий.** Поэтому логический аппарат любой теории по необходимости ограничивается определенным набором исходных терминов и правил оперирования ними. Эти **термины и правила** могут быть названы

логическими элементами теории. Комбинации логических элементов приводят к более сложным логическим построениям. Без остановки на каких-то исходных элементах, смысл которых интуитивно ясен и уточняется путем соотношения с другими элементами того же рода в рамках относительно замкнутой системы, никакая теория была бы не возможна. **С содержательной точки зрения логические элементы научных теорий представлены определенным конечным числом независимых понятий и соотношений между ними, принимаемых в качестве законов или принципов.** В этом смысле любая теория строится по логической схеме, воспроизводящей в некоторых наиболее общих чертах исходные элементаристские установки древности. «Бесспорно, — пишет В. Харткопф, — что логическое мышление, и даже не только так называемая классическая логика, но также современная формальная логика оперируют с однозначно установленными, сохраняемыми и четко различаемыми между собой элементами, понятиями или терминами, суждениями или высказываниями. Логика является духовной атомистикой, которая строясь *аксиоматически*, закладывает фундамент для всего здания теоретических наук, которые в своей архитектуре конструируются в точности в соответствии с моделью логики».

На стадии развитой научной теории формулируются фундаментальные законы широкой группы явлений, объединяющие в себе содержание частных законов и позволяющие делать далеко идущие предсказания. Средством построения и функционирования такого рода теорий являются специфические элементарные объекты теории, т. е. те объекты, относительно которых формулируются основные законы теории и относительно которых они выполняются с абсолютной строгостью. Во избежание недоразумений подчеркнем, что мы различаем в данном контексте понятия «элементарного объекта теории» и «теоретического элементарного объекта» вообще (хотя в реальной практике научного познания такое различие зачастую сталкивается со значительными трудностями). Первое понятие относится нами прежде всего к логико-математическому аппарату, специфическим средствам построения и функционирования теории, высказывания о которых имеют вместе с тем форму онтологических утверждений (например: «Возьмем материальную точку, движущуюся со скоростью V », «пусть имеется поле E » и т.п.). В таком случае теоретическое описание сводится к рассмотрению изучаемой области, в плане композиции и

«движения», идеальных элементарных объектов в некотором абстрактном пространстве.

Понятие «теоретический элементарный объект» более широкое.

Оно не обязательно сводится лишь к средствам построения и функционирования фундаментальной теории, а может являться исходным объектом модели, гипотезы, частной теории, физической картины мира, служить способом непосредственного отражения в теории реальных элементарных объектов природы и т. д. Построение такого рода объектов осуществляется с помощью операций абстрагирования, идентификации, математической гипотезы как на базе чувственно воспринимаемых объектов (путем их отождествления, перехода к предельному значению свойства и пр.), так и на основе более строгой и однозначной формулировки уже имеющейся модели или гипотезы. В конечном итоге выделение элементарных объектов теории служит исходной ступенью для последующего синтеза, теоретической реконструкции предметной области. Для осуществления этой реконструкции ***устанавливаются правила перехода от элементарных объектов к сложным.***

Наиболее отчетливо эти две стадии элементаризации фиксированы тогда, когда построение приобретает ярко выраженную дедуктивную форму. Исторически первым примером такой теоретической системы может служить геометрия Евклида, исходящая из ряда элементарных объектов (точки, прямые) и определенных операций, посредством которых из этих элементарных объектов образуются объекты сложные. Творческая активность субъекта на этапе синтеза элементарных объектов теории состоит в возможности не только точного идеального воспроизведения особенностей изучаемой области, но и предсказания новых явлений, будущих событий, описания чувственно недостижимых явлений и т. д. путем различных преобразований в рамках целостной и ограниченной системы исходных понятий, без непосредственного обращения к эмпирическому материалу.

Один из основных путей увеличения теоретического единства знания в естественных науках — усиление «жесткости», «непроизвольности», «упорядоченности» взаимосвязи его элементов. Тожждественность элементарных объектов теории, их **неизменность, бесструктурность и неделимость** обуславливают **единство и устойчивость** фундамента теоретической системы. Установление четких законов и правил композиции элементарных объектов теории обеспечивает единый ход рассуждений, логическую единственность и однозначность выводов. **Чем строже определены элементарные**

объекты теории и правила перехода от них к более сложным образованиям, тем точнее теория, тем выше ее предсказательные возможности, тем больше точность получаемых результатов.

Построение «замкнутой» теории с жестко фиксированными и однозначными элементарными объектами является, как правило, итогом долгого пути научной мысли, связанного с уточнением языка науки, устранением всякого рода неопределенных, лишенных точного смысла утверждений, внедрением математического аппарата и т. п.

К числу таких теорий могут быть отнесены классическая механика, классическая электродинамика, квантовая механика. «Отличительной чертой этих математических теорий, представляющих собой основу производственно-технологического преобразования человеком окружающего мира, — пишет И. А. Акчурин, — является наличие в каждой из них совершенно определенного однозначно характеризуемого элементарного объекта и столь же однозначно определяемого математического пространства, необходимого для задания различных возможных состояний его движений. В классической механике элементарный объект — это материальная точка... Элементарный объект классической электродинамики — вектор напряженности поля в данной точке... В квантовой механике элементарным объектом является «состояние» данной квантовой системы, математически характеризуемое «лучом» в бесконечномерном гильбертовом пространстве».

В данном отношении физика обладает известным преимуществом перед другими описательными и нематематизированными науками, еще только встающими на путь теоретического усовершенствования своего языка, что позволяет ряду авторов рассматривать ее в качестве образца теоретически развитой естественной науки.

«Переход от чисто эмпирического изучения к построению точных теоретических основ,— пишут, например, У. Н. Тимофеев-Ресовский и А. Н. Тюрюканов, — связан в естествознании с выявлением и достаточно строгой формулировкой элементарных структур и процессов в том природном материале, который подлежит исследованию данной дисциплины.... В биологии в связи с комплексностью и большой изменчивостью ее объектов (живых организмов и их сообществ) до сих пор не только не создана теоретическая биология (эквивалентная теоретической физике), но даже не выявлены и с достаточной строгостью не определены элементарные структуры и процессы на разных уровнях организации и изучения жизни в биосфере».

Напротив, в физике имеются логически полные и замкнутые теории, которые, по мнению ряда ученых, уже не могут быть существенно усовершенствованы и не могут быть опровергнуты в пределах своей области приложения, поскольку их понятия организуются в идеальную систему, описывающую выбранный аспект действительности, с максимальной полнотой. «Можно утверждать,— пишет к примеру, В. Гейзенберг,— что механика благодаря ньютоновской теории окончена... Мы... убеждены, что ее предсказания сбудутся также и по прошествии миллионов лет и на отдаленных звездных системах, и мы полагаем, что ньютоновская физика в рамках своих понятий не способна ни к какому улучшению. Но мы отнюдь не вправе утверждать, что с помощью этих понятий могут быть описаны все феномены».

Конечно, **полнота и замкнутость любой теории относительны: строго формализовать всегда удается только часть понятийного аппарата, никогда полностью не устраняются противоречия между частями понятийной системы,** отдельные фундаментальные положения теории приходится брать из опыта или обосновывать другой теорией, в свою очередь нуждающейся в первой и т.д.

Однако основная тенденция к теоретической завершенности по мере развития науки очевидна и требует серьезного изучения. В физике эта тенденция выражается в последовательной цепочке относительно замкнутых теорий, степень общности которых, как правило, возрастает. Поскольку каждая из этих теорий характеризуется своими элементарными объектами, а единая всеохватывающая теория физических явлений не создана (возможно, и не будет создана), встает вопрос об их отношении к объективной реальности.

В истории науки, как уже указывалось, мы действительно имеем примеры ряда **понятий, главная функция которых состоит в упрощении, унификации эмпирических знаний, их предварительной схематизации и систематизации.** Однако в достаточно развитой теории содержание элементарных объектов отнюдь не сводится к обозначению комбинаций чувственных элементов. Так, в неопозитивизме появилось понятие «конструктов», т. е. не просцируемых на чувственную область компонентов научной теории. С этой точки зрения конструктом является даже такой «наглядный» объект механики, как центр тяжести. На заре возникновения механики еще можно было считать, что это реально существующая особая точка в теле, подвешивание за которую сохраняет фигуру в равновесии. Но в дальнейшем было показано, что это только **воображаемая точка,** поскольку она может находиться и вне фигуры.

В соответствии со своими исходными посылками позитивизм видит в создании конструктов только еще больший отход мышления от реальности.

На инструментальном характере теоретических объектов настаивал, в частности, Р. Карнап, считая, впрочем, что различия между «инструментализмом» и «реализмом» не существенны. «... Конфликт между двумя подходами,—писал он,— в сущности, является лингвистическим. Весь вопрос в том, какой способ речи предпочитают при данной совокупности обстоятельств. Сказать, что теория есть надежный инструмент, — то есть утверждать, что предсказания наблюдаемых событий, которые она дает, будут подтверждаться на опыте, — в сущности, означает то же самое, что сказать — теория истинна и что о теоретических, ненаблюдаемых объектах она говорит как о существующих». Вопрос, однако, не в том, какова форма высказываний теории, не в том, как «теория говорит», а в том, насколько этот «способ говорения» **соответствует действительности**. В литературе также можно встретить высказывания, которые можно понять как признание чисто фиктивного, лишь «орудийного» характера элементарных объектов физических теорий. Так, В. М. Гительсон, указав на то, что именно с замены реального объекта на идеальный и начинается физическая теория, подчеркивает, однако, что «сам идеальный объект — чистое создание нашего ума». По мнению И. С. Алексеева, не следует искать «онтологических коррелятов» таких «символов подсистемы искусственного языка», как материальная точка в классической механике, векторы E и H в электродинамике, Ψ -функция в квантовой механике, поскольку **«основной задачей теории является объединение, объяснение и предсказание новых эмпирических знаний — вне зависимости от средств, которыми эта задача решается»**. Но раз в задачу теории входит объяснение известных и предсказание новых явлений, то такая теория должна иметь **больше информации, чем ее содержится в данном эмпирическом материале**. Она должна включать в себя знания о более глубокой сущности явлений и о неизвестных еще формах проявления этой сущности.

Где же еще могут концентрироваться эти знания, как не в основных законах теории, призванных отражать объективные законы природы? Возможность единой теории, как и более широкая абстрактная вероятность создания единой науки, не противоречит принципу неисчерпаемости, если не считать, что с их созданием познание полностью завершится. Но последнее не следует даже из наиболее радикальной из имеющихся редукционистской концепции.

Согласно этой концепции развитие науки ведет, во-первых, ко все увеличивающейся дифференциации на множество наук, а с другой стороны, к одной объединяющей фундаментальной науке, которой оказывается, по нашему мнению, общая теория познания и созидания. Для построения начал такой науки требуется, прежде всего унифицировать пять имеющихся фундаментальных физических теорий (законченных или близких к завершению) — квантовую теорию, статистическую термодинамику, теорию относительности, теорию элементарных частиц и космологию. Эту цель предполагается достичь за счет специфической аксиоматической формулировки например, квантовой теории, позволяющей вывести из ее принципов положения всех остальных теорий.

Для того чтобы иметь уверенность, что мы имеем дело действительно с «последней» теорией познания и созидания, она должна формулировать все условия возможности опыта, которые лишь частично выявлялись прежними теориями. Другими словами, выдвигается гипотеза, что тот, кто имеет достаточные мыслительные возможности, чтобы проанализировать, при каких условиях вообще возможен опыт, тот должен быть в состоянии показать, что из этих условий следуют уже все общие законы природы. Так выведенная теория познания и созидания и была бы предполагаемой единой теорией познания и созидания. Теория познания и созидания наиболее приближается к формулировке таких условий, поскольку она совместима с логикой временных высказываний, а время — первая предпосылка всякого опыта. Совершенствование логики высказываний с помощью математической теории позволяет аксиоматически построить теорию познания и созидания, которую можно рассматривать как теорию изменения (поведения) любого объекта.

В распоряжении человечества нет более значимого аппарата познания, чем проверяемые в ходе человеческой практики научные понятия и теории. Поэтому только в развитии науки с ее элементарными объектами можно видеть залог все более полного и адекватного постижения неисчерпаемого мира.

1.3. Основные характеристики системности

Начиная осваивать идеи теории систем, сразу приходится сталкиваться с проблемой изначальной неопределенности в понятиях. Довольно часто в литературе используются такие понятия, как "системный подход", "теория систем", "системный анализ", "принцип системности"

и др. При этом их не всегда различают и часто применяют как синонимы.

По нашему мнению, наиболее общим понятием, которое обозначает все возможные проявления систем, является "системность". Причем в этом термине заключается два смысла. Первый составляет отождествление системности с объективным, независимым от человека свойством действительности. Такое понимание делает ее объективно-диалектическим свойством всего сущего. Другой под системностью подразумевает накопленные людьми представления о самом свойстве, т.е. она представляет собой общую теорию познания, определенные знания о системах различной природы.

Общетеоретическая системность познания — довольно сложное и многообразное явление, проявляющаяся в четырех аспектах: **в системном подходе, в системном объекте, в системном методе, в системной теории.**

1. В системном подходе как принципе познавательной и практической деятельности людей.

Термин "подход" означает совокупность приемов, способов воздействия на кого-нибудь либо на что-нибудь, в изучении и создании чего-нибудь, ведении дела и т. д. В этом смысле подход — скорее это не детальный алгоритм действия человека, а **множество некоторых обобщенных правил**. Это лишь подступ к делу, но не модель самого дела. Поэтому системный подход можно рассматривать как принцип деятельности. Ведь под принципом понимается **наиболее общее правило деятельности, которое обеспечивает его правильность, но не гарантирует однозначность и успех**. Системный подход следует рассматривать как некоторый методологический подход человека к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов. Это по сути дела системный образец, системное мировоззрение. Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее — с позиций его системного устройства.

3. Системный подход состоит в том, что любой более или менее сложный объект рассматривается в качестве относительно самостоятельной системы со своими особенностями функционирования и развития. Основываясь на идеях целостности и относительной независимости объектов, находящихся в целостном мире, принцип системности предполагает представление исследуемого объекта как некоторой системы, характеризующейся:

- функциями элементов и целого;
- элементарным составом;
- структурой, как формой взаимосвязи элементов;
- единством внешней формы;
- единством внутренней и внешней среды системы;
- единством внутренней и внешней организации системы;
- законами управления системой и ее составляющими;
- законами развития, модернизации, гибели и утилизации системы и ее составляющих.

Как пишет А. Н. Аверьянов, системное познание и преобразование мира предполагают:

- рассмотрение объекта деятельности (теоретической и практической) как системы, т.е. как ограниченного множества взаимодействующих элементов;
- установление состава, структуры и организации элементов и частей системы, обнаружение ведущих взаимодействий между ними; выявление внешних связей системы, выделение главных;
- определение функций системы и ее роли среди других систем;
- анализ структуры и функций системы;
- обнаружение на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

Принцип системного познания представляет собой дальнейшее раскрытие и обогащение таких всеобщих принципов, как всеобщая связь и взаимодействие, развитие и др.

3. В общей теории систем (системной теории), или научном знании о системах, которое характеризуется своими общенаучными возможностями.

Общая теория систем призвана объяснять происхождение, устройство, функционирование, развитие и гибель систем различной природы. Это — не просто мировоззрение, а строгое научное знание о мире систем.

4. В системном методе и его разрешающих способностях.

Системный метод выступает как некоторая **интегральная совокупность** относительно **простых методов и приемов познания**, а также преобразования действительности.

Составляющие системности реализуют специфические функции. Так, системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции, обеспечивает не только видение мира, но и ориентацию в нем.

Системный метод реализует познавательную и методологическую функции, а системная теория — объясняющую и

систематизирующую. Таким образом, **системность** выступает в качестве **инструмента познавательной деятельности, значительного арсенала конкретных методов познания всего сущего. Системная теория как знание о системах накапливает их, приводит в порядок и использует для объяснения систем различной природы.**

Развитие аспектов системности особенно интенсивно началось со второй половины XX ст. Значительную роль в этом сыграла научно-техническая революция. Многообразные и кардинальные открытия в области науки в значительной степени были вызваны системным мировоззрением и широким применением системного анализа. Последовавшая за научной технической революция также была обусловлена системным подходом в создании технических нововведений. Наконец, успехи производства также обусловлены системностью.

Можно констатировать, что XX в. был не только веком покорения атома и создания компьютера. Одним из главных его достижение — **создание системного мировоззрения, системного метода получения знаний**, которые в конечном итоге предопределили и мирное использование атомной энергии, и появление компьютера, и еще сотни тысяч достижений в области науки, техники, производства, политики и культуры.

Ниже мы остановимся на ряде аспектов системного подхода. Мы покажем также, как системный подход, имеющий практическое значение, связан с ОТС, являющейся его теоретической основой. Мы опишем основные свойства систем и области их применения. Сопоставим аналитико-механистический подход с системным подходом. Проведенное сравнение показывает, что в таких областях знания, как биология, бихевиористская психология и социология, а также в связанных с ними дисциплинах нельзя ограничиться аналитико-механистическим подходом. Это и послужило причиной возникновения ОТС, которая стала для вышеперечисленных дисциплин концептуальной и научной основой. Более подробно на ОТС мы остановимся в последующих разделах настоящей работы.

Аспекты системного подхода

Системный подход может быть рассмотрен как методология созидания, общая концептуальная основа, новый научный метод, метод анализа организаций, системное управление, метод, связанный с системным проектированием, исследованием операций,

экономической оценкой и т.д., и как прикладная ОТС. **Системный подход как методология созидания.** Директорам, государственным и политическим деятелям, служащим, занимающим руководящие посты в сфере торговли, промышленности, образования, в управленческом аппарате хорошо известно, насколько трудно выбрать такое направление деятельности, следуя которому можно было бы разрешить встающие перед ними проблемы. Эти лица испытывают большие трудности оттого, что вынуждены изучать все стороны интересующей их проблемы и из всех возможных точек зрения выбрать только одну. Принятые ими решения, пусть и не очень значительные, оказывают определенное влияние на одну или несколько систем, где под системой мы понимаем не только структуру объекта, но и его функционирование, а также каждый его элемент в отдельности. Внутри одних систем существуют другие системы. Например, рабочая сила является составным элементом такой системы, как производственное предприятие, которое, в свою очередь, может быть включено в производственную систему отрасли и т. д. Поскольку изменения в некоторых системах могут повлиять на ход развития других систем, то лицо, принимающее решение (ЛПР), должно учитывать такое влияние. Системный подход является общенаучной методологией, которая ориентирует в исследовании возникающих при этом вариантов. Термин «созидание» используется не случайно: системы должны быть созданы с определенной целью, а не предоставлены самим себе. **Системный подход как общая концептуальная основа** Системы, взятые из самых различных областей, имеют много общих свойств.

Свойства и структуры. Одной из задач системного подхода, а также обусловившей его появление ОТС является нахождение подобных структур, свойств и явлений, относящихся к системам из различных областей. Это позволяет «повысить уровень общности законов», сфера действия которых ограничена. Подобие (на языке ОТС «изоморфизм») в данном случае не совпадает с полной аналогией. При системном подходе обобщения проводятся с учетом способа организации системы, средств получения, хранения, обработки и выдачи информации системами, а также с учетом способа их функционирования, т. е. поведения или реагирования и приспособления к различным сигналам из внешней среды [1]. Уровень общности может быть повышен, если использовать общие обозначения и общую терминологию аналогично тому, как системное мышление применяется к внешне не связанным друг с другом областям.

Например, математика служит как бы мостом между другими науками. Абстракция ее символического языка приводит к важным приложениям. По мнению Эмери, не следует преждевременно стремиться создать «общую концептуальную основу», чтобы позволить превалировать многообразие мысли в процессе формирования новой дисциплины. Акофф, напротив, стремится ввести понятие системы систем. На наш взгляд, на многообразие и широту мысли не могут повлиять попытки создания таких систем, которыми мы могли бы оперировать.

Методы решения и модели. Повышения уровня общности можно также достичь нахождением областей, в которых одни и те же модели описывают то, что внешне представляется не связанными между собой явлениями. Например, понятие цепей Маркова — статистического аппарата для определения вероятностей последовательных событий — может быть использовано для описания: а) различных неисправностей и поломок машины на предмет ее обслуживания; б) различных правонарушений; в) очередей в магазине самообслуживания. Следует отметить, что общие методы в отличие от частных обладают меньшими возможностями (этот вопрос подробно обсуждается в других разделах настоящей работы). Когда мы расширяем область использования метода, необходимо сохранить его «возможности». Одной из задач системного подхода является нахождение взаимосвязей между методами решения, что позволяет расширить сферу их приложения и облегчить понимание новых явлений. Всякий раз, когда это возможно, **мы должны отказываться от специализации и разделения. Нам бы хотелось обобщить знания, которыми мы уже овладели, и распространить их на другие дисциплины и другие проблемы.**

Дилеммы и парадоксы. Как и другие научные подходы, системный подход не лишен методологических проблем, не имеющих удовлетворительного решения. В процессе применения системного подхода обнаруживаются проблемы дуализма, или двойственности.

Простота против сложности. Будучи не в силах справиться со сложными и трудными проблемами, мы пытаемся заменить их более легкими. После такого упрощения решения могут потерять свою реальную основу. Так появляются трудности, возникающие, с одной стороны, из-за невозможности решить сложные проблемы, а с другой — из-за непригодности решений, полученных при использовании упрощенных моделей.

Оптимизация и субоптимизация. Как правило, мы в состоянии оптимизировать только замкнутые системы, например модели, для которых известны все допущения и граничные условия. В реальной

жизни системы таковыми не являются и оптимизации подлежат в лучшем случае лишь некоторые из их подсистем. Кроме того, оптимизация подсистем не означает оптимизации всей системы, и, наоборот, оптимизация всей системы (если ее можно достичь) не гарантирует оптимизации каждой из ее подсистем.

Идеализация и реальность. Мы никогда не сможем достичь оптимума в смысле экстремума, т. е. идеального решения. Поэтому следует определить более реалистичные варианты оптимального решения для случая, когда оно существует.

Инкрементализм против новаторства. Когда мы не способны найти качественно новых методов решения проблемы, то руководствуемся известными нам методами (инкрементализм) и улучшаем существующие системы, анализируя действие их отдельных компонентов (улучшение систем). Такой подход не принесет желаемых результатов при решении проблемы, которая требует анализа всей системы в целом.

Политика и наука, связь с окружающей действительностью и нейтральная позиция. Нам предстоит решить, должна ли наука оставаться чисто теоретической, оторванной от жизни, или же она должна также носить прикладной характер и, кроме того, нести ответственность за последствия своих результатов.

Договоренность и согласие. Все лица, связанные с планированием систем, должны участвовать в принятии решений и выполнять эти решения. Для этого необходима согласованность действий, которой трудно достичь, если быть приверженцами индивидуализма и независимости.

Перечисленные дилеммы являются общими для проблем, связанных с системным анализом, и возникают при попытке применить системный подход для решения конкретных задач. Поэтому мы полагаем, что до тех пор, пока такие дилеммы не будут разрешены, нам не удастся разработать единый аппарат для исследования системы в целом.

Проблема дуализма свойственна не только общественным наукам. Для объяснения физических явлений мы используем как электромагнитную теорию, так и квантовую теорию света. В механике мы принимаем определенные соотношения между силой, массой и ускорением при скоростях, меньших скорости света, но связываем массу с энергией при скоростях, равных скорости света. Обе теории являются приемлемыми. С одной стороны, есть основания полагать, что дуализм характерен для общественных наук и что в мире все

противоречиво. Например, человек обладает и хорошими, и плохими качествами. С другой стороны, двойственность может быть присуща лишь переходу к однозначности, которая достигается при более глубоком познании мира. В последнем случае может превалировать одно-единственное системное решение.

Системный подход как научный метод

По мере знакомства с настоящей работой становится все более очевидным, что методы научной парадигмы, с помощью которых был достигнут большой прогресс в физике, неприменимы к живым системам. Мир состоит из неживых и живых систем. Эти два вида систем обладают множеством свойств, и соответствующие признаки этих систем настолько различны, что применение в обоих случаях одних и тех же методов приводит к серьезным недоразумениям и ошибкам. Научный метод, позволивший нам раскрыть физическую природу, должен быть дополнен новыми методами, которые объяснили бы явления в живых системах. Системный подход и вызвавшая его появление ОТС стимулируют развитие системной парадигмы — такого метода, который имеет дело с такими процессами, как жизнь, смерть, рождение, развитие, адаптация, познание, причинность и взаимодействие. Этот метод мышления, который применим в таких областях, как биология и бихевиористская психология, создается с помощью системного подхода. Последний нуждается в качественно новом рациональном мышлении, которое дополнит парадигму традиционного научного метода и приведет к созданию новых подходов к измерению, объяснению, доказательству и проверке. Кроме того, системный подход обеспечит нас новыми способами решения проблем для случаев, когда мы имеем дело с так называемыми неустойчивыми понятиями, такими, как ценности, суждения, убеждения и чувства.

Системный подход как метод анализа организации систем

Системный подход используется при исследовании организации систем, которые обладают определенной целью и созданы человеком для удовлетворения его потребностей. Системный подход как новый

метод анализа организаций является дополнением ранее разработанных методов. Системный подход дает возможность соединить анализ системы с позиций бихевиоризма и механики и рассматривать организацию как единое целое с целью достижения наибольшей эффективности всей системы, несмотря на наличие у ее компонентов противоречивых стремлений. Такое объединение требует рассмотрения новых форм организаций, например таких, как в упомянутом выше исследовании «Управление проектом», где горизонтальные структуры накладываются на обычные вертикальные линии органов. Системная теория организаций должна рассматривать организацию как систему, действие которой описывается в таких системных терминах, как «кибернетика», «открытые и замкнутые циклы», «саморегулирование», «равновесие», «рост» и «устойчивость», «воспроизводство» и «распад» и др. Системный подход дополняет другие подходы, используемые в теории организаций и управления.

Системный подход как системное управление

Крупные организации, такие, как международные корпорации, военные организации, а также многочисленные федеральные и штатные органы, сталкиваются с проблемами, широта и взаимосвязь которых требуют комплексного подхода. Эти организации должны иметь возможность «эффективно планировать и внедрять технологию, а также управлять ею». Для решения своих проблем они должны использовать системный подход и системную парадигму, которая предполагает при решении сложных задач организации использование системных функций, описанных в данной работе. В каждой конкретной ситуации необходимо учитывать назначение и структуру организации, рассматриваемой как единое целое; и руководитель организации стремится к повышению общей эффективности организации (системное созидание), а не к локальной оптимизации с ограниченными последствиями (улучшение ее подсистем). Таким образом, весь круг проблем и положений данной работы может быть использован при разработке комплексного подхода к задачам о размещении, возникающим на предприятиях со сложной технологией. Таким образом, системный подход и системное управление могут быть рассмотрены как один и тот же «метод мышления» с общей методологией, основанной на одних и тех же принципах.

Системный подход и связанные с ним методы

На наш взгляд, существует различие между тем, что иногда называют системным анализом, и тем, что мы здесь определяем как системный подход. Много работ по системному анализу посвящено изучению проблем, связанных с административными информационными системами, системами обработки данных, коммерческими системами и др.

Как показано в настоящей работе, системный подход является весьма общим методом и не затрагивает систем особого вида. Некоторые положения системного подхода лишь подчеркивают его методологический характер. Наше изложение системного подхода имеет целью обсудить как концептуальную и философскую основы этой теории, так и сущность ее методов. Методология Чекланда, названная прикладным системным анализом, более близка к нашей прикладной ОТС, чем это может казаться, если судить по названию. Методы системного проектирования и экономической оценки также близки к системному подходу. Все они имеют общую основу, а соответствующая литература тесно связана с литературой по системному анализу. Нельзя не заметить также связи системного подхода с исследованием операций и наукой о методах управления. Многие научные работы этих областей знания могут быть рассмотрены с позиций ОТС. Эти три дисциплины все еще пребывают в состоянии постоянного изменения. Они имеют общую основу и общие цели. Возможно, со временем они войдут в состав новой области знания, основой для которой будет являться одна из вышеперечисленных дисциплин или вообще какой-то новый предмет. Именно в таком направлении сейчас развивается ОТС.

Системный подход как прикладная общая теория систем

Системный подход воплощает в себе принципы ОТС. Как отмечается в гл. 3, ОТС является новой дисциплиной, возникшей в 1954 г. Общая теория систем становится по степени общности такой же наукой, как математика и философия. ОТС обеспечивает

трансформацию системного подхода в конкретные системные исследования. Она исследует также концепции, методы и сам процесс познания, осуществляя метаанализ системного мышления. В данной работе термины «системный подход» и «ОТС» используются как синонимы.

Систематика наук и систем

Свойства систем и их области существования могут быть исследованы с позиции таксономии. При этом ОТС рассматривается как общая наука наряду с математикой и философией. Специальные науки образуют следующий ряд. Они включают науки о неживой природе: физику, химию, науки о Земле. Эти науки связаны с системами, которые Боулдинг описывает с помощью таких понятий, как «остовы», «часовые механизмы» и «термостаты». Согласно его теории, «остовы» образуют статические структуры, «часовые механизмы» являются простыми динамическими системами «с заданным движением», а «термостаты» — «управляющими механизмами, или кибернетическими системами». Науки о живой природе — биология, в частности зоология и ботаника, — изучают открытые системы, или «самоорганизующиеся структуры», такие, как клетки, растения и животные. Следующие две группы образованы науками о поведении (антропологией, науками о государстве и праве, социологией) и общественными науками, включающими в себя экономику, педагогику, науку о методах управления и т. д. Для этих дисциплин характерно рассмотрение отдельного человека как системы и, кроме того, изучение социальных систем и социальных организаций. Ниже, при описании понятия иерархии, мы рассмотрим классификацию систем, предложенную Боулдингом. В дальнейшем мы также подробно обсудим причины разделения общей теории систем на теорию «жестких» и теорию «мягких» систем, а также свойства систем.

Мы не считаем, что представленная здесь систематика наук и систем является завершенной. Многие новые науки, например бионика, не могут быть полностью включены ни в один из указанных классов. Наша схема является только средством, помогающим определить степень широты системного мышления во всей совокупности знаний. Более высокое относительное расположение на схеме ОТС не означает, что она более важна, чем специальные науки. Относительное расположение наук характеризует лишь ту роль, которую они играют в этой совокупности, а также различия между типами соответствующих им систем. Подробно на этих различиях мы

остановимся ниже, когда продолжим изучение свойств и областей существования систем.

Области существования и свойства систем

Свойства систем различаются в зависимости от области существования этих систем. Области существования можно классифицировать, исходя из следующих возможных условий: являются системы живыми или неживыми, абстрактными или конкретными, открытыми или замкнутыми; обладают высокой или низкой степенью энтропии, или неопределенности; являются системы простыми организованными, сложными неорганизованными или сложными организованными; являются ли они целенаправленными; существует ли в них обратная связь; иерархически упорядочены системы или нет; являются ли они организациями. Свойства области существования системы и накладываемые на нее ограничения определяют научный подход и методологию, которые должны быть использованы при изучении системы.

Живые и неживые системы

Системы могут быть классифицированы в зависимости от того, какими они являются—живыми или неживыми. **Живыми называются системы, обладающие биологическими функциями, такими, как рождение, смерть и воспроизводство.** Иногда понятия «рождение» и «смерть» связывают с неживыми системами при описании процессов, которые как бы похожи на жизненные, но не характеризуют жизнь в ее биологическом смысле.

Абстрактные и конкретные системы

По определению Акоффа, «система называется **абстрактной**, если ее **элементы являются понятиями**. Систему относят к **конкретным**, если по крайней мере **два ее элемента являются объектами**»[7]. Нам бы хотелось дополнить эти определения, назвав систему **конкретной**, если ее элементы являются **либо объектами, либо субъектами, либо и теми и другими**. Это не лишает общности определение Акоффа. Все абстрактные системы являются неживыми, в то время как конкретные системы могут быть и живыми, и неживыми. Физика изучает структуру вещества. Ее законы распространяются на

частицы и тела, которые мы можем видеть и осязать. Вышесказанное не относится к микрочастицам. Физики-атомщики могут наблюдать за ними лишь косвенно, отслеживая траекторию движения частиц, находящихся в электромагнитном поле, на экране пузырьковой камеры. В данном случае не очевидно, что мы имеем дело с конкретным предметом. Здесь мы находимся на границе с абстрактным.

Науки о неживой природе нельзя отделять от остальных наук, мотивируя это тем, что первые имеют отношение исключительно к конкретным системам. Системы, изучаемые науками о неживой природе, и области их существования являются реальными в такой же степени, в какой они связаны с науками о живой природе и общественными науками. Таким образом, конкретность не является специфической особенностью областей существования систем неживой природы.

Одним из методов научного познания является метод абстрагирования (введения, исключения, преобразования и интерпретации абстрактных понятий). Абстрактные системы используются во всех областях знания. Например, математические модели мы строим как в физике, так и в антропологии, экономике и т. д. Использование математических моделей общей теорией систем и ее тенденция к обобщению объясняют расположение этой науки в систематике наук, охватывающей все области знаний.

Открытые и замкнутые системы

Деление систем на открытые и замкнутые является важным основанием классификации систем. Читатель, безусловно, помнит, что понятие «внешняя среда» было введено для того, чтобы определить те системы, которые не относятся непосредственным образом к исследуемым проблемам. **Система является замкнутой, если у нее нет окружающей среды, т. е. внешних контактирующих с ней систем.** К замкнутым относятся и те системы, на которые внешние системы не оказывают существенного влияния. **Система называется открытой, если существуют другие, связанные с ней системы, которые оказывают на нее воздействие и на которые она тоже влияет.** Как будет показано ниже, различие между открытыми и замкнутыми системами является основным моментом в понимании фундаментальных принципов ОТС. Всякая попытка рассмотрения открытых систем как замкнутых, когда внешняя среда не принимается во внимание, таит в себе большую опасность, которую необходимо

полностью осознать. **Все живые системы — открытые системы.** Неживые системы являются относительно замкнутыми; наличие обратной связи наделяет их некоторыми неполными свойствами живых систем, **связанными с состоянием равновесия.** **Замкнутые системы развиваются в направлении достижения устойчивого состояния равновесия,** которое зависит только от начальных условий системы. Если изменяются начальные условия, то изменится и конечное устойчивое состояние. В соответствии со вторым законом термодинамики **система развивается в направлении к максимуму энтропии** (понятие «энтропии» вводится в следующем разделе). **В открытых системах одно и то же конечное состояние может быть достигнуто при различных начальных условиях благодаря взаимодействию с внешней средой. Это свойство называется эквифинальностью.** Неживые системы с соответствующей обратной связью будут стремиться к состоянию равновесия, которое зависит не столько от начальных условий, сколько от внешних воздействий на систему. Движение к этому конечному состоянию придает неживой системе некоторую видимость **целенаправленного поведения, присущего только живым системам.** Поэтому вследствие действия механизма обратной связи неживые системы «проявляют себя как системы, обладающие свойством эквифинальности» и, кроме того, «обладают некоторыми свойствами живых систем, поскольку последние являются открытыми».

Энтропия, неопределенность и информация

Энтропией называется степень неупорядоченности. В термодинамике, откуда заимствовано это понятие, энтропия связывается с вероятностью возникновения определенного расположения молекул. В кибернетике и ОТС энтропия означает **величину разнообразия системы,** где под разнообразием понимается степень неопределенности, возникающей при выборе из большого числа всевозможных вариантов. **Энтропия, неопределенность и неупорядоченность являются взаимосвязанными понятиями.** Термин дуализм, или двойственность, мы используем для того, чтобы показать широкий диапазон значений, которые переменные принимают в соответствующих областях, заключенных между двумя экстремумами. Системы обладают высокой или низкой энтропией (разнообразием, неопределенностью, неупорядоченностью). **Для уменьшения энтропии необходимо уменьшить существующую**

неопределенность, что достигается путем получения информации. Информация, согласно теории информации, характеризуется специальной величиной, связанной с числом возможных вариантов выбора в системе. Поясним это простым примером. Если мы имеем дело с выборкой при восьми допустимых вариантах, то несложные вычисления показывают, что энтропия, или существующая неопределенность, равна 3 бит. После четырех выборок неопределенность уменьшится до 2 бит. Две следующие выборки уменьшат неопределенность до двух возможных вариантов, а энтропию — до 1 бит. **В последнем случае, когда существуют два допустимых варианта, проведение одной выборки исключает неопределенность и сводит энтропию к нулю.** Количество получаемой информации равно величине, на которую уменьшилась энтропия. Для исключения неопределенности в случае восьми возможных исходов требуется 3 бит информации. Винером и Шенноном была установлена эквивалентность энтропии (неопределенности) и количества информации с точки зрения теории информации. Эти понятия занимают центральное место в ОТС, подобно тому как понятия силы и энергии — в классической физике.

Понятия энтропии и количества информации можно использовать для того, чтобы дать характеристику живым и неживым системам. Неживые системы (рассматриваемые обычно как замкнутые) имеют тенденцию развиваться по направлению к состоянию максимальной неупорядоченности и энтропии. Отличительной чертой живых (а значит, открытых) систем является их сопротивляемость процессу разупорядочения и их развитие по направлению к состояниям более высокой организации. Общая теория систем объясняет эти тенденции, основываясь на следующих фактах:

- а) обработка информации приводит к соответствующему уменьшению положительной энтропии;
- б) получение энергии из внешней среды (увеличение отрицательной энтропии) противодействует ослабевающим тенденциям неотвратимого естественного процесса (увеличению положительной энтропии).

Простые и сложные организованные и сложные неорганизованные системы

Живые системы являются сложными организованными, в то время

как неживые системы проявляют свойства либо простых организованных, либо сложных неорганизованных систем. Согласно теории Рапопорта и Хорвата, которые внесли ясность в понимание данного вопроса, простые организованные системы образованы последовательным соединением компонентов, действия которых заданы «линейно-временной последовательностью, так что каждое действие зависит от предыдущего... В цепочке причинных связей не должно содержаться замкнутых циклов». Сложность в данном типе систем определяется главным образом характером взаимодействий, которые следует учитывать при числе компонентов, большем трех. В противоположность простым организованным системам известны хаотичные, или неорганизованные, сложные системы. Например, поведение газа определяется случайным взаимодействием огромного, но конечного числа молекул. Суммарный результат такого взаимодействия определяется с помощью законов статистической механики и теории вероятностей. Свойства сложных неорганизованных систем описываются параметрами вероятностного распределения на бесконечном множестве событий. Поведение живых систем не может быть объяснено ни законами динамики, основанными на изучении общих свойств компонентов системы, ни вероятностным результатом бесконечного числа взаимодействий, как это имеет место в отношении соответственно простых организованных и сложных неорганизованных систем. Живые системы обычно проявляют признак так называемых сложных организованных систем. Указанный тип систем обладает следующими свойствами:

1. В отличие от сложных неорганизованных систем, где число компонентов может быть бесконечным, данные системы состоят из конечного числа компонентов.
2. Деление системы на составные части можно осуществлять до тех пор, пока вся система не распадется на «неделимые целые», или «неделимые единицы».
3. Наряду со свойствами, обусловленными составными частями системы, последняя обладает своими собственными свойствами. **Вся система есть нечто большее, нежели просто сумма ее частей.**

Цель и целенаправленное поведение

Как известно, телеология является идеалистическим философским учением, которое дает описание и истолкование законов Вселенной с

позиций «конечных причин» (целей), которые могут относиться к весьма далекому будущему. Телеологический взгляд на Вселенную подвергся сомнению тогда, когда механистические концепции в физике и связанных с ней областях позволили дать объяснение законам движения на основе предшествующих причин более успешно, чем на основе будущих — «конечных причин». Телеология, которая уравнивает конечную цель с причиной, была отвергнута не только по отношению к живым организмам, но и к неживым телам. Было показано, например, что основной принцип телеологии противоречит понятию времени, поскольку это учение утверждает, что происходящие в живых организмах явления больше зависят от будущего, чем от прошлого. Жизнь можно рассматривать как физический процесс. Она единоподнаправлена и обуславливается некой причиной. Положение о том, что жизнь определяется и управляется «конечной целью», которая якобы появится в будущем, противоречит понятию одноподнаправленного течения времени. «Когда мы сажаем семя, для того чтобы вырастить дерево, то руководствуемся своим настоящим представлением о свойствах семени, посредством чего мы мысленно воображаем его будущее существование». Телеология подверглась сомнению во времена Галилея и Ньютона, когда господствовали механистические взгляды на Вселенную. Несмотря на длительное существование, эти взгляды и теории были неспособны объяснить многие феномены, особенно биологические функции и явления, происходящие в сложных организованных системах. Кибернетика и ОТС смогли преодолеть существовавший веками телеологический мистицизм и сделать понятие цели научно приемлемым и аналитически полезным. Кибернетика заново ввела понятие целевого (телеологического) объяснения в науку. Оно имеет более узкий и лишенный телеологического толкования смысл, отличающийся от того, какой известен до Галилея и Ньютона.

Выделяют три типа поведения: целенаправленное, нецеленаправленное и управляемое.

Целенаправленное и управляемое поведение направлено на достижение цели, определенного состояния. Понятие цели, к достижению которой стремятся системы, более непосредственно объясняет результат их действия, чем признанные несостоятельными телеологические понятия. Нецеленаправленным является такое поведение, которое не преследует достижения какой-либо цели. Критериями различия между целенаправленным и нецеленаправленным поведением могут служить следующие

положения.

1. Если имеет место целенаправленное поведение, то соответствующий объект должен быть частью системы.

2. Целенаправленное поведение должно преследовать некоторую цель.

3. При целенаправленном поведении между системой и внешней средой должно осуществляться взаимодействие.

4. Поведение должно быть связано с внешней средой, откуда поступают сигналы, указывающие на то, способствует ли выбранное поведение достижению цели.

5. Целенаправленные системы всегда должны производить выбор из нескольких возможных направлений деятельности.

6. От выбора поведения должен зависеть конечный результат.

7. Необходимо отличать достаточные условия от необходимых.

Достаточные условия дают нам возможность предсказывать событие, в то время как посредством необходимых условий мы находим характеристики элементов, участвующих в осуществлении этого события. Первые связаны с физикой и причинно-следственным и отношениями, тогда как последние имеют более непосредственное отношение к биологии и общественным наукам, а также к взаимосвязи между производителем и результатом.

Что касается различия между целенаправленным и управляемым поведением, то здесь можно отметить следующее:

1. Управляемое поведение свойственно техническим системам, «способным удовлетворять потребности человека, но не имеющим своих собственных целей».

2. Целенаправленное поведение свойственно «системам, которые способны сами принимать решения» (примером такого поведения является деятельность человека).

Обратная связь

Мы видели, что посредством регулирующего режима и управляющего механизма неживые системы с обратной связью могут быть организованы таким образом, чтобы их развитие протекало в направлении, обеспечивающем определенный выходной сигнал. Управляющий механизм основан на принципе подачи выходного сигнала обратно на вход. Существует положительная и отрицательная обратная связь. В первом случае соотношение между входным и выходным сигналами таково, что с увеличением входного сигнала увеличивается и выходной сигнал. Во втором случае при увеличении

входного сигнала происходит уменьшение выходного сигнала. Положительная обратная связь обычно приводит к неустойчивым состояниям системы, тогда как отрицательная обратная связь позволяет обеспечить устойчивое управление системой. Условия устойчивого и неустойчивого управления посредством положительной и отрицательной обратной связи получены математически и лежат в основе теории автоматического управления большими системами. Практическое применение принципов обратной связи в управлении живыми системами не является столь же простым делом, как в управлении неживыми системами. Полный анализ этих проблем проводится при рассмотрении понятий управления. Сейчас мы только отметим ту важную роль, которую понятие управления играет в теории систем. Социолога интересуют главным образом организмы, или живые системы, т. е. системы, которые являются целенаправленными в узком смысле, определенном в предыдущем разделе. Он исследует проблему, как направлять такие системы по пути достижения своих целей и на основании каких, принципов можно управлять их развитием. Можно попытаться перенести принципы управления и понятия сервомеханизмов на живые системы, однако их практическое применение является более сложным делом, поскольку понятия входа и выхода для живых систем определены не так четко, как это было сделано для неживых систем. Несмотря на указанные трудности, такие попытки приносят наибольшую пользу в деле улучшения работы систем, обслуживающих человека. Мы должны найти принципы и методику, способствующие общественному прогрессу и развитию общества в целях достижения поставленных им задач.

Иерархия систем

Понятие иерархии является немаловажным и может быть использовано в том случае, когда мы хотим упорядочить системы в соответствии с различными критериями, один из которых должен учитывать степень сложности функций компонентов системы. Боулдиинг предлагает следующие уровни иерархии систем.

1. Неживые системы
 - 1.1. Статические структуры, называемые остовами.
 - 1.2. Простые динамические структуры с заданным движением, присущие окружающему нас физическому миру. Эти системы называются часовыми механизмами.

- 1.3. Кибернетические системы с управляемыми циклами обратной связи, называемые термостатами.
2. Живые системы
- 2.1. Открытые системы с самосохраняемой структурой. Уровень клеток— это первая ступень, на которой возможно разделение на живое и неживое.
- 2.2. Живые организмы с низкой способностью воспринимать информацию, например растения.
- 2.3. Живые организмы с более развитой способностью воспринимать информацию, но не обладающие «самосознанием». К категориям данного уровня относятся животные.
- 2.4. Люди, характеризуемые самосознанием, мышлением и нетривиальным поведением.
- 2.5. Социальные системы и социальные организации.
- 2.6. Трансцендентные системы, или системы, лежащие в настоящий момент вне нашего познания.

Аналогично могут быть построены и другие виды иерархии, основанные на понятии сложности. Для того чтобы показать переход от систем с ручным управлением к автоматизированным системам, использовалось понятие уровней механизации. Системы на наивысших уровнях обладают не только свойством саморегулирования, но и способностью к адаптации и познанию. Люди и группы людей были рассмотрены как различной сложности системы обработки информации. Аналогично уровни интеграции человека, зависящие от его функций обработки информации, могут быть использованы для объяснения и анализа сущности его умственной работы. Понятия иерархии и ее уровней помогут нам объяснить возрастающую сложность систем. Более подробно эта тема разбирается далее. Мы также рекомендуем читателю обратиться к работе Янга, в которой содержится обзор систем и приводится их классификация.

Организация как характеристика систем

Организация является характеристикой систем, которая не тождественна сложности структуры. Так, один из изотопов простейшего элемента — водорода - состоит из одного протона и одного электрона, и его атомный вес, определяемый числом протонов (или электронов), равен единице. Уран — один из самых тяжелых элементов — образует смесь трех изотопов; преобладающий изотоп имеет ядро, состоящее из 238 частиц с 92 протонами и 146 нейтронами.

Благодаря более сложной структуре атома уран, имеющий атомный номер 92 и атомный вес 238, занимает в иерархии элементов, называемой периодической таблицей химических элементов, более высокое положение, чем водород. Расположение элементов в иерархии характеризуется различными величинами, которые принимают одни и те же переменные в зависимости от места, занимаемого элементом в иерархической структуре. Ясно, что число 238 является значением переменной, называемой «атомным весом», и что оно в 238 раз больше величины этой же переменной для атома водорода. Вследствие своей более сложной атомной структуры уран существенно отличается от водорода своими комбинаторными свойствами. Однако свойства урана могут быть определены, исходя из свойств более легких элементов. Именно так поступили при составлении периодической таблицы. Предполагалось существование большого количества элементов, которым в таблице было отведено соответствующее место гораздо раньше, чем были открыты эти элементы. Такой порядок рассуждений неприменим в отношении групп живых организмов, которыми являются, например, системы с признаками, характерными для организации. Семья, производственная бригада, компания друзей, группа детского сада — это системы, свойства которых не могут быть получены, исходя из свойств их компонентов. На основании характеристик родителей и их детей нельзя предсказать поведение семьи. Семья является системой, характеристики которой зависят от ее организации. Последняя предполагает наличие целенаправленного поведения, мотивов и характеристик поведения, чего нет в системах неживой природы.

Акофф определяет организацию как «по крайней мере частично самоуправляемую систему», наделенную следующими характеристиками.

1. **Сущность.** Организации являются системами типа «человек — машина».
2. **Структура.** Система должна обладать способностью выбирать направления деятельности, ответственность за которую может быть распределена между элементами системы на основе их функций (торговля, производство, проведение расчетов и т. д.), местоположения или других признаков.
3. **Коммуникация.** Коммуникация играет важную роль в определении поведения и взаимодействия подсистем в организации.
4. **Выбор решений.** Участники должны распределить между собой задачи и соответствующие направления деятельности.

Организации как живые системы

Предыдущее обсуждение полезно главным образом для обогащения наших знаний об организациях. Очевидно, что организации являются системами более высокого порядка, чем остальные живые системы, поскольку отличаются большей сложностью и сознательно движутся в направлении выбранной ими цели. Системы низкого уровня организации имеют меньшую сложность и их цели определяются внешней средой или другими системами. Именно осознанное поведение в направлении достижения самостоятельно поставленной цели ставит человека на высшую ступень в иерархии систем. Общая теория систем провела грань (и это является ее заслугой) между теорией неживых систем, к которым применим механистический подход, и теорией живых систем, для которых требуется нечто другое.

Значение общей теории систем

Развитие ОТС было вызвано необходимостью дополнить концептуальные схемы, известные под названием аналитико-механистического подхода и связанные с науками о неживой природе. Определение «механистический» используется, по-видимому, потому, что в них господствующими были законы механики Ньютона. Их называют, кроме того, «аналитическими», так как они основаны на принципах анализа: от целого к частям и от более сложного к более простому. Схемы являются также дедуктивными, т. е. используется переход от общего к частному. С помощью таких подходов можно правильно объяснить явления, связанные с системами неживой природы. Однако для исследования систем в биологии, бихевиоризме, социологии они не подходят. Рассмотрим сравнение характеристик систем, к которым применяются аналитико-механистический и системный подходы. Аналитико-механистическим подходам свойственны следующие недостатки:

1. Они не могут дать объяснения сущности таких понятий, как организация, самосохранение, регулирование, характеризующих живые системы.
2. Аналитический метод непригоден для изучения систем, которые должны рассматриваться неделимыми: существование неделимых целых делает разложение на составные части бессмысленным или невозможным. Важным предположением аналитико-механистического подхода является тот факт, что свойства всей системы не могут быть

выведены из свойств ее частей.
3. Механистические теории были построены не для изучения сложных организованных систем со сложными структурами и сильными взаимосвязями, а с другой целью.
4. Понятие целенаправленного поведения живых систем — важная характеристика открытых систем — нуждалось в теоретической основе, которой не могли являться ни устаревшие телеологические объяснения, ни причинно-следственные отношения теоретической физики.

Цель ОТС заключается в построении концептуальной и диалектической основы для развития методов, пригодных для исследования более широкого класса систем, чем те, которые связаны с неживой природой.

Общая теория систем лишена отмеченных выше недостатков и обладает следующими достоинствами:

1. Использует «целостный» подход к системам (в соответствии с которым все явления рассматриваются как «целостности») при сохранении идентичности систем и свойств неделимых элементов.
2. Повышает общность частных законов посредством нахождения подобных структур в системах (изоморфизм) независимо от того, к каким дисциплинам и специальным наукам относятся эти законы.
3. Побуждает к использованию математических моделей, которые описаны с помощью языка, не зависящего от конкретного смысла; эти модели благодаря свойственной им общности помогают установить аналогию (или ее отсутствие) между системами. **С помощью математических моделей мы переходим «от анализа содержания к анализу структуры», что «позволяет избежать многих ненужных исследований».** Недостаток такого подхода заключается в том, что реальные системы не полностью поддаются описанию с помощью математических моделей.
4. Способствует единству науки, являясь «связующей основой для систематики знаний». Общую теорию систем можно рассматривать как «систему систем», указывающую на расхождение и на сходство между различными дисциплинами. Историческое развитие ОТС подробно описано ниже.

Общая теория систем и единство знаний

В начале настоящей главы мы отнесли ОТС к общим наукам, таким, как математика и философия. Поэтому возникает задача достижения

единства знаний. Обычно человек строит модели для того, чтобы изучить и установить связь между сущностью реальной действительности и явлениями. **Модели могут иметь различный вид, но все они предназначены для того, чтобы лучше понять сложные явления окружающего нас мира.**

При изучении сложных систем необходимо рассматривать следующие две стороны вопроса: **микроуровень**, на котором выявляют основные причинно-следственные связи, объясняющие работу составных частей системы, и **макроуровень**, когда исследуют взаимосвязь между элементарными подсистемами. Традиционный научный метод и современные математические модели применимы для исследования на микроуровне, но становятся непригодными, когда мы имеем дело с макроуровнем. Такое положение дел способствовало развитию философской мысли в направлении интеграции отдельных областей знания об окружающем мире с помощью единого подхода. В связи с проблемой единства знаний возникают несколько вопросов: для чего нужно единство знаний? Как его достичь? Какие при этом возникают методологические проблемы?

Для чего нужно единство знаний?

По мнению Коуза, большая часть усилий, направленных на достижение единства знаний, вызывалась двумя побуждениями, одно из которых исходит из естественного стремления к целостности—необходимости построить такую теорию, которая смогла бы объединить все дисциплины в единое целое. В течение продолжительного времени считалось, что с такой задачей справятся естественные науки. Стремление к завершенности не требует от нас многого, если не учитывать психологический аспект. Однако наличие отдельных элементов, пусть даже явно связанных между собой, не означает самостоятельного существования целого, частями которого они являются. Так, не существует эмпирической основы для создания всеобъемлющей теории о знаниях. Идеальная объединенная наука отрицает пользу специальных наук, которые в состоянии изучать лишь отдельные стороны окружающего мира, а все остальные аспекты упускают из виду.

С другой стороны, поиск объединенной науки имел также положительные результаты, которые привели к развитию ОТС. Он способствовал обнаружению ряда немаловажных «изоморфизмов», или подобий, и улучшил взаимосвязь между областями знания, кажущимися на первый взгляд совершенно различными и несвязанными. Однако процесс систематизации должен быть не просто предложенным, а обоснованным эмпирически.

Как отмечает Коуз, существуют три приемлемые концепции единства знаний:

1. Единство как переход к общему базису.
2. Единство как построение общей системы (синтез).
3. Единство как энциклопедическая совокупность знаний.

Переход к общему базису

Целью перехода к общему базису являются, во-первых, построение такого единого описательного языка, что каждое выражение любой из областей знания либо определяется на этом языке, либо может быть сведено к формуле на этом языке; во-вторых, создание такого единого множества законов, что каждый закон любой из областей знания либо являются следствием законов этого множества, либо может быть сведен к ним. Условия перехода таковы, что правила, которые могут быть описаны с помощью некоторых выражений и законов, сводящихся к новым выражениям и законам, должны допускать описание в терминах последних. При этом исходные выражения и законы из рассмотрения исключаются. Один из возможных вариантов перехода содержит следующие шесть уровней перехода: **социальные группы, многоклеточные живые существа, клетки, молекулы, атомы, элементарные частицы.** Подобные методы перехода очень неудобны тем, что законы выводимой науки выглядят очень сложными, когда они выражаются на языке фундаментальной науки. Понятие перехода представляет философский интерес. Однако в тех случаях, когда переход возможен, наше представление о всей системе изменяется ненамного. Полное представление об очень сложной естественной системе может быть достигнуто с помощью теоретической системы такой же сложности, и тогда задача заключалась бы в предвидении теоретического образа всей системы.

Синтез

Синтез является наиболее важным понятием, связанным с единством знаний, которое может быть использовано наряду с понятием перехода, а также вместо него. Понятие синтеза, связанное с единством знаний, основано на существовании такой научной теории, которая может быть использована при исследовании уровней иерархии, подобных тем, которые были приведены выше. Соотношение между уровнями было бы соотношением между частью и целым. **Знания были бы объединены в единое целое, а каждый уровень был бы представлен повторяющейся структурой, которая**

отображала бы элементы каждого уровня и их взаимосвязь. В результате образовалась бы **сверхнаука (общая теория познания и созидания)** — модельный образ всех дисциплин. **Последние в свою очередь стали бы составными элементами этой сверхнауки.** Сложностью такого подхода к объединенной науке является то, что при построении модельной формы, или изоморфизма для всех наук, необходимо связать физические структуры на всех уровнях с жесткими рамками модели, которая, возможно, искаженно отражает реальность. Однако, хотя подобный подход и сопряжен с рядом трудностей, дело облегчается существованием единой для всех уровней структурной формой.

Энциклопедическая совокупность знаний

Понятие науки охватывает множество тесно связанных между собой понятий. Наука не является логической или иерархической структурой. Сведения, полученные из всех областей знания, не могут быть собраны в единую иерархическую систему. Основанная на этом положении энциклопедия не претендует на завершенность. В ней просто собраны воедино и классифицированы сведения из различных дисциплин, и там, где это возможно, установлены соотношения между ними. Что касается связи понятия энциклопедии с нашей исходной проблемой, а именно с проблемой представления целого, то следует отметить, что энциклопедия должна нам помогать при решении различных задач, а не охватывать всю совокупность знаний. Сторонники объединенной науки ищут в некотором смысле «общую теорию обо всем», которая заменит специальные дисциплины. Такая теория была бы практически бессодержательной, поскольку, выигрывая в общности, мы проигрываем в содержательности. «То, что мы можем сказать практически обо всем, есть почти ничто... Во всех случаях на любом уровне абстракции должна существовать оптимальная степень общности... В науке эта оптимальная степень общности не всегда достигается посредством специальных дисциплин». В заключение следует отметить, что проблемы, касающиеся единства знаний, связаны с постоянным взаимодействием между сложностью и простотой, теорией и практикой, единством и разнообразием. Коуз считает, что эти двойственные стороны проблемы следует рассматривать вместе, в их тесной связи, не отдавая предпочтения какой-либо одной из них. Общая теория систем требует многогранного подхода к решению проблем.

1.4. Наука о системах – системология

Одной из важнейших особенностей развития науки является возникновение очень сложной иерархии специализированных дисциплин. На место древнего ученого-философа, такого как Аристотель, который мог охватить практически всю совокупность доступных в его время знаний, пришли поколения ученых, обладающих все большей глубиной знаний и все большей узостью интересов и компетенции.

Вероятно, основной причиной, породившей тенденцию к раздроблению науки на узкие специальности, является ограниченность возможностей человеческого разума. Поскольку объем знаний стал больше того, который человек в состоянии воспринять, всякое увеличение знания необходимо приводит к тому, что человек может охватить все меньшую его часть. Чем глубже это знание, тем более специализированным оно становится.

Углубление специализации по дисциплинам присуще не только естественным наукам. В других областях человеческой деятельности, например в технике, медицине, гуманитарных науках, искусстве, наблюдается та же тенденция. Так, техника из одной дисциплины превратилась в спектр инженерных отраслей, таких, как механика, электротехника, химическое машиностроение или атомная техника, и каждая из них, в свою очередь, подразделяется на множество узких специальностей.

Еще одной из причин дробления науки на узкие специальности явилось то, что многие ученые (и прежде всего те, которые имеют мощный интеллектуальный потенциал) стали удовлетворять свое научное любопытство не из научных (идейных) побуждениях, а из меркантильных, т. е. исходя из личного интереса (денежной и др. личной заинтересованности).

На этой почве основной научный потенциал «перетек» из области изучения фундаментальных наук, в том числе и общесистемных, в область прикладных наук. А так как ученые, особенно ученые – аналитики, товар «штучный» и ограниченный в своей численности, то в области системного анализа их катастрофически нехватает. Как только удастся привлечь наиболее интеллектуальную часть аналитически мыслящих ученых в русло, прежде всего, системного анализа, общесистемной науке (системологии) сразу же будет дан толчок развития общей теории сущностей, явлений и методов.

Одной из главных особенностей науки второй половины XX столетия является появление ряда родственных научных направлений, таких,

как кибернетика, общесистемные исследования, теория информации, теория управления, математическая теория систем, теория принятия решений, исследование операций, искусственный интеллект и др. Все эти области, появление и развитие которых тесно связано с возникновением и развитием вычислительных средств и методов, обладают одним общим свойством — они имеют дело с такими системными задачами, в которых главенствующими являются информационные, реляционные и структурные аспекты, в то время как тип сущностей, образующих систему, имеет значительно меньшее значение. Становится все более очевидным, что полезно было бы посмотреть на эти взаимосвязанные интеллектуальные разработки как на части более общего поля исследований, обычно называемого *наукой о системах* или *системологией*.

Сущность системологии заключается в том, что она представляет собой интегральную науку о системах. Общая теория систем интегрирует наиболее обобщенное знание о системах. Она находится под воздействием **двух наук: философии**, которая дает ей обоснование категориального аппарата, методы и приемы познания, качественное видение систем, и **математики**, обеспечивающей количественный анализ систем.

Огромную роль в развитии общей теории систем играют логика, теория множеств, теория отношений, теория графов и другие разделы дискретной математики, кибернетика и другие науки. Отраслевые теории систем раскрывают специфику систем различной природы. Речь идет о теории физических, химических, биологических, экономических, социальных системах, которые описываются в соответствующих отраслях наук. Общая теория систем направлена на отражение их отдельных сторон, аспектов, срезов, этапов, которые являются общими для всех отраслевых теорий систем. Они находятся под влиянием соответствующих теорий. Например, теория диссипативных систем, теория переходных систем, теория эволюции систем и т.п. Наконец, системотехника (прикладная инженерная дисциплина) находится под воздействием техники, моделирования, проектирования и конструирования, т.е. технической, биологической, информационной и социальной инженерии.

Если наука о системах является наукой в обычном смысле, то в ней следует различать три основных компонента:

- 1) *область* исследования;
- 2) совокупность *знаний* об этой области;

3) *методологию* (совокупность согласованных методов) накопления новых знаний об этой области и использования этих знаний для решения относящихся к ней задач.

Наша задача — охарактеризовать эти три компонента — область, знания и методологию науки о системах. Следует отметить, что науку о системах нельзя непосредственно сравнивать с другими науками, а правильнее было бы рассматривать ее как новое измерение в науке.

Первая компонента науки о системах включает в себя *область исследования*, коим является сама система .

В *область науки о системах* входят все типы свойств отношений, существенные для отдельных классов систем или в очень редких случаях существенные для всех систем. Классификация систем по отношениям определяет способ разбиения области исследований науки о системах на подобласти точно так же, как традиционная наука подразделяется на подобласти — различные дисциплины и специальности.

Знания в науке о системах, т. е. знания, относящиеся к различным классам свойств отношений в системах, можно получать либо с помощью математики, либо с помощью экспериментов с моделями систем, на компьютерах. Примерами знаний в науке о системах, полученных математическим путем, являются закон необходимого разнообразия Эшби, принципы максимума энтропии и минимума кросс-энтропии или различные законы об информации, управляющей системами. Если говорить о знаниях, полученных экспериментальным путем, то *лабораторией для науки о системах* является компьютер. Он позволяет экспериментировать ученому-системщику точно так же, как это делают другие ученые в своих лабораториях, хотя экспериментальные понятия, которыми он оперирует, представляют собой абстрактные структурные (моделируемые на компьютере), а не конкретные свойства реального мира. В этой серии описываются некоторые примеры системных знаний, полученные с помощью экспериментов на компьютере.

Третья компонента науки о системах — *системная методология*— это стройная совокупность методов познания, свойств различных классов систем и решения системных задач, т. е. задач, касающихся отношений в системах. Хорошая классификация систем с точки зрения отношений — ядро системной методологии. Соответствующим образом разработанная классификация является основой для исчерпывающего описания и таксономии системных задач. Главная задача системной методологии — предоставление в распоряжение потенциальных пользователей, представляющих разные дисциплины и

предметные области, методов решения всех определенных типов системных задач.

Если проанализировать разделение традиционной науки на дисциплины, то станет очевидно, что наука о системах носит междисциплинарный характер. Этот факт имеет, по крайней мере, два следствия. Во-первых, системные знания и методология в принципе могут быть использованы практически во всех разделах традиционной науки. Во-вторых, наука о системах обладает гибкостью, позволяющей изучать свойства отношений в таких системах и, следовательно, в задачах, где фигурируют характеристики, исследуемые обычно в самых разных областях традиционной науки. Это позволяет изучать подобные системы и решать такие задачи в целом, а не рассматривать их как собрание несвязанных предметных подсистем и подзадач.

Как уже говорилось выше, наука о системах, как и другие науки, имеет определенную область исследования, обладает совокупностью знаний и методологией. И тем не менее это не наука в обычном смысле: традиционная наука ориентируется на исследование разных категории явлений, а наука о системах изучает различные классы отношений. По существу, ее нужно рассматривать как новое измерение науки, а не как новую науку, сопоставимую с другими.

Традиционное измерение науки определяет смысл и место любого исследования. С другой стороны, системное измерение позволяет содержательно работать с любой наперед выбранной системой, независимо от того, ограничена ли она рамками одной традиционной научной дисциплины или нет.

Представляется, что с точки зрения свойств науки в истории человечества можно естественным образом выделить три основных периода.

1. *Донаучный период* (приблизительно до XVI в.). Характерными чертами периода являются здравый смысл, теоретизирование, метод проб и ошибок, ремесленные навыки, дедуктивные рассуждения и опора на традицию.
2. *Одномерная наука* (начало XVII — середина XX вв.). Характерные черты: объединение теорий, дедуктивные рассуждения, особое внимание к эксперименту, которое привело к возникновению базирующихся на эксперименте дисциплин и специальностей в науке. Кстати, они появились прежде всего из-за различий в экспериментальных (инструментальных) средствах, а не из-за различий в свойствах отношений исследуемых систем.
3. *Двумерная наука* (развивается примерно с середины XX в.). Характерные черты: возникновение науки о системах, занимающейся

свойствами отношений, а не экспериментальными свойствами исследуемых систем, и ее интеграция с основанными на эксперименте традиционными научными дисциплинами.

Таким образом, можно сказать, что главное в развитии науки во второй половине XX века — это переход от одномерной науки, в основном опирающейся на экспериментирование, к науке двумерной, в которую наука о системах, базирующаяся прежде всего на отношениях, постепенно входит в качестве второго измерения. Важность этой совершенно новой парадигмы науки, двумерность науки, еще не вполне осознана, но ее последствия для будущего представляются чрезвычайно глубокими.

Интересно отметить, что рассмотренные выше три периода развития науки характеризуют три обычно выделяемых уровня обществ — доиндустриальное, индустриальное и постиндустриальное. Доиндустриальное общество по существу является обществом донаучным, для индустриального общества характерна одномерная наука, с постиндустриальным обществом, которое, по-видимому, можно называть «информационным», связана двумерная наука.

Возникновение и развитие науки о системах

Методология научного познания немыслима без системного подхода, ставшего особенно популярным во второй половине XX ст. Хотя системные представления существовали издавна, поскольку одной из важнейших извечных категорий философии является категория "целое", первый вариант общей теории систем был предложен в 1912 г. *А. А. Богдановым (псевдоним; настоящая фамилия Малиновский; 1873-1928)* в виде учения о тектологии.

А. А. Богданов — это философ (основоположник эмпириомонизма, а также создатель тектологии). А. А. Богданов отличался оригинальными философскими взглядами, характеризовался нестандартностью мышления. Он писал, что нельзя быть последователем учителя, не идя дальше него и не расставаясь с ним. Застывшие догмы порождают авторитарные нравы. Самые мертвые из мертвецов те, которые приковали себя к чужой могиле (в науке, философии). Его тектологические размышления предвосхитили современные теории самоорганизации и общих систем.

"Всеобщую организационную науку, — отмечает А. А. Богданов, — мы будем называть "тектологией", что в переводе с греческого означает "учение о строительстве". Термин "строительство" является синонимом для современного понятия "организация". Тектология

Богданова — это общая теория организации и дезорганизации, наука об универсальных типах и закономерностях структурного преобразования любых систем. Несомненно, что А. А. Богданову удалось заложить основы новой синтетической науки, хотя и не получавшей признания длительное время.

Основная идея тектологии состоит в *тождественности организации систем разных уровней*: от микромира — до биологических и социальных систем. Относительно социальных процессов А. А. Богданов считал, что всякая человеческая деятельность объективно является организующей или дезорганизующей. Он полагал, что дезорганизация частный случай организации. Во всем мире происходит борьба организационных форм, и в ней побеждают более организованные формы (неважно, идет ли речь об экономике, технике, политике, культуре или идеологии). Это происходит из-за того, что *организационная система всегда больше, чем сумма ее составляющих элементов*, а дезорганизационная — всегда меньше суммы своих частей. Поэтому главная задача тектологии заключается в лучшей организации вещей (техники), людей (экономики) и идей.

А. Л. Богданов считал, что всякую деятельность человека можно рассматривать как некоторый материал организационного опыта и исследовать с организационной точки зрения. Это положение — ключевая позиция современного менеджмента. Богданов внес заметный вклад в становление и развитие науки управления. Он выступает представителем организационно-технологического подхода к управлению. Отмечал, всякая задача может и должна рассматриваться как организационная.

А. А. Богданов одним из первых в мире ввел понятие системности. Состояние системы определяется равновесием противоположностей. В результате непрерывного взаимодействия формируются три вида систем, которые он подразделяет на организованные, неорганизованные и нейтральные.

Ученый разработал идею о структурной устойчивости системы и ее условиях. В самой системе одним из первых увидел два вида закономерностей:

- а) *формирующие*, т.е. закономерности развития, приводящие к переходу системы в другое качество;
- б) *регулирующие*, т.е. закономерности функционирования, способствующие стабилизации нынешнего качества системы.

Он ввел также ряд понятий, характеризующих этапы развития различных систем. Так, термин "комплексия" употреблялся им для

обозначения ситуации, когда система представляет собой чисто механическое объединение элементов, между которыми еще не начались процессы взаимодействия. Это характерно для случаев, когда, скажем, предприниматель начинает создавать организацию (набрал кадры, закупил технику, нанял помещение и т.д.), но она еще не функционирует.

Термин "конъюгация" (по Богданову) означает уже такой этап развития системы, когда начинается сотрудничество между ее отдельными элементами системы (например, работники установили между собой формальные и неформальные отношения).

Термин "ингрессия" выражает этап перехода системы к новому качеству (например, рост сплоченности, взаимопонимания, сработанности коллектива), а понятие "дезингрессия", наоборот, означает процесс деградации системы, ее распада как целостного объединения.

В Берлине А. А. Богданов опубликовал свои идеи. С ними ознакомился австрийский биолог и философ *Людвиг фон Берталанфи (1901-1972)*, который создал второй вариант общей теории систем. В 30-40-е годы Берталанфи, работая в Вене, заложил основы концепции организмического подхода к организованным динамическим системам, обладающим свойством эквифинальности, т.е. способностью достигать цели независимо от нарушений на начальных этапах развития. Он обобщил принципы целостности, организации и изоморфизма в единую концепцию. Сначала применил идею открытых систем к объяснению ряда проблем биологии и генетики, но потом пришел к выводу, что методология системного подхода является более широкой и может быть применима в различных областях науки. Так возникла идея общей теории систем.

Л. Берталанфи достаточно четко сформулировал проблему построения общей теории систем. Для этого необходимо: **во-первых, сформулировать общие принципы и законы поведения систем относительно к их специальному виду и природе составляющих их элементов и строгим законам в нефизических областях знания; во-вторых, заложить основы для синтеза научного знания в результате выявления изоморфизма законов, относящихся к различным сферам деятельности.** Идеи Берталанфи привлекли внимание международной научной общественности, а идеи Богданова оказались невостребованным потенциалом науки. Это тот случай, когда идеи, как зерна: одни упали на неподготовленную почву, а другие — на благодатную.

Л. Берталанфи сыграл огромную роль в становлении и популяризации системного подхода. В 50-е и 70-е годы XX ст. он

работал в США и Канаде. Судьбоносной для системных идей стала его работа в Чикагском университете — мировом центре методологии.

Системный подход сразу же вошел в системологию и как теория, и как принцип, и как знание, и как метод исследования. Л. Берталанфи — основоположник целого научного направления, связанного с созданием общей теории систем. Он первым поставил саму задачу построения этой теории. Общая теория систем мыслилась им как фундаментальная наука, исследующая проблемы систем различной природы.

Последующее развитие системных знаний привело к тому, что возникло несколько вариантов общей теории систем в узком смысле слова, сформировалось знание, которое отражало отдельные стороны системы, появились значительные наработки о системах различной природы: физических, химических, биологических, психологических, экономических, социальных и др.

Среди первых сторонников исследований по теории систем наиболее заметными фигурами были А. Раппопорт и К. Боулдинг. Боулдинг рассматривал общую теорию систем как «некий уровень теоретического построения моделей, лежащий где-то между высоко обобщенными конструкциями чистой математики и конкретными теориями специальных дисциплин».

Аналогичные концепции, но связанные не с общесистемными исследованиями, а рассматривающие информационные процессы в системах, таких, как связь и управление, были сформулированы в конце 40-х — начале 50-х гг. и получили название «кибернетика». Наибольшее влияние в этом направлении оказали классические работы Б. Винера и У. Росс Эшби. **Кибернетика, которую Винер определил как исследование «связи и управления в животном и машине»**, основывается на понимании того, что связанные с информацией проблемы можно вполне содержательно и успешно изучать, по крайней мере до некоторого предела, независимо от определенного контекста. Этот подход был существенно поддержан работами К. Шеннона по математическому исследованию понятия информации. В результате этого исследования появилась **математическая теория информации**.

Позднее, в 1960-х гг., было сделано несколько попыток сформулировать и развить математические теории систем высокого уровня общности. Одна из этих теорий, начало которой положил главным образом М. Месарович, основывается на предположении, что **любую систему можно представить в виде отношения, определенного на семействе множеств**. Затем для изучения

некоторых конкретных свойств были разными способами введены дополнительные математические структуры. Другие математические теории систем явились результатом попыток объединить теории систем, описываемых дифференциальными уравнениями и конечными автоматами в единую математическую теорию. Наиболее плодотворными из этих теорий оказались теории, разработанные А. Уаймором и М. Арбибом. Среди других математических теорий систем теория, возникшая из теории электрических цепей, а затем обобщенной теории схем, а также теории, возникшие из других предметных областей.

Три области науки — общесистемные исследования, кибернетика и математические теории систем, а также вычислительная техника — это важнейшие компоненты науки о системах.

В качестве главного потребителя системных идей явилась научно-техническая революция, которая в то же время, обеспечила бурное развитие системного подхода.

К настоящему времени в мире насчитывается десятки тысяч публикаций по проблемам системного подхода, теории систем и системного анализа.

1.5. Системные характеристики научного знания

Исследования последних лет дали значительный объем знаний о науке и ее использовании. Полученный эмпирическим путем материал и способы его получения можно считать достоверным. А вот интерпретация и оценка полученных данных различными группами исследователей трактуется по-разному. Например, статистически установленный факт экспоненциального удельного роста публикаций может быть истолкован и как положительное явление в рамках концепции «индустриального» периода развития науки, и как явление отрицательное, которое говорит о том, что нынешняя форма организации науки (ее «распыленность») не может решить проблему интегрирования научного потенциала для ускорения создания **общесистемной методологии развития науки.**

Вопрос о методологической общности исследований в области научно-технической деятельности, о необходимости концептуальной разработки этой общности и сопряжения ее методов с отдельными направлениями в науке не ограничивается научно-теоретическими потребностями. В условиях широкой конкуренции и научно-технической гонки запрос на средства стимулирования научной

деятельности, ускорения темпов переработки научных знаний, сокращения сроков разработки и внедрения новых систем, технологий и организационных схем делает все более актуальными проблемы теоретического обоснования концепции развития в области науки.

В настоящее время в области организации науки преобладают административно-организационные структуры, проявляющиеся в различного рода подразделениях, которые выступают в качестве средств проведения научной политики, - лабораторий, обществ, экспертных групп, советов, центров. Каждое из таких подразделений, включенных в организационную структуру науки и подготовки научных кадров использует в своей деятельности стандартный набор целевых ориентиров (координация, ускорение, обеспечение, сближение, стимулирование) и, как правило, своими силами и по своему усмотрению интерпретирует смысл этих ориентиров на уровне практических действий, - критикует параллелизм в науке, распыление научных сил и средств, оценивает исследования на актуальность и перспективность и т.д. и т.п.

Возникающие в результате такой деятельности различные модели науки и научной деятельности отличаются большой пестротой и методологической неоднородностью исходных оснований (положений).

В этих условиях видна потребность объединить разнородные (эмпирические и теоретические) представления об объекте исследования научно-технической деятельности в единый предмет. Один из способов построения такого предмета исследования с использованием понятийной терминологии системного подхода и излагается ниже. При этом наука будет рассматриваться со стороны функционирования системно организованного знания в нынешних социальных структурах. Такой подход определяет как интерпретацию основных понятий, так и способ анализа материала.

Этапы обновления знания

В исследованиях ученых различной научной ориентации довольно детально изучена структурная специфика так называемых развитых обществ, отличительной чертой которых является использование «научной формы познания природы». В этих обществах выработался эффективный механизм социального обновления иерархически-замкнутого типа, в котором используется знаковый способ хранения в безличной и лишенной утилитарных характеристик общесистемной форме. (Под общесистемным знанием при данном способе

членения предмета будем понимать тот тип знания, который после его всесторонней практической проверки включается в постоянный, «абсолютный» банк научных файлов, используемый своими элементами в самых различных сферах деятельности).

Если взять за основание последовательность движения элементов фундаментального знания с момента их обнаружения (сообщения), то механизм его участия в социальном обновлении можно представить примерно в следующей системе этапов, организованных по иерархически-замкнутому принципу (циклу обновления):

1. **Порождение (формирование) и хранение** элементов общесистемного знания о свойствах (том числе и воспроизводимых) и закономерностях живой и не живой природы в знаковой форме с внутренним распределением по содержанию знания (массив публикаций, банк научных файлов).

2. **Приложение** — синтез структурных и принципиальных схем из элементов общесистемного знания и возможного их использования без строгих ограничений по областям применения, хранение таких схем в знаковой форме (патенты).

3. **Разработка** — синтез структурных и принципиальных схем приложения в строго ориентированные по функции и области применения знаковые схемы новых машин, технологий, организаций (проектирование) и их материальная реализация в виде опытных образцов устройств (систем), методов (технологий), организационных схем, веществ.

4. **Промышленная реализация** — количественное умножение опытных образцов устройств (систем), методов (технологий), организационных схем, веществ с подключением человеческой обеспечивающей деятельности, которая производно от них структурирована.

5. **Эксплуатация** — стабильное функционирование предприятий и организаций, соответствующих этим структурам деятельности ради производства социально необходимого продукта в заданном объеме за единицу времени, причем сами эти предприятия и организации сосуществуют с другими, вступают в конкурентные отношения по рентабельности, эффективности, надежности и т. п.

6. **Селекция и регенерация** — исключение из наличной структур эксплуатации знания устройств (систем), методов (технологий), организационных схем, веществ и соответствующих им видов человеческой деятельности в результате морального старения, неспособности продолжать конкуренцию с другими постоянно внедряемыми способами производства того же или близкого по

свойствам объекта. Исключение этих устойчивых комплексов знания, материала и деятельности из существующей структуры эксплуатации знания ведет к распаду комплекса и регенерации его составляющих: люди и материалы вовлекаются в другие внедряемые или эксплуатируемые комплексы, знание возвращается в форму принципиальных схем приложений или общесистемного знания. В этом циклическом, обновляющем социальные типы деятельности движении знания присутствуют **два эпицентра устойчивости**:

а) **общесистемное знание**, которое не столько движется, сколько циркулирует в циклах обновления, не обнаруживая в процессе эксплуатации сколько-нибудь заметного износа и старения. Даже такие древнейшие «вклады» типа колеса, рычага, обжига функционируют столь же надежно и исправно, как и более поздние;

б) **замкнутые на конечные цели** потребности общества, которые по способам их удовлетворения могут быть представлены в виде цепи преемственности, объединяемые лежащей в их основе **функцией**; например, «светильник» (костер — лучина — свеча — фонарь — керосиновая лампа — электролампа...), «тяга» (бык — лошадь — паровая машина — двигатель внутреннего сгорания...) и т. д. Это **постоянство функции** допускает экстраполяцию на будущее, стимулирует конкуренцию комплексов (знание — материал — люди) за право монопольного обеспечения функции и вынуждает стохастично или детерминировано (осознано) производить операции сравнения, оценки и выбора наилучших альтернатив.

По отношению к эпицентрам устойчивости и преемственности социального движения знания все остальные компоненты системы под названием «развитое общество» — люди, материалы, комплексы (знание — материалы — деятельность) — являются короткоживущими элементами. Их функции могут быть представлены как производные от текущего состояния массива общесистемного знания, конечных целей общества, структуры эксплуатации знания и ряда *эмпирически* выводимых констант, характеризующих темпы и объемы движения знания.

Таким подход позволяет увидеть в «развитом обществе» открытую систему с более или менее компенсированными процессами анаболизма и катаболизма, целостность в ее приемственном изменении к конечным целям за счет «потребления» материалов природы и человеческой деятельности. Существенной особенностью такой системы являлось бы лишь отсутствие в ней «встроенных» конечных целей (как дуб «встроен» в желудь). **Использующее науку общество сознательно, на основе теории формулирует конечные цели и**

связывает с ними функциональные основания накопления данного определяющего качества, что позволяет ранжировать эти основания по степени актуальности и важности, активно воздействовать на распределение теоретической и практической деятельности.

В условиях жесткой конкуренции большое значение имеют темпы и объемы замены альтернативных комплексов в процессе эксплуатации знания или, как еще говорят, подвижность «пространства» эксплуатации знания, т. е. темпы суммирования качества. В этих условиях, конечная цель научной политики, если она призвана ускорить суммирование социально необходимых качеств, допускает простую формулировку: обеспечить максимальное число внедрений за единицу времени при сохранении минимальной альтернативности в пространстве эксплуатации.

Наука — по самому существу своей функции — создает и поддерживает такую ситуацию, когда любое функциональное основание (производство электроэнергии, например) становится ареной конкуренции и борьбы нескольких способов производить одно и то же. Иначе говоря, **силами науки число альтернатив постоянно увеличивается**. Все такие альтернативы эквифинальны, способны производить одно и то же, но, будучи эквифинальными, они различны по совершенству с точки зрения затрат на единицу продукции, и, если внедрение ведется грамотно, более поздние по времени внедрения альтернативы более совершенны. В условиях рынка оценка на совершенство и отбор на выживание альтернатив производится автоматически: **с появлением более совершенных альтернатив нижний предел эффективности смещается и оказавшиеся в опасной близости к этому пределу альтернативы гибнут**. В условиях рыночного ценообразования и конкурентной борьбы повышенная альтернативность и ее сохранение выгодно фирме, внедряющей более совершенную альтернативу, и как способ получить дополнительную прибыль за счет конкурентов, и как способ устранить конкурента.

Здесь научная политика смыкается с управленческой политикой: сокращение сроков сосуществования альтернатив и снижение альтернативности в пространстве эксплуатации знания есть нечто находящееся за пределами науки и ее компетенции, как и само внедрение. **К науке правомерно лишь требование на выдачу в любой данный момент максимального и более совершенного многообразия возможных решений, максимальной**

альтернативности существующему и функционирующему в пространстве эксплуатации знанию.

Вместе с тем требование сокращения срока сосуществования неравноценных по совершенству альтернатив, выступая связующим звеном между научной и управленческой политикой и явно имея тяготение к управлению, а не к науке, проектируется на весь контур обновления как единое, обязательное основание связи всех этапов движения знания и его производства. Пространства порождения, приложения и разработки как области соответствующей научной деятельности должны быть в их последовательности и каждое по отдельности, с одной стороны, предельно емкими по количеству разнообразия продукта, а с другой — предельно «плоскими» по координате времени (по лагу). С научной точки зрения высшей степенью совершенства обладал бы такой цикл движения знания — последовательность пространств порождения, приложения, разработки, а также и внедрения, — в котором значение переменной длительности, т. е. лага, приближалось бы к нулю.

В таком спрессованном по времени, «безлаговом» цикле обновления любой новый элемент общесистемного знания мгновенно проскакивал бы, выявляя все свои утилитарные потенциалы. Объединяясь с наличными элементами, материалами, деятельностью через пространства приложения, разработки и внедрения, он мгновенно включался бы в эксплуатацию, выталкивая из нее наличные альтернативы. Организационная структура, имея на вооружении безлаговый цикл, получила бы возможность мгновенно в меру собственных сил и познанных законов природы наилучшим, с точки зрения собственных целей, способом реагировать на любые изменения условий существования или на любую необходимость менять условия существования, могла бы в кратчайший срок накапливать любую степень качества по любому из признанных социальными необходимыми оснований.

Теоретически и практически невозможна реализация безлагового цикла обновления — это недостижимый абстракт типа к.п.д. в 100%. Но здесь очень важно подчеркнуть: какими бы ни были формально зафиксированные в тот или иной момент времени значения лагов в цикле обновления, всегда необходимо стремиться к безлаговому циклу, и только он будет представлять собой цель теоретически обоснованной научной политики. Рассматриваемые альтернативы научных предложений в цикле движения знания будут, при прочих равных условиях (объем деятельности в пространствах порождения, приложения и разработки;

численность научных работников, затраты на внедрение), ранжироваться по признакам эффективности в соответствии с уменьшением значений лаговой характеристики.

Научные знания и их проявления.

Под *наукой* (научной деятельностью) мы будем понимать деятельность в пространстве системы этапов: **порождения, приложения и разработки.**

Под *науковедением* мы будем понимать комплексную научную дисциплину, призванную теоретически и практически обеспечить научную политику в этих сопряженных пространствах как на уровне общесистемного знания о науке, так и на уровнях его приложения и разработки.

В цикле движения знания репродуктивность элементов общесистемного знания опирается на существующую характеристику мира (таковой являются законы природы). Это позволяет использовать в качестве универсальной формы знания причинно-следственные выражения такого типа «если - то», где «если» подразумевает осредненные фиксированные условия, а «то» - необходимо и однозначно вытекающее из них следствие или действие.

Науковед изучает деятельность ученых, каждый из которых в своей работе стремится к достижению научного результата – к открытию, изобретению.

При этом редко кто из ученых в состоянии до получения результата указать, какую конечную цель он перед собой ставил. Предел стремления ученых определен довольно жестко: **новый элемент знания, новая приведенная к соразмерности связь причины и следствии.** Но пока результата нет, то ни ученый, который пытается дать «начало» новой причинной связи, ни, тем более, изучающий его деятельность науковед, не могут гарантировать положительного результата этой деятельности.

Науковед сталкивается с теми же трудностями, что и лингвист, который извлекает из текстов языковую систему, представляющую собой сумму универсальных правил построения продукта речевой активности, но сталкивается с непреодолимыми трудностями в попытках перейти от описания этих правил к программированию деятельности по этим правилам.

Как и в случае с наукой, универсальные правила оказываются лишь средством, условием общения и взаимопонимания. Они многое

способны объяснить то, **как говорить**, но бессильны в объяснении того, **что говорить**.

Науковедческая наука, берущая на себя теоретическое обоснование научной политики, обязана не только описывать, но и предписывать, или хотя бы обоснованно рекомендовать то, что может быть предписанием.

Предметы лингвистики и науковедения очень близки по набору ключевых структур, распределений, закономерностей. Если, например, массив общесистемного знания (массив научных файлов) рассматривать как растущий по времени «текст» науки, представляемый как **целостный и переводящий в общенаучное состояние результаты исследовательской деятельности ученых** (вклады), то положение и тип связей вкладов в таком научном тексте будет почти полной аналогией положения и типа связей предложений в обычном связном тексте. И в том и в ином случае мы обнаруживаем **запрет на повтор-плагиат, опору новых (правых) элементов на наличные (левые), количественные меры участия наличного в новом (частота цитирования), единый тип распределения функции связи нового по наличным элементам знания, меру допустимой новизны (глубина памяти, падение энтропии)**. Иными словами, вклады массива общесистемного знания, как и предложения текста, обнаруживают кроме ограничений по содержанию также группу ограничений универсального типа по интеграции, по принадлежности к целостности более высокого ранга. Это позволяет поставить вопрос о тексте в лингвистике и о массиве общесистемного знания в науковедении как о **целостных системах**, способных навязывать новым (правым) элементам ряд универсальных требований в качестве условия их вхождения в целостность, перехода из новых в наличные, интегрированные элементы системы.

Нынешнее науковедение концентрирует свое внимание на изолированных вкладах в науку, на дискретности общесистемного знания в ущерб его целостности. Массив общесистемных знаний представлен в научной литературе дискретно, о чем говорят многотысячные публикации в многотенных журналах. В этих публикациях знания, как правило, представлены изолированно одно от другого, что затрудняет работу науковедов по систематизации знаний и использования системного подхода для создания общесистемного знания.

В современном науковедении остается еще неразвернутым представление о **общесистемном знании как о массиве-системе, массиве – единственном основании целостности дисциплинарной**

научной деятельности, о массиве – единственной форме интеграции вкладов ученых. В тоже время, нуковедение, особенно в исследованиях по фундаментальным дисциплинам (пространство порождения знания) довольно близко подошло к системным представлениям о кумуляции знания.

Идея системности общесистемного знания, идея массива – монопольного носителя связей целостности и преемственности в пространстве порождения знания, идея массива – единственного системообразующего основания научной деятельности располагается сегодня в пределах таких сентенций типа:

- «существовать в науке и для науки значить быть опубликованным»;
- «все неопубликованное гибнет для науки вместе с создателем и начинает существовать для науки лишь с момента публикации»;
- «только опубликованное принимает участие в кумуляции знания и его движении» ;
- «все в науке приобретает смысл и значение только по связям целостности массива публикаций» и т.д.

В настоящем нуковедении распространяется иллюзорное мнение, что при переходе от «малой наук» к «большой науке» происходит смена оснований целостности, что якобы публикации теряют роль интегратора научных вкладов и передают эту роль организационным структурам, которые якобы способны использовать принципиально иные средства научной коммуникации и средства интеграции научного продукта (симпозиумы, конференции, информационные и координационные группы, информационные центры, банки научных файлов, автоматический информационный поиск и т.д.). Не отрицая роли этих структур и их возможного стимулирования научной деятельности, мы хотели бы подчеркнуть, что общесистемная («большая») наука не отменила механизмов интеграции знания, выработанных «малой наукой», не создала альтернатив, способных по гибкости и оперативности близко приблизится к **институту научных публикаций**, так что и сегодня, как сто и двести лет назад, **существует лишь единственный способ быть кем-то в науке – зафиксировать свой вклад в массиве общесистемного знания, опубликовав его в форме статьи или монографии.**

Универсалии научной деятельности и их оценки

Дальше нас будет интересовать вопрос об универсалиях научной деятельности и о критериях их оценки на совершенство.

Критерии оценки универсалий научной деятельности, видимо, должны иметь ту же ориентацию и то же смысл, что и понятие совершенства в научной политике. И поскольку там эти критерии ориентированы на идею безлагового обновления и вектор-направление на этот ориентир образует место целей научной политики, то критерии оценки наличной и возможной деятельности в пространстве порождения знания как частном звене цикла также должны ориентироваться на безлаговое предельное пространство, в котором были бы сняты все задержки и в котором процессы интеграции личных вкладов в массив научного знания, как и процессы порождения вкладов, протекали бы в максимальном темпе. Вектор-ориентир на такое безлаговое пространство, объединяя частные цели по совершенствованию научной деятельности в фундаментальных дисциплинах с общими целями научной политики, служил бы местом этих частных целей.

Значительно сложнее обстоит дело с универсалиями, с «грамматикой» научной деятельности. Поскольку предмет науковедения ограничен репродуктивным в продуктивном, повторами в деятельности, продукты которой подчинены запрету на повтор-плагиат, науковед не имеет права на традиционную процедуру более или менее полного отождествления репродукции и универсальности. Ему необходим критический подход к повтору, выделение в репродукции необходимого, без чего научная деятельность перестает быть научной, и факультативного, что может быть заменено другой схемой или вообще оказаться избыточным довеском, который не несет функциональной нагрузки и существует либо в силу традиции (патронаж, например), либо как реликт «проб и ошибок». Иными словами, ориентир на безлаговое пространство порождений знания должен быть, во-первых, структурно интерпретирован на базе наличных репродуктивных и организационных форм научной деятельности, а во-вторых, в рамках самой этой интерпретации необходима структурная же модель научной дисциплины как целостное единство универсалий, способное стать основанием эквифинальности — гарантом функциональной состоятельности тех альтернатив, которые науковедение могло бы предложить на предмет внедрения.

Когда мы рассматриваем **общесистемное знание как целостный продукт научной деятельности в пространстве порождения знания**, наличная деятельность в этом пространстве, хотя она и не завершилась пока результатом-вкладом, получает минимум **четыре структурирующих пространство основания: предметное; субъек-**

тивно-личное; временное; интеграционное. Все основания однородны с точки зрения универсальности, непрерывности и неопределенности. В трех из них (предметное, временное, интеграционное) выполняется запрет на повтор-плагиат, что образует резкую грань между определенным и неопределенным (**познанное — непознанное по основанию предметности; наличное — будущее по основанию времени; связанное — несвязанное по основанию интеграции**). В размерности этих четырех оснований результат как событие в пространстве порождения знания есть непредсказуемое, невыводимое с помощью логических процедур из массива наличного знания. Другими словами, любой созданный по правилам научной дисциплины **результат** есть **синтез определенностей по предмету** (несет новое содержание), **субъекту** (создан вполне определенным смертным человеком), **времени** (отмечен как разовый акт в астрономическом и дисциплинарном — по моменту публикаций — времени), **целостности** (привязан автором ссылками к вполне определенным предшествующим результатам).

Поскольку отметки результата в астрономическом и в дисциплинарном времени не совпадают, задача на приближение к безлаговому пространству порождения знания распадается на две **более или менее самостоятельные задачи: какими свойствами должно обладать пространство порождения знания, чтобы получить максимальное число замыканий-результатов на заданном интервале времени; каким условиям должен удовлетворять канал интеграции результатов (рукопись — редакция - публикация), чтобы свести к минимуму задержку между появлением результата для ученого и появлением результата для дисциплины (публикация).**

Непредсказуемость будущего результата по предмету (что откроют?), субъекту (кто откроет?), времени (когда откроют?) и по связи с наличными результатами (состав ссылок) делает первую задачу, на первый взгляд, неразрешимой. Она действительно такова, если под решением понимать нечто однозначно связанное с конструкцией «если — то». Ни о какой однозначности и строгости применительно к пространству порождения не может быть и речи. Задача вряд ли разрешима и в рамках теории вероятностей, поскольку все известные для пространства порождения знания вероятные события уже произошли и не могут повториться в силу запрета на повтор-плагиат, а то, что произойдет, заведомо неизвестно. Вместе с тем ряд эмпирических констант и подтверждающих их исследований позволяют, видимо, найти ключ к решению. Дело в том,

что количество результатов, получаемых за единицу времени, оказывается связанным, хотя и крайне неэффективно, с числом участников. В организационной форме «большой науки», для которой характерны крупные научные коллективы, число результатов растет пропорционально корню четвертой степени из числа участников. Обычно этот факт приводят, как показатель несовершенства организационных форм современной науки. И сама эта зависимость, какой бы неэффективной она ни казалась, может быть истолкована в интересующем нас лаговом плане как производное от числа участников уменьшение лага решения той или иной проблемы, перевода ее в «решенный вопрос».

Если и здесь эта зависимость столь же неэффективна, как и в случае с большим коллективом, мы получим примерно следующее: если проблема X переводится силами одного ученого в решенный вопрос на интервале T , то в среднестатистическом случае при прочих равных, условиях силами 16 ученых ее можно было бы решить на интервале $T/2$; 81 — $T/3$; 256 — $T/4$ и т. д. Иными словами, независимо от эффективности этой связи число возникающих в пространстве порождения результатов будет расти с ростом числа занятых ученых, а идеальным с точки зрения уменьшения лага было бы такое положение, когда в решении любой возникающей в дисциплине проблемы участвовали бы все ученые этой дисциплины.

Как и все идеальное, это положение очевидно недостижимо, но оно вносит штрих определенности в понятие безлагового пространства порождения знания, позволяет заметить и выделить еще одну функцию публикации — безадресное дисциплинарное оповещение ученых о результатах, которые возникли в пространстве и выводятся за его пределы как завершенный продукт научной деятельности в массив общесистемного знания. Чтобы стать участником решения проблемы, нужно, во-первых, быть оповещенным, а во-вторых, что значительно сужает круг возможных участников, быть этим оповещением «озадаченным», увидеть проблему и заинтересоваться ею. Поскольку участники решения той или иной проблемы могут привлекаться только из числа информированных специалистов, полное дисциплинарное безадресное оповещение или гласность должны войти в понятие безлагового пространства порождения знания как его существенная характеристика, а мера и лаги информирования (соотношение открытой и закрытой информации, лаги публикации и распространения, доступность иноязычных частей массива публикаций и т. п.) должны стать предметом изучения и описания как переменные,

характеризующие наличное положение дел и предлагаемые альтернативы.

Задача на уменьшение лага публикации (задержки между астрономической и дисциплинарной отметками результата) выглядит много проще. Фильтры, функционирующие сегодня в последовательности: рукопись — редакция — публикация, могут оправдать свое право на существование лишь в том случае, если будет теоретически обоснована существующая практика мгновенной безлаговой оценки продукта (институты редактирования, рецензирования, экспертизы).

Мы не будем детализировать ту цепь проблем, которые автоматически возникают в попытках применить системный подход в науковедческих исследованиях, имеющих предметом изучения процессы порождения и движения знания. Предварительное зондирование проблемы пространства порождения знания как частного предмета науковедения показывает, на наш взгляд, применимость и необходимость системного подхода в науковедении. Дело в том, что комплекс проблем, связанных с необходимостью и неизбежностью активной научной политики, куда на правах частной проблемы входит теоретическое обоснование, есть, пожалуй, первый в истории человечества случай, когда ставится задача на осознанное проектирование научной дисциплины. Смысл системного подхода в науковедческих исследованиях и состоит, видимо, в попытках приложить знание, накопленное о науке, ее генезисе и функционировании, к задачам теоретического обоснования научной политики и разработки науковедения как новой научной дисциплины, которая тесно переплетается общей теорией систем.

1.6. Мировоззренческое представление системности

По отношению к системному подходу можно выделить две мировоззренческие парадигмы.

Первая признает системность как объективное свойство всего сущего, как важнейшую характеристику материи. Специальные науки убедительно доказывают системность познаваемых ими частей мира. Вселенная предстает перед нами системой мироздания, иными словами, система систем. При этом, понятие "система" подчеркивает ограниченность, конечность Вселенной. И, опираясь на метафизическое мышление, можно прийти к выводу, что, поскольку Вселенная —

это "система", то она имеет границу, т.е. конечна. С этим можно было бы согласиться, если бы параметры, которыми описывается Вселенная, а именно: пространство и время, имели конечные значения. Но значения этих параметров, которые используются для параметрического описания Вселенной, устремлены в **бесконечность**. Исходя из этого, можно утверждать, что Вселенная, как система, бесконесна, а следовательно, **единственная** система систем. Более того, можно предположить, что Вселенная имеет форму сферы. Такие соображения вытекают из следующего. Возьмем Декартову прямоугольную систему координат с шестью направляющими оортами и «вбросим» ее в окружающее нас пространство. Будем увеличивать каждый орт до значения равного бесконечности. В конечном итоге, получим систему координат, в которой каждый направляющий вектор «уперся» в бесконечность. Если в точку начала отсчета принятой нами системы координат поместить начальный конец произвольно выбранного вектора, а второй конец устремить в бесконечность, то получим радиус-вектор, который, при перемещении его второго конца в пространстве, очертит форму этого пространства, которая будет иметь вид сферической поверхности. Это утверждение очевидно, так как конец радиуса-вектора, «пробегая» все точки пространства, выйти за пределы бесконечности не в состоянии, а, следовательно, он будет очерчивать поверхность, точки которой равноудалены от центра размещения системы координат, которая, как видно, размещается в центре Вселенной. А, как известно, система точек, которые равноудалены от любого центра пространства, образует сферическую поверхность.

Согласно *второй* парадигмы **системность** представляет собой не **свойство материи, а свойство познающего субъекта**. Эта парадигма говорит о том, что мир есть такой, какой он есть, а **системность** представляет собой лишь **способ его видения и познания**. Объявление всего сущего системами отнюдь не означает, что эти объекты представляются системами. Например, куча песка или камней с большим трудом может быть названа системой. Для того чтобы доказать их системность, мы вынуждены искать **основание или системообразующий фактор**. Таким образом, системность — это некоторая познавательная процедура.

Системность представляется и свойством всего сущего, и познавательной способностью человека, который в системных представлениях всегда реализует свои интересы. Например, строитель, рассматривая кучу камней, может "увидеть" два вида систем: куча представляет собой кучу строительного мусора или кучу строитель-

ного материала, т.е., в зависимости от интересов одно и то же явление представляется двумя принципиально разными системами.

До сих пор имеющиеся в распоряжении науки факты свидетельствуют о системной организации материи. Но вместе с тем наука доказывает относительность этого свойства, различную его интенсивность. **Системность представляется развивающейся характеристикой материи.** Один и тот же объект входит в различные системы, но в одних он органичен, когда системность выражена максимально, в других нет. И системность здесь носит суммативный характер.

"Системность мира, — как отмечает В. Н. Спицнадель, — представляется в виде объективно существующей иерархии различно организованных взаимодействующих систем. Системность мышления реализуется в том, что знания представляются в виде иерархической модели взаимосвязанных моделей. Хотя люди и являются частью природы, человеческое мышление обладает определенной самостоятельностью относительно окружающего мира: мыслительные конструкции вовсе не обязаны подчиняться ограничениям мира реальных конструкций. Однако при выходе в практику неизбежны сопоставление и согласование системностей мира и мышления". **Мир системен и системно его отражение человеком.**

Системность неорганической природы

Согласно современным физическим представлениям, **неорганическая природа в общем виде делится на две системы — поле и вещество.** Материальная сущность физического поля еще четко не определена. Но что бы из себя не представляло поле, общепризнано, что оно проявляется в различных сосуществующих, взаимодействующих и взаимопроникающих видах. Вселенная включает в себя физическое поле, электронно-позитронное, мезонное, ядерное, электромагнитное, гравитационное и другие поля. Иначе говоря, она представляет собой систему конкретных материальных полей.

Каждое конкретное поле, в свою очередь, тоже системно. Но сейчас нельзя с уверенностью сказать о том, что является элементом конкретного поля. Очевидно, оно имеет определенные уровни, т.е. как система развивается, например, от "вакуума" до четко выраженного квантового состояния. Сам же квант поля представляет собой элементарную частицу. Поэтому квант вряд ли может быть элементом конкретного поля. Скорее всего, такими элементами являются узловые

"точки" структуры элементарных частиц. Существуют ясные экспериментальные доказательства существования этой структуры и масса различных способов ее изучения. Но что представляет собой структура элементарной частицы, а тем более ее узловых "точек", остается пока неясным.

Если допустить мысль о частице как высшей форме развития материи поля, то естественно предположить существование определенных "кирпичиков", которые образуют частицу и являются тем, из чего состоит физическое поле вообще, т.е. элементами системы физического поля. Их взаимодействие (полевая форма движения) и приводит к "сотворению" элементарной частицы того или иного типа. Такая идея о сложности элементарных частиц, что каждая из них — система, состоящая из различного количества разнообразно взаимодействующих и по-разному пространственно расположенных элементарных частиц, но тождественных по своей сущности "кирпичиков" материи, позволяет объяснить взаимопревращаемость частиц и открывает путь к проникновению в глубь материи. **Элементарная частица — это не только квант поля, но и то, что может лежать в основе качественно иной системы — вещества.**

Вещество — чрезвычайно сложная, глубоко дифференцированная многоуровневая система. Если элементарная частица выступает, и как элемент качественно иной, вещественной системы, то две и более взаимодействующие элементарные частицы представляют собой систему, которая может быть названа частичкой вещества. Так, взаимодействие протона и электрона образует простейший атом легкого водорода, внутренне динамическую систему, элементы которой подчинены ряду параметров и вследствие этого отличаются от свободных частиц .

Атом как система развивается, усложняясь по составу и структуре вплоть до такого состояния, когда начинается самопроизвольный распад атомного ядра. **Взаимодействующие атомы образуют различные системы: молекулы, макромолекулы, ионы, радикалы, кристаллы.**

Молекула представляет собой материальную систему, состоящую из определенным образом расположенных в пространстве и взаимосвязанных атомов одного или нескольких химических элементов. **Связь атомов в молекуле прочнее связи атомов со средой, что обеспечивает целостность системы.** Молекула — качественно новое материальное образование по отношению к составляющим ее атомам. Молекулы могут быть простыми и сложными, содержащими

один, два и тысячи атомов. Гигантские группы атомов образуют макромолекулы.

Однако **не все вещества состоят из систем типа молекул**. Ряд химических соединений, например хлорид натрия (поваренная соль), не имеют молекул в обычном понимании этого слова. Это открытые системы, в которых ионы относительно независимы одни от других. **Такой тип вещественной системы называют кристаллом**. Ионами считаются отдельные заряженные атомы и группы химически связанных атомов с избытком или недостатком электронов. Группа атомов, переходящая без изменения из одного химического соединения в другое, определяется как **радикал**. **Все эти группы являются системами**.

Взаимодействие атомов одного типа образует химический элемент. Из химических элементов формируются минералы, из минералов — породы, из пород — геологические формации, из геологических формаций — ряды формаций — геосферы, из геосфер — планета Земля. Каждая система, в свою очередь, имеет свою структуру. Например, атмосфера состоит из пяти подсистем: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и экзосфера.

Земля как планета выступает наряду с другими планетами элементом Солнечной системы. В свою очередь, Солнечная система входит в такую грандиозную космическую систему, как Галактика. Взаимодействующие галактики образуют системы галактик, входящие в Метагалактику, и т.д. При этом на каждом уровне развития неживой природы, наряду с общими, имеются и свои системообразующие факторы, особые связи и взаимодействия. Вместе с тем принцип организации множества в единство остается одним и тем же. Не меняется он и при переходе к системам живой природы.

Важнейшим направлением развития системных идей, получившим всестороннее обоснование, в том числе и космическое, является концепция самоорганизации. В XX ст. произошла смена космологической парадигмы ученых: от теории Стационарной Вселенной к теории Развивающейся Вселенной. Согласно концепции Большого Взрыва Вселенная обрела начало и процессы саморазвития, самоорганизации, т.е. доминирования созидательных космических процессов над процессами разрушения, угасания Вселенной.

Системность живой природы

Как и все в природе, живые организмы состоят из молекул и атомов. Но где граница между живым и неживым? Существует предел, после

которого теряют силу прежние системообразующие факторы и неживое переходит в разряд живого. Так, **молекула, состоящая из 5 млн атомов, представляет собой вирус табачной мозаики — самое малое известное живое образование, способное к самостоятельному существованию.**

В целом вопрос о системности живой природы не вызывает сомнений. Более того, именно изучение живых материальных образований способствовало формированию системных представлений о мире.

Основными системами живого, образующими различные уровни организации, признаются:

- вирусы — системы, объединяющие в основном два взаимодействующих компонента: молекулы нуклеиновой кислоты и белок;
- клетки — системы, состоящие из ядра, цитоплазмы и оболочки; каждая из подсистем, в свою очередь, складывается из особенных элементов;
- многоклеточные — системы (организмы, популяции одноклеточных);
- виды, популяции — системы организмов одного типа;
- биоценозы — системы, объединяющие организмы различных видов;
- биогеоценоз — система, объединяющая организмы поверхности Земли;
- биосфера — система живой материи на Земле.

Система каждого уровня отличается от других уровней и по структуре, и по степени организации (биологическая классификация). Но взаимодействие элементов системы не обязательно предполагает жесткую, постоянную связь. Эта связь может носить временный, случайный, генетический, целевой характер.

Живая природа, так же, как неживая, представляет собой систему систем, причем она дает удивительные примеры разнообразия систем, которые нередко оказываются объединением элементов различных уровней. Например, ландшафт включает: абиотические геосистемы (земная кора с рельефами, атмосфера, гидросфера и криосфера); геосистемы почвенной сферы; биотические геосистемы, образующие биосферу; социально-экономические геосистемы, возникшие в результате общественно-исторической деятельности человека.

Эти системы связаны между собой и воздействуют одна на другой, образуя единую саморегулирующуюся систему. Изменение любой составной части ландшафта ведет, в конечном счете, к изменению его в целом. Вместе с тем каждая система живой природы, является ее

элементом и определяясь ею, в то же время имеет достаточную самостоятельность саморазвития, чтобы выйти на другой уровень организации материи.

Мы видим, что мир представляет собой единство систем, находящихся на разных уровнях развития, причем каждый служит средством и основой существования другого, более высокого уровня развития систем. Сыгравшие свою роль системы уходят, другие же продолжают существовать.

Один из основных законов существования Вселенной — существование одних систем за счет других. Так, кристаллы возникают на материале базовой породы, раствора или расплава; растения преобразуют минералы, животные развиваются за счет растений и других животных; человек для своего существования преобразует и животные, и растения, и системы неживой природы.

Итак, мир находится в процессе непрерывного движения, возникновения и уничтожения, взаимоперехода одних систем в другие, причем одни системы изменяются медленно и длительное время кажутся неизменными, другие же меняются настолько стремительно, что в рамках обыденных человеческих представлений фактически не существуют. Чем обширнее система, тем медленнее она изменяется, а чем меньше, тем быстрее проходит этапы своего существования. В этом простом соответствии скрыт глубокий смысл еще не до конца понятой связи пространства и времени. И здесь можно увидеть одну из закономерностей развития материи: от меньшего к большему и от большего к меньшему, осознание которой привело к пониманию развития и качественного изменения систем, слагающих мир.

1.7. Роль математики и вычислительной техники в общей теории систем

Роль математики в общей теории систем

Решения системных задач возникло из двумерной (дихотомной) классификации систем. Они предназначены для работы со свойствами отношений систем, не зависящими от интерпретаций и контекста. Однако тем же занимается и математика. Какая же тогда между ними разница?

Очень приближенно математику можно разделить на чистую и прикладную. Чистая математика занимается в основном разработкой разных аксиоматических теорий независимо от того, имеют они практическое значение или нет. Чистая математика особенно

интересуется доказательством теорем, следующих из постулированных предположений (аксиом), и не ее цель определять, существует ли некая интерпретация теории, для которой эти предположения истинны. Эта позиция «искусства для искусства», очень влиятельная в математике еще с XIX в., даже подчеркивается некоторыми математиками, считающими ее принципиальной позицией для этой науки. Однако, несмотря на такой подход многие математические теории в разной степени, но все же имеют отношение к реальности. Иногда обнаружение подобной связи является счастливой случайностью. Чаще, однако, оно представляется результатом бессознательного процесса в сознании математика (интуиции, озарения) или его осознанной попытки (часто скрытой или, по крайней мере, недекларируемой) абстрагировать и формализовать некоторые аспекты реальности.

Здесь необходимо упомянуть о том, что аксиоматическая формализация по своей природе имеет некоторые ограничения. В 1931 г. К. Гёдель показал, что аксиоматические теории (например, аксиоматическая теория обычной арифметики) таковы, что нельзя доказать их внутреннюю непротиворечивость (т. е. то, что из аксиом нельзя вывести взаимоисключающие теоремы). Точнее, непротиворечивость аксиоматической теории не может быть доказана с помощью ее собственных правил вывода. Доказательство непротиворечивости, опирающееся на более мощные правила вывода, может существовать, но тогда следует доказать непротиворечивость положений, используемых в новых правилах вывода. Для этого могут потребоваться еще более мощные правила. Повторение этого рассуждения показывает, что на вопрос о полноте каких-то математических теорий окончательно ответить нельзя. Что еще важнее, Гёдель также показал, что если некие аксиоматические теории, непротиворечивость которых недоказуема, являются непротиворечивыми, то они будут неполны (т. е. некие истинные утверждения этих теорий нельзя вывести из их аксиом). Следовательно, существуют математические теории, которые или противоречивы, или неполны, и невозможно определить, к какой из двух категорий каждая из них принадлежит.

Назначение прикладной математики — поиск практических интерпретаций математических теорий и после нахождения таких интерпретаций создание на основе теорий методических средств работы с интерпретированными системами и связанными с ними задачами. В этом смысле прикладная математика ориентирована на разработку методов, базирующихся на определенных математических

теориях, и использование их в как можно большем числе конкретных приложений. Эти методы, конечно, подчиняются фундаментальным ограничениям математических теорий, на которые указал Гёдель. Более того, любая математическая теория выводится из некоторых определенных предположений (аксиом) и, следовательно, любая методика, опирающаяся на эту теорию, применима только к тем задачам, которые отвечают этим предположениям. Если задача им не отвечает, а математик-прикладник, владеющий данной методикой, все-таки хочет ее применить, ему нужно переформулировать свою задачу так, чтобы она удовлетворяла этим ограничениям. Однако это означает, что теперь будет решена другая задача. Очень часто изменение задачи явно не констатируется, в результате чего создается впечатление, что была решена исходная задача, хотя на самом деле это не так.

Таким образом, математики-прикладники предоставляют пользователям (ученым, инженерам и т. д.) набор методических средств, каждое из которых получено из какой-либо математической теории, которая, в свою очередь, опирается на определенный набор предположений. Чаще всего математические теории разрабатываются в предположениях, представляющих интерес или подходящих с точки зрения математического аппарата. Как следствие порожденные ими методы покрывают лишь отдельные небольшие фрагменты всего спектра системных задач. Идея решения системных задач является в некотором смысле реакцией на это неудовлетворительное положение.

В противоположность прикладной математике решение системных задач предназначено для исследования области системных задач как единого целого. Оно, в частности, пытается определить практически ценные подзадачи, возникающие в как можно более широком классе реальных системных задач. Эта направленность решения системных задач на полноту и практическую значимость проводимых исследований отличает ее от математики, ориентированной на исследование методик, базирующихся на подходящих (и часто произвольных) математических свойствах.

Таким образом, *приоритет задач* в решении системных задач резко контрастирует с *приоритетом методов* в прикладной математике. Наиболее важным назначением науки о решении системных задач является разработка методов решения системных задач в их естественной формулировке, либо не использующих при решении упрощающих предположений, либо, если это невозможно, с упрощениями, позволяющими решить задачу, но в то же время как можно меньше искажающими ее. Методологические методы решения

задач имеют подчиненное значение и выбираются так, чтобы как можно лучше соответствовать задачам, а не наоборот. Более того, эти методы по природе своей не обязаны быть чисто математическими, а могут представлять собой сочетание математических, вычислительных, эвристических, экспериментальных и других методов.

При управлении сложностью процесса решения редко удастся обойтись без упрощающих предположений. Однако для любой задачи такие упрощающие предположения могут быть введены самыми разными способами. Всякий такой набор предположений определенным образом сокращает диапазон возможных решений и в то же время снижает сложность процесса решения.

Для конкретной системной задачи множество предположений относительно ее решений называется *методологической парадигмой*. Если задача решается при определенной методологической парадигме, то найденное решение не содержит особенностей, несовместимых с этой парадигмой.

Целесообразно рассматривать парадигму, являющуюся подмножеством предположений другой парадигмы, как обобщение последней. При заданном множестве всех предположений, рассматриваемых для данного типа задач, отношение «парадигма А является более общей, чем парадигма В» (т. е. А содержит подмножество предположений, содержащихся в В) задает частичное упорядочение для всех содержательных парадигм, относящихся к данному типу задач. Термин «содержательная парадигма» может пониматься строго как характеристика множества предположений, гарантирующего возможность решения всех конкретных задач данного типа. В то же время стороны его можно понимать и как более слабое требование, чтобы только некоторые частные задачи данного типа решались при данной парадигме.

Самая общая парадигма для задачи любого типа единственна — это парадигма без предположений. Однако обычно существует несколько менее общих, но плодотворных для решения задач данного типа парадигм.

Наблюдается тенденция к обобщению парадигм, стимулируемая достижениями в развитии вычислительной техники. Любое обобщение парадигмы расширяет множество возможных решений задачи и во многих случаях позволяет получить лучшее решение. Однако одновременно это требует усложнения процедуры решения. Изучение связей между возможными методологическими парадигмами и классами системных задач является предметом *метаметодологии*

систем. Это важная новая область исследований, в которой пока еще мало сделано. Центральным вопросом метаметодологии систем является разработка таких парадигм, которые для различных классов задач и нынешнего состояния вычислительной техники обеспечивали бы наилучший компромисс для двух противоречивых критериев — *качества решения и сложности процедуры решения.* Основная трудность подобного исследования состоит в том, что для данной задачи при одной и той же методологической парадигме может быть разработано множество альтернативных процедур решения.

Другой задачей метаметодологии систем является определение и описание кластеров системных парадигм, хорошо дополняющих друг друга, так что можно эффективно использовать параллельно при решении одной и той же задачи. Вместе они могут дать исследователю значительно больше, чем каждая из них в отдельности.

Всякая математическая теория, имеющая смысл с точки зрения схемы решения системных задач, является по существу методологической парадигмой. Она связана с типом задачи и представляет собой локальную систему, в которой могут разрабатываться методы решения конкретных задач данного типа. Одна из задач методологии систем — это компиляция (составление) математических теорий и определение их места в полном пространстве задач. Другая задача — предложение новых содержательных парадигм, при этом конечной целью является описание и упорядочение всех возможных парадигм для каждого типа задач. Поскольку выявление новой парадигмы служит толчком для создания новой математической теории, всесторонние исследования в метаметодологии систем послужат мощным стимулом для фундаментальных математических исследований, имеющих большое практическое значение. Таким образом, математика вносит свой вклад в решение системных задач и способствует ее развитию.

Роль вычислительной техники в общей теории систем

Наука о системах сильно зависит от компьютера, представляющего собой одновременно и ее лабораторию, и важнейшее методологическое средство. Поэтому не удивительно, что современный системный подход начал формироваться почти сразу после появления в конце 40-х — начале 50-х гг. полностью автоматизированных цифровых вычислительных машин. Все это время наука о системах и

компьютерная технология развивались бок о бок и влияли друг на друга.

Прогресс компьютерной технологии совместно с достижениями в области искусственного интеллекта дали новые методологические возможности, помогли прояснить или уточнить формулировку некоторых фундаментальных философских проблем, сделать более конструктивными некоторые умозрительные идеи, а также сделали возможным реализацию некоторых простейших функций человеческого мозга на компьютере. Однако цель решения системных задач — не заменить мозг человека машиной, а симбиотически дополнить его компьютером, снабженным пакетом соответствующих методических средств. Такой подход основан на том, что при столкновении с очень сложными системами мозг проявляет способности, намного превосходящие самые сложные методы, реализованные на самых современных компьютерах. Современное понимание этих способностей достаточно примитивно и, безусловно, неудовлетворительно. Несмотря на успехи искусственного интеллекта, а также нейрофизиологии, психологии и других наук есть основания считать, что некоторые способности человеческого мозга никогда не будут поняты до конца.

Возможно, самыми ценными свойствами человеческого мозга являются интуиция, озарение, способность к глобальному охвату, особенно если они хорошо развиты. Сложные системы, однако, часто обладают свойствами, не поддающимися интуитивному пониманию и глобальной оценке. Эти свойства являются ловушками для ума в том смысле, что подталкивают его к неправильным представлениям. Для обнаружения этих ловушек нужно, как правило, проделать утомительную работу по детальному анализу изучаемой системы. В этом отношении мозг не очень силен и ограничен в возможностях, а детальный анализ — это как раз та область, где компьютер его превосходит. Это свойство компьютера позволяет ему играть важную роль *гаранта и усилителя интуиции*.

Симбиоз человека (ученого, лица, принимающего решение, конструктора и т. п.) и методологически вооруженного компьютера, позволяет ввести и применить новые подходы к решению различных интеллектуальных задач, существенно более мощные, чем используемые человеком или машиной в отдельности. Сила человека в его знании предмета исследования, понимания и использовании контекста, в котором производится исследование, в интуиции, способности к глобальному охвату, в чувстве правильного решения, аудиовизуальных возможностях, творчестве и тому подобное. Сила

компьютера — это его вычислительная мощность, легкость, с которой он производит огромное число операций, значительно превосходящая в этом отношении возможности человека. Правильно использованная вычислительная мощность компьютера существенно увеличивает интеллектуальную силу человека, осуществляя для него необходимый детальный анализ и, как уже отмечалось, помогая избежать многих интуитивно не обнаруживаемых ловушек, связанных со сложностью систем.

Одной из таких ловушек является обычно принимаемое без доказательств предположение, что свойства систем в целом могут быть восстановлены по знаниям о соответствующих свойствах, связанных с их подсистемами. Например, в междисциплинарных социологических проектах обычно предполагается, что мы понимаем систему в целом, если мы понимаем ее экономическую, правовую, политическую, экологическую и другие рассматриваемые подсистемы. Подобное предположение, к сожалению, подтверждается очень редко, и, даже если подтверждается, его обоснованность зависит от выбранных подсистем. Нет оснований считать, что «естественные» подсистемы (экономические, политические и т. д.) являются адекватными в том смысле, что они содержат достаточно информации, чтобы можно было достаточно точно реконструировать (понять) систему в целом. Если же предположение о возможности реконструкции всей системы по определенным ее подсистемам не подтвердилось, то всевозможные выводы относительно всей системы, полученные из подсистем, могут оказаться некорректными и вводящими в заблуждение. Хотя информация о возможностях реконструкции неявно содержится в данных о системе в целом, явное ее определение требует детального анализа этих данных. Методы проведения такого анализа, называемого анализом реконструируемости, разрабатывались в последние годы. Человек, если не считать весьма небольших систем, с анализом реконструируемости не справляется, в то время как у компьютера есть огромные возможности по проведению такого анализа для систем, имеющих практическое значение.

Анализ реконструируемости — это просто один из примеров важной методологической области, практическая значимость которой определяется применением сложной компьютерной технологии. При решении системных задач такие примеры отнюдь не редки, а скорее типичны.

Использование компьютера как гаранта и усилителя интуиции при решении системных задач — это одно из двух важнейших его применений в науке о системах. Другим является его использование в

качестве лаборатории науки о системах. В этом случае он используется для проведения экспериментов со смоделированными на нем системами. Можно выделить по крайней мере три цели проведения таких экспериментов.

1. *Традиционное использование моделирования.* Система, воспроизводящая соответствующие свойства объекта исследования, моделируется на компьютере для порождения сценариев при различных предположениях относительно среды системы, а также при различных параметрах самой системы. Некоторые наиболее известные примеры подобного рода из области промышленного и мирового развития даны Дж. Форрестером .

2. *Открытие или проверка законов науки о системах.* Эксперименты такого рода проводятся на компьютере с большим числом разных систем одного и того же класса. Цель таких экспериментов — открытие полезных свойств, описывающих класс исследуемых систем, или, наоборот, проверка выдвинутых относительно этого класса предположений.

Один из наиболее характерных экспериментов такого рода был проведен Гарднером и Эшби . Целью эксперимента было определение влияния размера системы (числа переменных) и ее связанности (числа зависимостей между переменными) на вероятность устойчивости в определенном классе систем. Гарднер и Эшби ограничили свое исследование весьма конкретным классом систем (линейными динамическими системами, описываемыми системой линейных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами). Среди других результатов их исследование привело к открытию критической связанности и дало следующий статистически достоверный закон для изучаемого класса систем: если линейная динамическая система (как она описана выше) достаточно велика (состоит из 10 или более переменных) и ее связанность (процент ненулевых недиагональных элементов в матрице, описывающей эту систему) меньше 13% (критическая связанность), тогда данная система почти наверняка устойчива. Если ее связанность больше 13%, она почти наверняка неустойчива; 2%-го отклонения от критической связанности оказывается достаточно для того, чтобы ответ на вопрос об устойчивости из «почти наверняка устойчива» превратился в «почти наверняка неустойчива» (рис. 1).

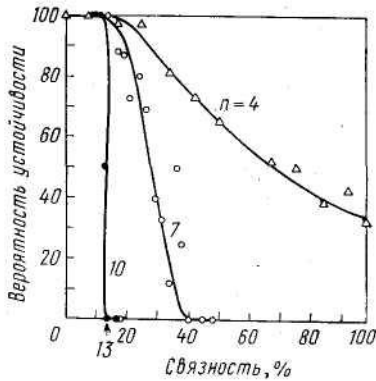


Рис. 1. Зависимость устойчивости системы от связности (экспериментальные результаты получены Гарднером и Эшби)

Подобного рода экспериментальные исследования для более широкого класса динамических систем, описываемых нелинейными меняющимися во времени дифференциальными уравнениями, проведены Макридакисом и Фошо. Некоторые свои результаты для разных случаев они представили в виде математических формул. Так, например, вероятность устойчивости произвольно выбранной системы описанного выше класса с n переменными задается функцией

$$p(n) = e^{1-1/n},$$

что очень хорошо соответствует экспериментальным данным. Конечно, есть все основания рассматривать эту функцию как некий закон науки о системах.

Аналогичные модельные исследования для биологических систем, описываемых взаимосвязанными логическими элементами, проведены Кауфманом.

Уолкер, Эшби и Гельфанд экспериментировали с системами, состоящими из функционально одинаковых элементов, представляющих собой конечные автоматы с двумя входами и двумя внутренними состояниями. Задачей этих исследований было определение зависимости длины цикла и других характеристик от размера системы для различных типов автоматов.

В качестве примера совершенно иного рода экспериментального исследования определенных свойств систем приведем эмпирическую формулу

$$C = K_1 (K_2)^{n} gh / (g+h)$$

для вычисления средней цены C двухуровневой переключающей схемы, реализующей одну булеву функцию с n независимыми переменными, g узлами «один» и h узлами «нуль». Эта формула получена Келлерманом на основе большого числа вычислительных экспериментов, K_1 и K_2 — это константы, зависящие в общем случае от используемой технологии, типов компонентов и определения цены. Келлерман определил также значения этих констант для практически важных случаев. Данная формула может помочь конструктору сравнить несколько различных конструкций, а также проливает некоторый свет на главный вопрос: при использовании одной технологии, объективных критериев и ограничений является ли переключающая схема с a входами и b выходами дешевле или дороже (в среднем) переключающей схемы с c входами и d выходами, где или $a < c$ и $b < d$, или $a > c$ и $b < d$?

3. *Экспериментальные характеристики методов.* Постановка задачи, решение которой известно, моделируется на компьютере. Для решения этой задачи используется исследуемый метод (обычно это метод решения задач, имеющих недедуктивную природу). Полученный результат сравнивается с известным решением. Эта процедура повторяется достаточное число раз для различных постановок задач исследуемого класса, что позволяет определить полученные характеристики введенного метода. Такие характеристики очень важны для пользователей, применяющих разные методы, так как дают возможность правильно интерпретировать полученные результаты и принять соответствующие решения..

Таким образом, связи между решением системных задач и вычислительной техникой весьма важны. Можно с уверенностью сказать, что решение системных задач не имело бы в действительности никакой практической ценности, если бы не использование мощной вычислительной техники.

1.8. Основные задачи общей теории систем

Общая теория систем — научно-инженерная дисциплина, в рамках которой разрабатываются методы решения задач, возникающих при проектировании и эксплуатации систем.

Задачи синтеза. Основная задача общей теории систем — задача оптимального синтеза систем, направленная на выбор способа построения системы, наилучшим образом приспособленного для выполнения

заданных функций. Исходными в задаче синтеза являются следующие сведения о назначении исследуемой и проектируемой системы:

1) функция системы, обычно представляемая перечнем прикладных задач, решение которых возлагается на систему;

2) перечень ограничений на характеристики системы, например ограничений на время решения задач, производительность системы или стоимость оборудования;

3) критерий эффективности, устанавливающий способ оценки качества системы в целом.

Исходя из этих сведений, необходимо **определить структуру системы (состав элементов и связей между ними) и стратегию управления технологическими процессами**, которые должны удовлетворять заданным ограничениям на характеристики системы и быть оптимальными в смысле назначенного критерия эффективности. Качество систем наиболее существенно зависит от затрат на технические средства, используемого в технической части системы, и затрат времени на решение прикладных задач, т. е. затраты на технические средства и времени являются основными показателями качества систем. Затраты на технические средства определяются в основном структурой системы, т. е. типами и количеством технических средств и способом их связи (взаимодействия). Затраты времени на решение задач зависят как от структуры системы, так и от стратегии управления технологическими процессами. Проектирование системы сводится к выбору такой структуры и стратегии управления, которые обеспечивают реализацию заданных функций при затратах на технические средства и времени, лимитируемых заданными ограничениями и критерием эффективности.

Чтобы выявить круг вопросов, возникающих при постановке и решении задачи оптимального синтеза систем, опишем задачу синтеза с использованием математической символики.

Охарактеризуем объекты (алгоритмы, структуры, системы) совокупностями присущих им свойств, каждое из которых может быть измерено, т. е. оценено количественно. Некоторые свойства объекта будем рассматривать как первичные и характеризовать совокупность таких свойств вектором $V=(v_1, \dots, v_M)$, составляющие которого являются оценками соответствующих свойств и называются *параметрами объекта*. Остальные свойства будем относить ко вторичным и характеризовать их вектором $Y=(y_1, \dots, y_N)$, составляющие которого называются *характеристиками объекта*. Вторичность свойств, характеризуемых величинами y_1, \dots, y_N , обусловлена тем, что значения

y_n , $n = 1, \dots, N$, могут быть определены как функции параметров объекта, т. е. $y_n = \varphi_n(V)$. Например, количество операторов, выполняемых за одну реализацию алгоритма, определяется операторной схемой алгоритма (составом операторов и связей между ними) и законом распределения исходных величин, обрабатываемых алгоритмом. Следовательно, количество выполняемых операторов является характеристикой алгоритма, значение которой однозначно определяется параметрами, характеризующими операторную схему алгоритма и распределение исходных величин.

Предположим, что к параметрам причислены свойства, учет которых необходим для определения всех интересующих нас характеристик объекта. В таком случае вектор параметров V однозначно характеризует объект, выделяя его из множества объектов такой же природы. Различие объектов A и B эквивалентно неравенству соответствующих им векторов V_A и V_B , и объекты A и B считаются одинаковыми, если $V_A = V_B$.

Многочисленность объектов, с которыми можно иметь дело, отображается следующим образом. Пусть отдельный параметр V_m , $m=1, \dots, M$, принимает различные значения из некоторого множества значений x_m , называемого *областью определения параметра V_m* . В таком случае множество $X = x_1 \times \dots \times x_m$, являющееся декартовым произведением множеств x_1, \dots, x_m , содержит в себе всевозможные векторы $V = (V_1, \dots, V_M)$ и представляет всевозможные объекты с рассматриваемыми свойствами. Множество X называется *областью определения объектов типа V* .

Используя эти понятия, систему можно характеризовать следующим набором параметров и характеристик:

$P = (p_1, \dots, p_O)$ — вектор параметров, представляющий класс прикладных задач, решение которых является функцией системы, с областью определения P ;

$S = (s_b, \dots, s_T)$ — вектор параметров структуры системы, определенный на множестве возможных структур S ;

$C = (c_1, \dots, c_D)$ — вектор параметров стратегии управления вычислительными процессами с областью определения C ;

$Y = (y_1, \dots, y_N)$ — вектор характеристик ВС, составляющие которого суть функции параметров P, S и C ;

$E = \Psi(Y)$ — функция, определяющая значение критерия эффективности как интегральной характеристики качества системы.

Поскольку $Y = \Phi(P, S, C)$, то критерий эффективности является функцией параметров системы, т. е. $E = \Omega(P, S, C)$.

Используя приведенные обозначения, задачу синтеза системы можно

описать следующим образом: найти $\max_{S \in S, C \in C} \Omega(P, S, C)$ при $Y_i \in Y_i^*$; $i = \alpha, \dots, \omega$; $\alpha, \dots, \omega \in \{1, \dots, N\}$,

т. е. определить такие параметры структуры S и стратегии управления C , которым соответствует максимум (минимум) прямого (инверсного) критерия $E = \Omega(P, S, C)$ при выполнении ограничений $Y_\alpha \in Y_\alpha^*, \dots, Y_\omega \in Y_\omega^*$ на характеристики системы. Здесь α, \dots, ω — индексы, выделяющие характеристики, которые должны принадлежать заданным областям $Y_\alpha^*, \dots, Y_\omega^*$.

Решение задачи синтеза сводится к подбору параметров S и C , оптимизирующих значение критерия эффективности системы.

При оптимизации выбор направления изменения значений параметров S и C проводится исходя из характера зависимостей $E = \Psi(Y)$ и $Y = (P, S, C)$, определенных моделью системы. Результатом решения задачи синтеза являются значения параметров S и C , характеризующих структуру системы и стратегию управления технологическими процессами.

Чтобы поставить задачу синтеза конкретно, требуется выявить множество параметров, необходимых и достаточных для определения систем как конкретных объектов, и зависимости между характеристиками системы и параметрами задач, структур и стратегий управления, т. е. необходимо располагать моделью, отображающей свойства реальных систем в математической форме. Модель ставит в соответствие каждому набору параметров P, S и C значения характеристик Y_1, \dots, Y_N , соответствующие характеристикам, которые имела бы реальная система с такими же параметрами.

Многообразие сфер применения систем, возможных структур и стратегий управления технологическими процессами порождает практически бесконечное число вариантов построения систем, для описания которых требуется большое число параметров. Многочисленность параметров и сложность зависимостей между ними и характеристиками систем приводят к тому, что задача синтеза в ее общей постановке неразрешима.

Задача синтеза упрощается, если ограничить рамки ее использования определенным классом систем — систем с подобными функциями и требованиями к качеству функционирования. При таком подходе к синтезу уменьшается число структур и стратегий управления, которые следует рассматривать при поиске оптимальных решений. Правомочность указанного подхода к синтезу систем

очевидна. Поэтому задачу синтеза будем понимать как задачу синтеза систем определенного класса.

Задача синтеза максимально упрощается, если, ориентируясь на конкретный класс функций системы и требования к качеству функционирования, выбрать для построения системы один класс структур и определенную стратегию управления технологическими процессами. Такой выбор возможен, если есть сведения о свойствах структур и стратегий управления в отношении к классам задач.

Задачи анализа. Важная задача общей теории систем — **анализ систем с целью качественной и количественной оценки свойств различных классов задач, структур и стратегий управления технологическими процессами.**

Для задач анализа характерны **три этапа проведения исследований.**

На **первом этапе** необходимо выявить причинно-следственные связи, присущие анализируемому объекту, и построить концептуальную модель объекта, вскрывающую сущность происходящих в нем процессов. При построении концептуальной модели устанавливается факт наличия зависимости между представляющими интерес характеристиками процессов и параметрами объекта. Эти параметры должны непременно присутствовать в модели.

На **втором этапе**, на базе принятой концептуальной модели, строится математическая модель, выявляющая количественные отношения между характеристиками и параметрами. **Эти отношения представляются в форме функциональных зависимостей $Y = \Phi(X)$, где Y — множество характеристик и X — множество параметров, учитываемых концептуальной моделью.** Количественные отношения конкретизируют причинно-следственные связи и тем самым полностью определяют модель. Исследование зависимостей $Y = \Phi(X)$ позволяет выявить представляющие интерес свойства объекта: степень влияния параметров на характеристики объекта, предельные и экстремальные значения характеристик, взаимные отношения между характеристиками и т. п. Поскольку построение модели производится неформальными методами, то возникает необходимость проверки достоверности модели и полученных на ее основе оценок, что и осуществляется на третьем этапе решения задачи анализа. Проверка достоверности проводится сопоставлением зависимостей, полученных из модели, с экспериментальными данными или данными, получаемыми другими методами анализа.

Результатом анализа, проводимого в рамках общей теории систем, являются модели процессов, происходящих в системах, и закономерности, присущие процессам и системам. Модели раскрывают причинно-следственную природу процессов и устанавливают зависимости между их характеристиками и параметрами систем. В этом — познавательная ценность анализа. Прикладная ценность анализа обусловлена использованием результатов анализа для постановки задач синтеза, возникающих при проектировании систем.

Таким образом, **общая теория систем** начинается с **анализа свойств структур, различных стратегий управления технологическими процессами, способов организации систем в целом**. При этом строятся и исследуются модели технологических процессов, которые имеют место в системах, реализующих различные классы задач на основе различных структур и стратегий управления технологическими процессами. Результаты анализа способствуют пониманию сущности процессов, происходящих в системах, и используются для постановки задач синтеза. В отличие от задач анализа, где характеристики процессов определяются как функции параметров системы, при синтезе решается задача выбора параметров системы, при которых удовлетворяются заданные требования к характеристикам технологических процессов. Одно из требований состоит в обеспечении экстремальности критерия эффективности, и, следовательно, решение задачи синтеза сводится к оптимизации системы по заданному критерию эффективности с учетом ограничений, которые могут быть наложены на некоторые ее характеристики и параметры.

1.9. Архитектура решения системных задач

Хотя совершенно ясно, что решение системных задач бесконечно разнообразно, становится все понятнее, что это бесконечное разнообразие может быть достаточно полно представлено конечным набором системных задач. Этот набор взаимосвязанных системных задач получается в результате применения нескольких фундаментальных принципов, согласно которым классифицируются и организуются системы.

Решение системных задач может изучаться и развиваться на разных уровнях обобщения и детализации. На самом высоком уровне общности основное внимание уделяется разработке практически важных принципов организации систем и выработке общего взгляда на процессы решения системных задач. Такие общие аспекты решения

системных задач будем называть *архитектурой решения системных задач*.

Архитектура — это одна из самых древних профессий. В самом деле, уже в Древней Греции 2000 лет назад она была прекрасно развита и считалась самостоятельной профессией. Одним из лучших описаний архитектуры остается знаменитая книга «Об архитектуре» древнеримского архитектора и инженера I в. до нашей эры Марка Витрувия Поллиона. Приводимый ниже отрывок из этой книги хорошо выражает его взгляды:

«Архитектор должен обладать знанием многих областей науки и разного рода ученостью, так как его суждением проверяются все создания других искусств. Это знание—дитя практики и теории».

В своей долгой истории архитектура ассоциировалась почти исключительно с проектированием зданий. Только совсем недавно было показано, что некоторые общие принципы архитектуры относятся не только к проектированию зданий, но равным образом существенны и в других областях проектирования.

Необходимость использования приемов архитектуры при проектировании вычислительных машин была осознана в начале 60-х гг. Сам термин «компьютерная архитектура» был введен Ф. Бруксом в связи с разработкой компьютера STRETCH фирмы IBM. В статье «Архитектурная философия» он вводит следующее определение:

«Компьютерная архитектура, как и всякая другая архитектура, это искусство определения требований пользователя к структуре, а затем проектирование таким образом, чтобы она как можно полнее соответствовала этим требованиям при заданных экономических и технологических ограничениях».

Этот подход к компьютерной архитектуре, возникший из опыта проектирования ЭВМ STRETCH был последовательно выдержан при создании IBM System/360 — семейства одинаково спроектированных взаимно совместимых ЭВМ, отражавших как требования пользователей, так и экономические и технологические возможности.

Вскоре после этого компьютерная архитектура стала считаться важной частью компьютерного проекта. Теперь она изучается практически в любом семинаре по информатике и вычислительной технике и хорошо описана в литературе.

Признание компьютерной архитектуры было первым шагом в расширении понятия архитектуры за традиционные рамки ее понимания как архитектуры зданий. В настоящей работе делается еще один шаг, распространяющий понятие архитектуры на все системы. Подобное обобщение предлагается не впервые. Так, например, еще в

1962 г. Г. Саймон рассматривал подобную идею, называя ее «архитектурой сложности». Г. Земанек постоянно доказывал важность обобщения понятия архитектуры на все системы и ввел такие названия, как обобщенная архитектура и абстрактная архитектура. Подобного же мнения придерживается Дж. Таунер в своей книге «Архитектура знания». Однако ни одно из этих предложений не относится к решению системных задач.

Настоящая тенденция к расширению сферы архитектуры за рамки ее традиционной области — строительства зданий (и, возможно, других родственных сооружений вроде мостов и кораблей) не противоречит общепринятому и приведенному в словарях определению архитектуры. Например, в *Оксфордском словаре английского языка* архитектура определяется как «искусство или наука построения или конструирования любых сооружений для нужд людей», как «действие или процесс построения» или как «здание или сооружение». Таким образом, можно видеть, что, во-первых, термин «архитектура» имеет три разных толкования: определенная дисциплина, определенный тип человеческой деятельности и определенный результат этой деятельности, и, во-вторых, во всех трех толкованиях архитектура понимается не только как архитектура зданий.

Из определения, приведенного в толковом словаре, можно легко выделить две ключевые характеристики архитектуры:

1) архитектура связана с проектированием, конструированием, построением и т. п., т. е. с процессами создания искусственных объектов;

2) она имеет дело с использованием созданных объектов человеком. Рассмотрим характеристики подробнее.

Хотя архитектура и ориентирована на проектирование, конструирование и построение, полностью все эти виды деятельности она не охватывает. Таким образом, архитектор является проектировщиком, работа которого завершается другими людьми. Его роль состоит в наблюдении за проектом на глобальном уровне; он занимается аспектами проекта, включающими любые интерфейсы с пользователем. В хорошем архитектурном проекте другие вопросы, не интересные с точки зрения пользователя, должны оставаться открытыми. Однако архитектор обязан учитывать возможности технологии и экономические ограничения, чтобы быть уверенным, что его архитектурный проект может быть реализован без значительных затруднений.

Архитектурное проектирование предназначено для подготовки общих спецификаций, определяемых нуждами и пожеланиями пользователя и используемых на этапах проектирования и конструирования. Таким образом, первая задача архитектора при создании проекта — это определение реальных потребностей и пожеланий пользователя. Эта задача прекрасно сформулирована французским архитектором Ж. Года: «Архитектор прежде всего должен определять содержание, из которого он может затем извлечь форму».

В хорошем архитектурном проекте многие детали будущей конструкции остаются непроработанными, оставляя достаточно свободы для дальнейшего проектирования и конструирования, но в нем имеются все спецификации существенных для пользователя характеристик. В этом смысле он представляет собой общее описание будущей конструкции, сделанное с определенного расстояния. Хорошего архитектора более чем что-либо другое отличает именно эта способность выбирать нужное отдаление, с которого хорошо различимы все существенные для пользователя свойства, но в то же время не видны остальные. Более поэтически эту точку зрения выражает следующий отрывок из книги «Дао Дэ Цзин» знаменитого китайского философа Лао Цзы (VI в. до н. э.) .

«Находящееся в бесконечном движении не достигает предела. Не достигая предела оно возвращается к своему истоку».

В заключение рассуждениям об архитектуре приведем следующую цитату из книги Г. Земанека :

«Архитектурное проектирование — это проектирование сверху вниз, определяющее каждую деталь как функцию целого. С этой точки зрения архитектурное проектирование дополняет формальное определение: определить детали по общей структуре можно только в том случае, если метод описания позволяет совершенно свободно опускать детали и говорить о желаемых свойствах системы в целом до начала любой работы по объединению частей сооружения».

По Г. Блаау , одному из архитекторов IBM System/360, в проекте любой системы можно выделить три характерных уровня: архитектура, исполнение и реализация.

Архитектура системы — это функциональное проявление системы с точки зрения пользователя; под *исполнением* понимается логическое описание внутренней структуры, делающей возможным осуществление этих функций; *реализация* — это физическое воплощение исполнения.

В хорошей архитектуре выдерживаются некоторые общепринятые принципы. Они четко изложены Блаау. Приведем перечень этих принципов:

1. *Согласованность*. Хорошая архитектура согласована, т. е. частично знание системы позволяет предсказать остальное.

2. *Ортогональность*. Этот принцип требует, чтобы функции были независимы друг от друга и специфицированы по отдельности.

3. *Соответственность*. Согласно этому принципу следует включать в архитектуру только те функции, которые соответствуют существенным требованиям к системе, другими словами, в хорошей архитектуре нет ненужных функций.

4. *Экономность*. Никакая функция в описании архитектуры не должна в том или ином виде дублировать другую.

5. *Прозрачность*. Функции, найденные в процессе исполнения, должны быть известны пользователю.

6. *Общность*. Если функция должна быть введена, ее следует вводить в таком виде, чтобы она отвечала как можно большему числу назначений.

7. *Открытость*. Пользователю должно быть позволено использовать функцию иначе, чем это предполагалось при проектировании.

8. *Полнота*. Введенные функции должны с учетом экономических и технологических ограничений как можно полнее соответствовать требованиям и пожеланиям пользователя.

Архитектура решения системных задач должна соответствовать основным целям и принципам любой архитектуры, как это описано в данном разделе. Прежде всего, эта архитектура должна быть ориентирована на пользователя, т. е. должна охватывать все типы системных задач, с которыми будет работать предполагаемый пользователь. Хотя представление об этом пользователе должно быть как можно более широким, в первую очередь она ориентирована на ученых, инженеров и других специалистов. Различные типы системных задач определены, исходя преимущественно из тех системных задач, которые возникают в разных областях науки и техники, а также в таких областях, как медицина, управление или право.

На архитектурном уровне решение системных задач должно рассматриваться и описываться с определенной дистанции, позволяющей, не отвлекаясь на детали, распознать общую структуру. Реальный архитектурный проект для решения системных задач, должен разрабатываться сверху вниз и отражать различные принципы хорошей архитектуры.

1.10. Основы моделирования и проектирования сложных систем и процессов на основе системного подхода

Будем рассматривать процессы, системы и их компоненты, которые относятся к числу сложных. Они характеризуются большим числом элементов, сложными пространственно-временными связями, зависимостью общих свойств объекта не только от свойств составляющих его элементов, но и от характера связей между ними.

Более сложными являются процессы и системы автоматизации проектирования, которые состоят из большого числа взаимосвязанных проектных операций, осуществляющих поиск, анализ, синтез, оценку, оптимизацию и выбор технических решений на различных стадиях проектирования.

Традиционные методы изучения и формализации сложных объектов и процессов, при которых основное внимание уделялось качественному и количественному описанию свойств объектов и составляющих их частей, не позволяют строить адекватные действительности модели, отображающие связи объектов с окружающей средой, их функцию и многоуровневую структуру. В то же время указанные характеристики объектов оказывают решающее влияние на вид и структуру алгоритмов процесса проектирования.

В связи с этим все большее значение для дальнейшего развития теории и методов проектирования приобретает системный подход к объектам производства, технологическим процессам и процессам проектирования. В отличие от традиционных методов формализации системный подход исходит из того, что специфика сложных объектов и процессов не исчерпывается свойствами составляющих их элементов, а обусловлена характером связей и отношений между элементами.

В системном подходе понятие система является более широким, она включает в себя в качестве составляющих такие понятия, как структура, функция, состояние, связь, элемент, отношение, управление и др. Это создает преимущества системного подхода перед традиционными методами исследования. В связи с этим системный подход служит методом комплексного изучения сложных объектов и процессов со стороны того, как они устроены, в каких отношениях и связях находятся их части, какова функция частей и объекта в целом, каков характер взаимодействия с окружающей средой.

Для системного подхода свойственно углубленное внимание к разработке собственного методологического аппарата. Специфической

чертой этой методологии является стремление основывать ее на принципе изоморфизма законов в различных областях знаний. Отсюда вытекает тезис о междисциплинарном характере системного подхода и о возможности переноса законов и понятий из одной области знаний в другую.

Особое место в системных исследованиях занимает кибернетика. В ней широко используется понятийный аппарат системного подхода, но, несмотря на это, кибернетика обладает своим собственным предметом исследования. Как отмечает М. И. Сетров, кибернетика, являясь наукой об управлении, рассматривает прежде всего одну очень важную сторону функционирования систем — регулятивную, в то время как для системного подхода характерно комплексное изучение объекта, охватывающее различные стороны его строения и функционирования.

К понятию системный объект или процесс относятся объекты и процессы любой природы, которые можно условно или физически расчленить на совокупность более простых взаимосвязанных между собой частей, выступающих как единое целое. Отношения характеризуют связи между частями и их свойствами, посредством которых части и элементы объединяются в систему. В свою очередь каждая полученная часть может рассматриваться как сложный объект, состоящий из более простых элементов.

В связи с этим к категории системных относятся не все объекты и процессы, а только те, которые состоят из отдельных частей и элементов и обладают целостным характером функционирования. Свойства и функции системных объектов не сводятся непосредственно к сумме свойств и функций составляющих их элементов. Они обладают новыми функциями и свойствами, которых может не быть у отдельных элементов. Например, собранная из отдельных деталей сборочная единица представляет собой техническую систему. Она характеризуется новыми свойствами и функциями, которых нет у отдельных деталей. В дальнейшем сложные объекты и технологические процессы их изготовления будем рассматривать как технические системы. Определим систему пятеркой следующих характеристик:

$$C=(H, F, S, Z, U),$$

где H — связи системы с окружающей средой; F — набор выполняемых системой функций; S — структура системы; Z — совокупность функциональных и структурных свойств системы; U — история функционирования и развития системы.

Приведенные характеристики относятся к числу системных и определяют наиболее существенные черты строения и

функционирования сложных объектов и процессов. Для того чтобы объекты, технологические процессы и процессы проектирования можно было бы отнести к категории системных, необходимо показать, что они обладают указанными выше системными характеристиками. Процессы, обладающие совокупностью указанных характеристик, могут рассматриваться как системные. Это дает возможность при разработке методов анализа и синтеза технологических процессов и систем опираться на аппарат кибернетики и теории систем. По сравнению с традиционными методами системный подход позволяет на единой методологической основе разрабатывать методы автоматизации проектирования систем и процессов, строить модели и формализованные языки для их описания и осуществлять проектирование в системе автоматизированного проектирования, как сложной человеко-машинной системы.

Структура жизненного цикла системы

Системы, как и любые объекты, возникают не сразу и проходят этапы развития. Замысел новой системы, представляющей собой сложную и даже очень сложную (большую) систему, никогда не возникает в законченном, четко очерченном виде.

В процессе проектирования новая система должна быть отражена (спроектирована) на бумаге или на соответствующих машинных носителях информации. Иными словами, должна быть разработана и выпущена техническая документация, включающая конструкторскую и программную документацию, по которой проектируемая система может быть изготовлена в промышленных условиях. Затем изготавливают экспериментальные и опытные образцы, которые тщательно отлаживают, детально проверяют и испытывают. Испытания охватывают как моделирование — математическое (абстрактное) и полунатурное, лабораторные исследования, так и натурные испытания в условиях, приближающихся к условиям эксплуатации. При отладке и испытаниям системы исправляют (корректируют) техническую документацию, устраняя как смысловые (семантические), так и формальные (синтаксические) ошибки.

В идеальном случае производство систем для эксплуатации осуществляется по тщательно отработанной на этапе проектирования технической документации. В силу того, что технология серийного производства отличается от технологии опытного производства, осуществляемого на этапе проектирования, а также вследствие того, что на этапе отработки в неполной мере учитываются статистические

характеристики комплектующих систему элементов и изделий, в процессе серийного производства неизбежна доработка проектировщиком технической и как следствие программной документации. Одна из основных задач проектировщиков на этапе серийного производства — обеспечение бесперебойного хода процесса производства систем с гарантированным уровнем заданных технических характеристик, осуществляемого в рамках авторского надзора, а также разработка и внедрение совместно с персоналом заводов методов оптимизации производства и повышения его эффективности.

Поскольку эксплуатация системы является основным этапом ее жизни, усилия проектировщиков направлены на то, чтобы обеспечить безусловное выполнение системой заданных технических характеристик. С этой целью на этапе проектирования разрабатываются методы и технические средства эксплуатационного обслуживания системы, которые включают в себя системы контроля и восстановления технического состояния эксплуатируемой системы. Очевидно, что снятие с эксплуатации системы управления связано с ее моральным старением и неэффективностью ее дальнейшей эксплуатации.

Каждая вновь создаваемая система имеет свой жизненный цикл существования, состоящий из следующих этапов:

- исследования ,
- проектирования,
- производства,
- эксплуатации,
- развития,
- гибели и утилизации.

Ниже приводится структурная схема, охватывающая весь жизненный цикл системы.



Раскроем коротко содержание каждого блока структуры жизненного цикла системы.

Цель. *Цель* системы можно определить различными способами. В соответствии с принятым общим подходом цель системы находится «в руках» создателя (заказчика) системы. Это значит, что для заданной системы произвольного эпистемологического уровня, определенной ее первичными свойствами, ассоциируемая с системой **цель** — это конкретное ограничение ее первичных или вторичных свойств, которое при данных обстоятельствах создатель (заказчик) считает предпочтительным.

Таким образом, данная система может рассматриваться с точки зрения различных целей. В некоторой степени система удовлетворяет любой цели. Эта степень, называемая *характеристикой системы относительно цели*, может быть измерена (в некотором смысле) близостью действительных и желаемых проявлений тех свойств системы, которые предусмотрены целью. Обычно она определяется в терминах соответствующей функции, называемой *характеристической (целевой) функцией*.

Обозначим через \mathcal{X} множество систем, отличающихся свойствами, которые в данном случае определяют понятие цели (остальные свойства совпадают). Тогда характеристическая (целевая) функция, обозначим ее ω , имеет вид

$$\omega : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \rightarrow [0, 1],$$

где $\omega(x, x^*)$ представляет степень соответствия данной системы $x \in \mathcal{X}$ целевой системе (хорошей, идеальной) $x^* \in \mathcal{X}$.

Характеристическую функцию удобно определять соответствующей функцией расстояния

$$\delta : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$$

с помощью формулы

$$\omega(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*) = \frac{\delta_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \delta(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*)}{\delta_m(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{y}})} = 1 - \frac{\delta(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*)}{\delta_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})}$$

где

$$\delta_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_{\mathbf{z}, \mathbf{y} \in \mathcal{X}} \delta(\mathbf{x}, \mathbf{z})$$

Пример. Предположим, что цель определена с помощью подходящей функции поведения f_B^* на множестве систем с поведением, характеризующихся одной и той же исходной системой и маской M . Тогда множество \mathcal{X} в этом примере представляется множеством систем с поведением

$$F_B = (S, M, f_B),$$

отличающихся только функциями поведения f_B . Возможным и, видимо, подходящим в данном случае способом определения расстояния между системами является расстояние Хэмминга

$$\delta(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{c \in C} |x^c f_B(c) - y^c f_B(c)|.$$

Для вероятностных функций поведения $\delta_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 2$ и

$$\omega(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*) = 1 - \delta(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*)/2;$$

для возможных

$$\delta_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}^*) = |C|,$$

$$\omega(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*) = 1 - \delta(\mathbf{x}, \mathbf{x}^*)/|C|.$$

Очевидно, что разные цели и характеристические функции применимы к разным типам систем. Тем не менее разные типы целей, требующих определенных характеристических функций, можно определить и для одних и тех же типов систем. Например, для систем с поведением цели можно определить через подходящую функцию поведения, множество функций поведения, множество локальных функций поведения для определенных подмножеств параметрического множества, множество функций поведения, представляющих подходящие подсистемы, и т. д. Очевидно, что для каждого из этих типов целей необходима конкретная характеристическая функция.

Понятия цели и характеристики являются базовыми для определения понятия целенаправленных систем.

Задачи. После формулировки цели и подцелей системы, необходимо определить перечень и содержание задач, которые необходимо решать системой для реализации поставленных перед системой цели и подцелей. Таким образом, **создание системы начинается с формулировки задач**, в которых должна быть раскрыта основная цель функционирования системы и сжато сформулированы основные условия при учете которых решаются задачи.

Следующий этап – содержательное описание и точная постановка задач.

Здесь необходимо четко определить основное содержание проблемы, установить границы ее решения, выявить основные факторы, влияющие на исследуемые процессы или систему, и определить отношения между ними. В сущности этот начальный этап исследования является самым важным, ибо правильное решение любой проблемы зависит прежде всего от того, насколько верно понято, что в действительности она собой представляет и в чем ее сложность.

В результате этого этапа проработки задачи исследователь должен:

- ясно понимать цель и назначение исследуемой системы,
- выявить информацию об учитываемых параметрах внешней среды и системы,
- установить совокупность допущений, в рамках которых решается задача.

Задача может считаться поставленной точно, если используемая для решения информация является полной (достаточной для получения результата) и непротиворечивой. На этом же этапе осуществляется выбор критерия для оценки эффективности исследуемой системы.

Очередным этапом проработки является формализация задачи, которая состоит в следующем:

- разрабатывается модель системы;
- осуществляется аналитическое представление выбранного критерия эффективности.

Далее рассматривается вопрос о целесообразности решения. Решение задачи нецелесообразно, если результат решения устаревает к моменту его получения и его использование не имеет смысла.

Очередной этап – разработка алгоритма решения задачи.

Следующий этап реализация разработанного алгоритма. На этом этапе, разработанный, удовлетворяющий требованиям алгоритм программно реализуется на вычислительных средствах.

Функции. В широком смысле функцию определяют как способность системы к целесообразной деятельности в рамках более сложной системы, в состав которой она входит. Целесообразная деятельность

характеризуется совокупностью таких реакций системы на изменения, происходящие во внешней среде и внутри системы, которые делают функционирование направленным на достижение поставленной цели; так, например, в системах с адаптивным управлением эти изменения фиксируются специальными датчиками, передающими информацию о состоянии внешней и внутренней среды в управляющие устройства системы. Последние вырабатывают целесообразные реакции на возникающие в среде изменения, т. е. определяют режимы работы системы, которые обеспечивают наибольшую производительность или минимальную себестоимость при достижении требуемой точности объекта.

В отличие от живых организмов функция технических систем жестко predetermined ее конструкцией на стадии проектирования или может быть запрограммирована как, например, для систем с программным управлением. Так, например, в технических системах детали (элементы) системы выполняют различные функции: крепления, фиксации, направления движения, разделения двух сред, объединения деталей в один узел (корпусные детали) и др. Функция каждой детали направлена на выполнение общей функции узла, в который она входит. Точно так же функции отдельных узлов направлены на обеспечение функции системы в целом.

Таким образом, функция системы Q или отдельного ее элемента — это такое их отношение с другими элементами $Q \Psi \{Q_1, Q_2, \dots, Q_i\}$, которое определяет взаимозависимость части и целого, делает функционирование элемента направленным и целесообразным.

Для объектов-преобразователей, связанных с другими объектами посредством входов и выходов, функция определяется преобразованием φ множества входов $X = \{X_i\}$ в множество выходов $Y = \{Y_j\}$ и описывается отображением

$$\varphi : \{X_i\} \rightarrow \{Y_j\}.$$

Системное определение функции отражает не только количественную, но и качественную сторону зависимости части и целого.

Функция технологического процесса заключается в преобразовании $\varphi_{\text{тп}}$ объекта из исходного состояния C_0 в конечное C_k , определяемое техническими требованиями к объекту:

$$\varphi_{\text{тп}} : C_0 \rightarrow C_k.$$

Исходное состояние C_0 задается набором параметров, характеризующих форму и размеры объекта, материал и его механические свойства. Конечное состояние C_k определяет форму, размеры, точность и физико-механические свойства готового объекта.

Для процессов объединения подсистем C_0 характеризуется множеством элементов и подсистем нижнего уровня DT_i, CB_i , входящих в состав системы, а состояние C_k определяет собранную систему:

$$\varphi_{CB}: \{DT_i, CB_i\} \rightarrow ИЗ.$$

Преобразование φ является сложным. В соответствии с разделением технологического процесса на операции общая функция F расчленяется на совокупность функций отдельных операций: $F \rightarrow \{\Phi_1, \Phi_2, \dots\}$. Функция каждой операции заключается в преобразовании объекта из одного промежуточного состояния в другое: $\varphi: C_{i-1} \rightarrow C_i$. Преобразование φ_i соответствует виду технологической операции. Промежуточное состояние C_i характеризует форму, межоперационные размеры объекта и их точность, физико-механические свойства поверхностей, полученные в результате выполнения i операции. Состояние C_{i-1} обозначает указанные свойства объекта-заготовки, поступающего на операцию.

Для реализации операционной функции Φ требуется выполнить определенное число основных и вспомогательных переходов (процедур).

В соответствии с заданной структурой операции ее функция расчленяется на совокупность функций отдельных переходов (процедур): $\Phi \rightarrow \{f_1, f_2, \dots, f_i\}$. Функция основного перехода состоит в преобразовании ψ_j простой или сложной поверхности из состояния σ_{i-1} в состояние σ_i , т. е. $\psi: \sigma_{i-1} \rightarrow \sigma_i$. Здесь ψ_i — вид перехода (процедуры), а σ_{i-1}, σ_i — состояние поверхности до и после выполнения перехода(процедуры).

Таким образом, каждому структурному элементу технологического процесса соответствует своя функция. Расчленение его на процедуры, операции, переходы, приемы, движения и команды управления системами приводит к расчленению общей функции процесса на отдельные подфункции.

Механизмы и узлы технических систем выполняют разнообразные функции: передачи и преобразования движений, направления, опоры, фиксации, зажима и т. д. Сложные объекты, как правило, выполняют не одну, а несколько функций. Например, функция шпиндельного блока в металлорежущей системе (станке) заключается в передаче вращения от вала электродвигателя $n_{дв}$ нескольким шпинделям n_1, n_2, \dots, n_k :

$$\gamma_{ш}: n_{дв} \rightarrow \{n_1, n_2, \dots, n_k\}.$$

Функция шпинделя заключается в фиксации f_Φ , закреплении f_3 и сообщении вращения инструменту f_v : $F_{ш} = \{f_\Phi, f_3, f_v\}$.

Функция процесса проектирования, реализуемого в САПР системой алгоритмов и программ, характеризуется преобразованием сведений об обрабатываемом объекте DT , программе выпуска N и производственной системе предприятия $ПС$ в информационные модели технологических процессов ТП, наиболее рациональных для данных производственных условий:

$$v: \{(DT, N)_i, ПС\} \rightarrow \{ТП_i\}.$$

Преобразование v является сложным и расчленяется на ряд проектных операций, таких, как поиск аналогов, синтез решений, имитационное моделирование, оптимизация и др.

Для реализации одной и той же функции могут быть созданы системы с различной структурой, обладающие разными технико-экономическими характеристиками. Например, обработку детали можно производить с помощью различных по структуре технологических процессов, а заданную функцию узла выполнять различными по конструкции механизмами. Это обстоятельство приводит к многовариантности задач синтеза сложных объектов и технологических процессов на основе заданной функции.

СТРУКТУРА. Качественная определенность систем обусловлена их структурой, под которой понимается совокупность устойчивых отношений между частями целостного объекта или процессов. Относительная выделенность частей системы и их взаимосвязь — это две противоположности. В связи с этим структуру необходимо рассматривать как единство противоположных сторон: **расчлененности и целостности.**

Расчлененность отражает одну из общих сторон структуры и характеризуется качественной спецификой частей системы и их количеством. Для каждой системы существует несколько способов расчленения на подсистемы и элементы. Так, технологический процесс можно по-разному расчленить на операции, а последние — на установки и переходы. Изменение качественного состава и количества операций при переходе от одного способа расчленения к другому вызывает изменение структуры технологического процесса. Например, замена протяжной операции на токарную при обработке центральных отверстий во втулках и шестернях или объединение нескольких операций в одну за счет применения многопозиционных станков влечет за собой изменение структуры процесса.

Это справедливо и для сложных объектов. Металлорежущий станок по функциональному признаку расчленяется на несколько узлов: шпиндельный блок, коробку подач, суппорт, станину и др. При другом способе тот же станок разделяется на механические, электрические,

гидравлические и другие узлы. Таким образом, способ расчленения R системы Q характеризуется множеством ее компонент $R_Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ и их качественной спецификой, описываемой набором параметров $Z_q = \{Z_1, Z_2, \dots\}$.

Для процессов проектирования также может быть не один, а несколько способов расчленения проектной задачи на компоненты различной сложности. Так, при одном способе расчленения в основу принимается вид проектных операций независимо от функционального характера решаемых задач. При этом процесс проектирования разделяется на проектные операции: синтез решений, поиск объектов-аналогов, оптимизация, моделирование, анализ, оценка и др. При другом способе расчленения задача проектирования делится на подзадачи по функциональному признаку. Например, общая задача проектирования операционной технологии разделяется на определение формы и межоперационных размеров детали-заготовки, структуры операции, выбор элементов системы СПИД и др.

Расчлененность характеризуется своеобразной ступенчатостью, простирающейся в каждой структуре на различную глубину. Применив к исходной системе определенный способ расчленения, получим множество подсистем первого уровня $\{Q^1_1, Q^1_2, \dots, Q^1_n\}$, на втором уровне для деления каждой подсистемы Q^1_i может использоваться свой признак: для Q^1_1 — r^2_1 , для Q^1_k — r^2_k и т. д. Каждый из признаков r^2_i конкретизирует признак r^1_i . В результате последовательного расчленения получим граф $S_j(Q, R)$ структуры системы (рис. 1).

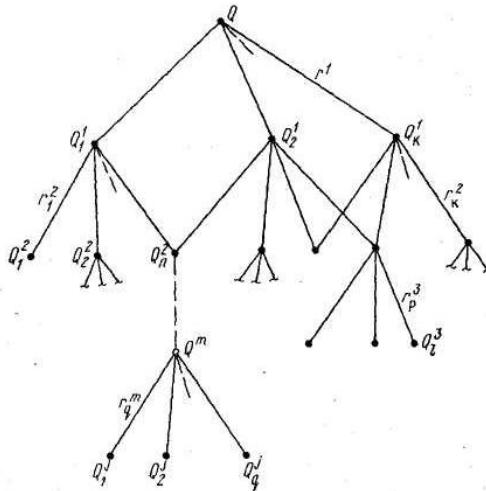


Рис. 1. Граф структуры системы

Вершинами последнего уровня являются базовые структурные элементы объектов и процессов, дальнейшее расчленение которых нецелесообразно с точки зрения характера решаемых задач. Например, для станков с ручным управлением технологический процесс расчленяется до уровня переходов, а для станков с цифровым программным управлением процесс обработки дифференцируется до уровня приемов команд управления станком.

Выбор способа расчленения системы зависит от типа решаемых задач. Правильное исходное расчленение объекта или процесса позволит наиболее просто решать задачи анализа и синтеза технических систем и процессов, в то время как нерациональное расчленение сильно усложнит эти задачи или сделает невозможным их решение. При каждом способе расчленения получается различное число качественно специфичных частей с разным характером взаимного расположения. Поэтому для однозначного задания структуры системы необходимо указать способ ее расчленения. Каждому способу соответствует определенный тип взаимосвязей частей системы — своя форма целостности.

Целостность — это вторая сторона структуры. Если системность подразумевает наличие связей между компонентами объекта, а также между объектом и окружающей средой, то целостность характеризует большую силу и существенность внутренних связей по сравнению с внешними связями системы с окружающей средой. Именно это обстоятельство создает качественную определенность и выделенность объекта как системы.

Виды и количество связей между частями системы во многом зависят от их природы. Каковы части, их относительное взаимное расположение, таков характер связей и взаимодействия между ними. В сложных объектах, например в механических узлах, существуют кинематические, конструктивные и размерные связи между его частями и соответствующие им три вида структур: S_ϕ , S_b , S_p . В технологическом процессе можно выделить функциональные, временные и пространственные связи между различными его структурными элементами. Каждому виду связей соответствует своя структура. Поэтому можно говорить о **функциональной, временной и пространственной структурах** технологического процесса и его частей S_ϕ , S_b , S_p . Таким образом, **структура** выступает как **определенный закон взаимосвязи** частей сложных объектов и процессов, как инвариантный аспект системы, в то время как **система** представляет собой **качественно определенную целостность**, характеризующуюся множеством взаимосвязанных структур.

Для построения моделей структур сложных объектов, технологических процессов и элементов системы необходимо выбрать математический аппарат, наиболее просто и адекватно отображающий способы расчленения и различные виды взаимосвязей между их частями и элементами. Наиболее удобной, на наш взгляд, является теория графов и отношений.

Таким образом, расчленение - это отрицание простой целостности системы и переход к новой ее форме на качественно более глубоком уровне расчлененности.

В результате проведения системно-структурного анализа формируется представление о сложной расчленено-целостной структуре объектов и процессов

Организация. Разработка и внедрение средств проектирования систем требуют выполнения большого комплекса работ. Одним из важнейших направлений работ при проектировании внедрении системы является организационная подготовка или обеспечение проектирующей системы. Рассмотрим метод создания организационного обеспечения на примере проектирования системы автоматизированного управления производством (АСУП).

Предприятием при внедрении АСУП в плане организационного обеспечения выполняются следующие основные весьма трудоемкие работы: исследование и определение перечня задач, которые должны решаться по подсистемам АСУП; определение очередности разработки подсистем, задач; разработка методики и постановка решения задач в АСУП; совершенствование организационной структуры управления предприятием в связи с централизацией выполнения многих функций управления при внедрении АСУП; совершенствование организационных и методологических принципов управления, позволяющих повысить ответственность исполнителей, устранить параллелизм и дублирование в выполнении работ; унификация документации и документооборота и нормализация информационных потоков, формирование единой системы информационного обеспечения — банка данных, создание справочно-нормативной базы АСУП; разработка систем классификации и кодирования всех элементов управления и обеспечения; разработка системы формализованного описания процедур управления — базы автоматизации процессов управления; обучение персонала при работе в условиях АСУП (обучение навыкам работы с машинными документами, ознакомление с правилами и требованиями к оформлению документов).

На рис. 2 приводится схема классификации работ по организационному обеспечению.

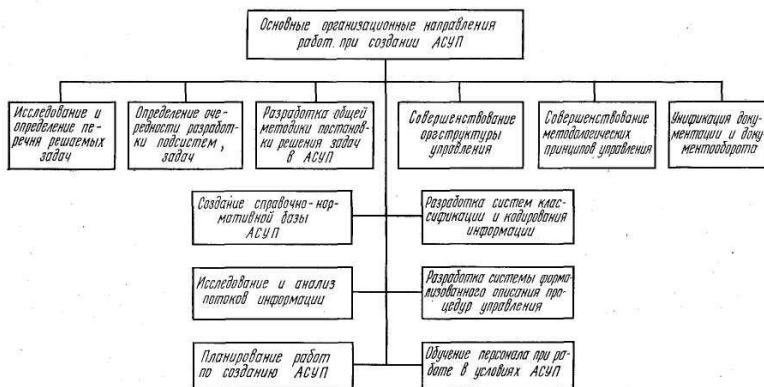


Рис. 2. Организационные направления работ при создании АСУП

Следует отметить, что вопросы организационного обеспечения разрабатываются и решаются на всех стадиях разработки и внедрения АСУП, но важнейшие принципиальные разработки должны быть выполнены на стадии предпроектного обследования и технического задания на разработку АСУП. Например, если не будет проведена работа по комплексной формализации процедур управления предприятием, то невозможно обеспечить комплексную увязку задач в единую систему.

Управление и схемы управления. Управление — это процесс воздействия на объект с целью создания условий, обеспечивающих требуемое течение процессов в объекте или требуемое изменение его параметров. Выполнение практически всех технологических операций связано с управлением. Например, при прокатке металла толщина прокатываемой полосы должна находиться в заданных пределах; при термической обработке различных изделий требуется поддерживать заданный температурный режим и т. д. Сами по себе объекты, в которых протекают те или иные рабочие процессы, обычно не обеспечивают их нормального хода, т. е. не могут устранить отклонение режима от требуемого, вызванного различными причинами. Поэтому необходимо управление. Управление, осуществляемое без участия человека, называют автоматическим. Бурное развитие электроники и вычислительной техники привело к широкому внедрению электронных устройств в системы автоматического управления.

Чтобы ознакомиться с принципами построения систем автоматического управления, вначале рассмотрим, как протекает процесс ручного управления. Предположим, что перед оператором стоит задача поддерживать температуру в нагревательной печи на заданном уровне. Для выполнения этой задачи оператор должен:

- 1) измерять температуру в печи или следить за показаниями приборов, измеряющих температуру;
- 2) сопоставлять действительную температуру с заданным значением и определять величину отклонения — рассогласования;
- 3) в зависимости от величины и знака рассогласования, воздействуя на управляющий орган, изменять режим работы печи таким образом, чтобы привести температуру к заданному значению.

При автоматическом управлении все эти операции выполняет специальное управляющее устройство. Частный случай управления, когда задача решается за счет поддержания постоянства тем или иных величин, называют *регулированием*. В этом случае управляющее устройство называют *автоматическим регулятором*. Совокупность объекта управления и управляющего устройства или автоматического регулятора образует *систему автоматического управления (САУ)* или *регулирования (САР)*.

Рассмотрим, из каких элементов должен состоять автоматический регулятор, чтобы выполнять ту же работу, что и оператор при ручном регулировании температуры. Для ввода задания требуется задающее устройство ЗУ; для контроля температуры (в общем случае регулируемой величины) необходим измерительный (чувствительный) элемент ЧЭ; для определения величины рассогласования должно быть устройство сравнения УС, а для изменения режима работы объекта требуется усилительное УУ и исполнительное ИУ устройство, воздействующее на регулирующий орган объекта.

Обозначив объект регулирования О и все элементы автоматического регулятора прямоугольниками с соответствующими буквенными обозначениями, расположив их в последовательности, в которой они действуют друг на друга, и указав стрелками направление действия, получим функциональную схему САР (рис. 3).

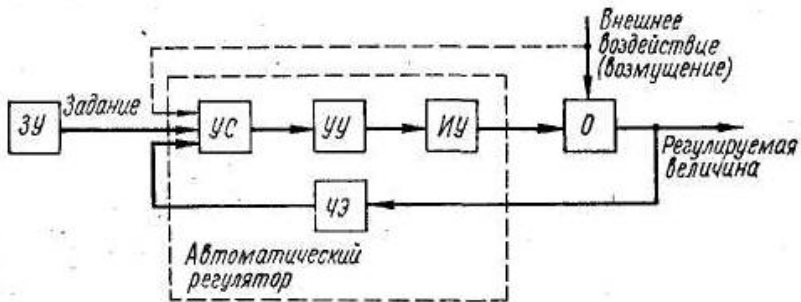


Рис. 3. Функциональная схема САР

На вход автоматического регулятора подается задающее воздействие (задание), содержащее информацию о требуемом значении регулируемой величины, т. е. о цели регулирования. Помимо задания в общем случае на вход автоматического регулятора поступает также информация о текущем значении регулируемой величины и о действующих на объект возмущениях (внешних воздействиях). Под влиянием возмущений происходит отклонение регулируемой величины от заданного значения. Автоматический регулятор реагирует на это отклонение и стремится свести его к нулю.

Рассмотрим работу САР на примере системы стабилизации температуры нагревательной печи (рис. 4). Измерительным элементом в системе является термометр сопротивления $ТС$, включенный в одно из плеч моста, выполняющего роль устройства сравнения.

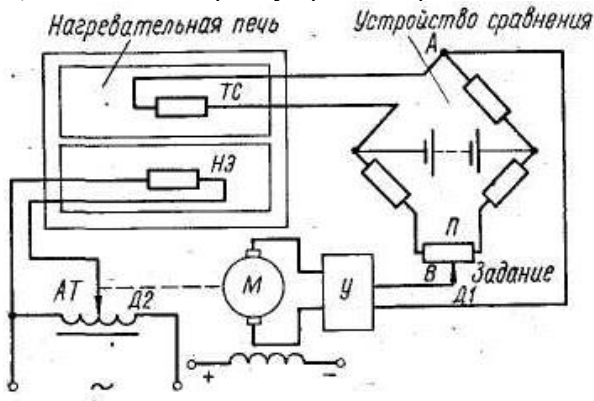


Рис. 4. Схема системы автоматической стабилизации температуры нагревательной печи.

Исполнительное устройство представляет собой двигатель постоянного тока M с независимым возбуждением, якорная цепь которого питается от усилителя $У$. Регулирующим органом является движок $Д2$ автотрансформатора $АТ$, перемещаемый двигателем M . Температура печи изменяется за счет изменения напряжения, подаваемого на нагревательные элементы $НЭ$ от автотрансформатора $АТ$.

Заданное значение температуры печи определяется положением движка - $Д7$ потенциометра $П$. Если температура печи соответствует заданной, то мост сбалансирован и разность потенциалов между точками A и B равна нулю. На вход усилителя напряжение не поступает и двигатель M не вращается.

Если температура печи по каким-либо причинам превысит заданное значение, сопротивление терморезистора $ТС$, являющегося одним из плеч моста, увеличится, мост разбалансируется и между точками A и B появится напряжение, пропорциональное отклонению температуры от заданной. Это напряжение усиливается усилителем $У$ и подается на якорь двигателя M . Двигатель начинает вращаться и перемещает движок $Д2$ в таком направлении, чтобы напряжение, поступающее на нагревательные элементы $НЭ$, уменьшилось и температура понизилась до заданной. Если же температура будет ниже заданной, сопротивление терморезистора $ТС$ уменьшится и полярность напряжения между точками A и B моста станет противоположной по сравнению с предыдущим случаем. Поэтому двигатель будет вращаться в другую сторону и перемещать движок $Д2$ в таком направлении, чтобы напряжение на нагревательных элементах и, следовательно, температура печи повысились. Действуя таким образом, система автоматически поддерживает требуемую температуру в печи.

Характерной особенностью рассмотренной системы является то, что она замкнута, т. е. на вход системы подается информация о значении выходной величины, которое сравнивается с заданием. Сигнал, пропорциональный отклонению выходной величины от заданного значения, усиленный усилителем $У$, представляет собой управляющее воздействие, стремящееся свести к нулю возникшее отклонение. В рассмотренной системе осуществлен наиболее распространенный в САР принцип регулирования по отклонению выходной величины.

Функциональные схемы. Системы весьма разнообразны по своей физической природе, техническому осуществлению, принципам работы отдельных элементов. Однако в них при всем их различии

можно выделить элементы, выполняющие одинаковые функции. Рассмотрим как эти функции представлены в системе. В качестве примера рассмотрим САР. Элементы и связь между ними представлены функциональной схемой САР, приведенной на рис. 3. Эта схема является общей для всех САР.

Рассмотрим подробнее назначение и свойства элементов функциональной схемы.

Объект управления. Несмотря на большое разнообразие объектов управления, все они характеризуются следующими основными свойствами:

- 1) целевым назначением — способностью давать какой-либо полезный результат;
- 2) состоянием объекта, которое в зависимости от физической природы может характеризоваться различными параметрами: температурой, напряжением, скоростью движения, положением в пространстве и т. д.;
- 3) управляемостью, т. е. способностью реагировать на внешние воздействия, приложенные к его специальным элементам — органам управления.

Измерительный (чувствительный) элемент. Измерительные элементы предназначены для измерения регулируемой величины и существенно различаются в зависимости от ее физической природы. Они делятся на две группы: измерители электрических и неэлектрических величин. К первой группе относятся элементы, чувствительные к изменениям электрического напряжения, тока, мощности, частоты, ко второй — элементы, чувствительные к изменениям температуры, давления, линейного перемещения, частоты вращения и т. д.

Всякое измерение обычно связано с преобразованием измеряемой величины, т. е. измерительный элемент по существу является преобразователем, который преобразует измеряемую величину в величину в общем случае иной физической природы, удобную для дальнейшего использования в САР. В частности, в рассмотренной схеме стабилизации температуры (рис. 4) измерительным устройством является термометр сопротивления, преобразующий изменение температуры в изменение электрического сопротивления.

Задающее устройство. Предназначено для установления (задания) необходимого значения регулируемой величины. В простейшем случае это может быть потенциометр (рис. 4), сельсин или другое устройство, положение которого устанавливается вручную. В системах программного управления задающее устройство более сложное. Оно преобразует программу, записанную на каком-либо программноносителе, в сигнал, изменяющийся по требуемому закону.

Как и измерительный элемент, задающее устройство часто является преобразователем. Сигнал на его выходе должен быть той же физической величиной (напряжение, ток, частота), что и на выходе измерительного элемента.

Устройство сравнения. Предназначено для сопоставления регулируемой величины с ее заданным значением с целью определения рассогласования. Поэтому устройство сравнения называется также датчиком рассогласования, ошибки или отклонения. Обычно оно выполняет операцию вычитания.

Структурные схемы. Структурная схема — условное графическое изображение элементов систем и связей между ними. Использование структурных схем позволяет проводить исследование наиболее общих свойств структур систем с целью выявления их общих закономерностей (в частности, определение степени и близости связи отдельных элементов и выявление необходимости принятия тех или иных проектных решений, обеспечивающих оптимальную организацию этой связи). Использование структурных схем систем позволяет выявить ряд комплексов элементов, находящихся всегда (или почти всегда) в одной и той же взаимосвязи и выполняющих одинаковые или сходные функции и связи между такими комплексами. С помощью анализа структурных схем выявляется иерархичность структуры системы, что позволяет эффективно применять функционально-блочный метод моделирования и проектирования при котором существенно упрощается решение задачи оптимизации системы по ряду критериев — эффективности, стоимости, габаритам, массе, надежности и т. д. Структурные схемы систем обычно анализируют с использованием теории графов. При составлении структурных схем систем в виде графов элементы наиболее часто представляют в виде вершин, а связи — в виде ребер графа. При исследовании влияния различных воздействий на системы и при установлении причинно-следственных зависимостей между отдельными параметрами системы исследуемые элементы и параметры представляют в виде вершин, а воздействия и причинно-следственные зависимости — в виде ребер графа. Для пояснения способов составления структурных схем систем рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Составить схему механической структуры конструкции, показанной на рис. 5, состоящей из платы 1 с расположенными на ней элементами 2, 3, 4, крепящейся с помощью втулок 6, 6' и винтов 5, 5', к шасси 7.

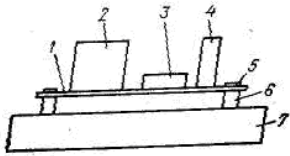


Рис. 5. Схема механической конструкции

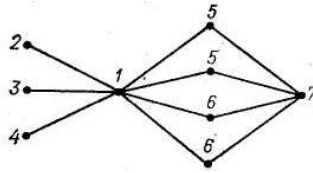


Рис. 6. Граф структуры конструкции

Из рассмотрения рис. 5 следует, что элементы 2, 3, 4 имеют механическую связь только с платой 1, и поэтому соответствующий граф должен иметь ребра, соединяющие вершину 1 с вершинами 2, 3, 4 (для удобства номера вершин графа обычно принимаются соответствующими номерам элементов рассматриваемой конструкции). Плата 1 механически связана только с втулками 5, 5' и винтами 6, 6', поэтому соответствующий граф должен иметь ребра, соединяющие вершину 1 с вершинами 5, 5', 6, 6'. Втулки 5, 5' опираются на шасси 7, винты 6, 6' механически соединяются с этим шасси, поэтому соответствующий граф должен иметь ребра, соединяющие вершины 5, 5', 6, 6' с вершиной 7.

Полученный граф механической структуры рассматриваемой конструкции показан на рис. 6. Этот граф является неориентированным, так как направление действия механических сил в данном случае не имеет значения.

Пример 2. Составить схему кинематической структуры конструкции механизма, показанной на рис. 7, состоящей из шести шестерен 1, 2, 3, 4, 5, 6.

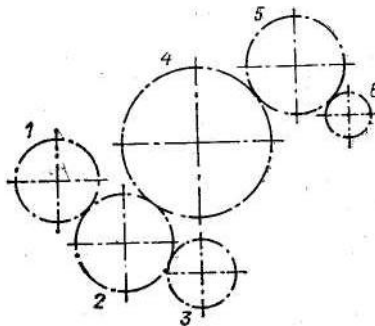


Рис. 7. Кинематическая схема механизма

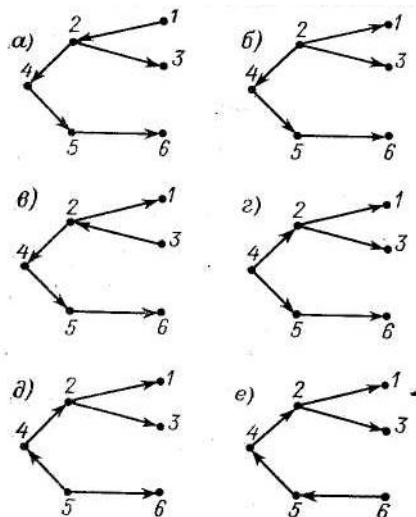


Рис. 8. Граф кинематической схемы механизма:

a — ведущая шестерня 1; *б* — ведущая шестерня 2; *в* — ведущая шестерня 3; *г* — ведущая шестерня 4; *д* — ведущая шестерня 5; *е* — ведущая шестерня 6

С помощью рассуждений, аналогичных приведенным выше, легко построить неориентированный граф, соответствующий механической структуре (схема зацепления шестерен) рассматриваемой конструкции (рис. 8). Ориентация ребер графа зависит от того, какая из шестерен механизма является ведущей; на рис. 8 приведены соответствующие ориентированные графы для случаев, когда ведущими являются соответственно шестерни 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Пример 3. Составить схему электрической структуры коммутационного устройства, показанной на рис. 9, состоящей из двух входов 1, 2, четырех коммутационных органов 3, 4, 5, 6 и двух выходов 7, 8.

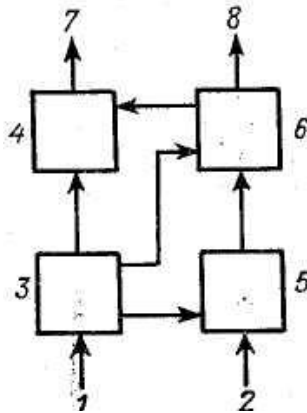


Рис. 9. Структурная схема устройства

С помощью рассуждений, аналогичных приведенным выше, легко подстроить ориентированный граф, показанный на рис. 10 и соответствующий электрической структуре рассматриваемой конструкции, причем ориентация ребер графа совпадает с направлениями коммутации входов 1, 2 и выходов 7, 8.

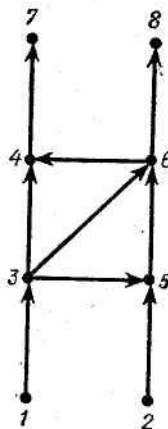


Рис. 10. Граф электрической структуры устройства

Аналогично решаются и другие типы задач по представлению различных структур в виде графов.

Анализ связей с помощью структурных схем, представленных в виде ориентированных графов, заключается в нахождении и оценке непосредственных и транзитных путей между его вершинами. Так, например, на графе, приведенном на рис. 9, непосредственными являются пути между вершинами 1 и 3, 2 и 5, 4 и 7, 5 и 6 и т. д., а транзитными — пути между вершинами 1 и 6, 1 и 7, 2 и 6 и т. д.

Основными задачами структурного анализа являются: определение числа путей между различными вершинами графа, анализ состава этих путей и определение максимальных и минимальных путей.

Организационные схемы. Рассмотрим вопрос построения организационных схем на примере организационной структуры управления предприятием.

Организационная структура управления представляет собой состав и соподчиненность взаимосвязанных организационных единиц и звеньев аппарата управления, выполняющих различные функции по управлению отраслью, объединением, предприятием.

Организационная структура предприятий и производственных объединений построена по *линейно-функциональному* принципу. Управление производственными процессами осуществляется по линейной схеме (директор — начальник цеха — мастер), при этом руководитель на каждом уровне управления оказывает прямое воздействие на объект управления по всем функциям, что обеспечивает соблюдение принципа единоначалия, исключает параллелизм и обезличку в работе подразделений. Функциональные подразделения или отдельные работники подготавливают информацию для соответствующих линейных руководителей.

На рис. 11 показана типовая схема управления машиностроительным предприятием, построенная по линейно-функциональному принципу. Организационная структура аппарата управления предприятий (объединений) имеет пирамидальный вид, т. е. содержит несколько уровней управления (иерархических уровней), что соответствует принципам системного построения организации. Иерархическое строение характерно как для линейного управления (директор — начальник цеха — мастер), так и для функционального, например по функции конструкторской подготовки производства (главный инженер — главный конструктор — начальник бюро — руководитель группы). Научное обоснование рационального количества уровней управления и распределения по ним управленческих работников является важным фактором, от которого зависит эффективность функционирования системы управления. Излишнее количество уровней замедляет прохождение управленческой информации; с другой стороны,

На кинематической схеме показывают всю совокупность кинематических элементов и их соединений, по которым можно осуществлять регулирование, управление и контроль заданных движений исполнительных органов.

На схеме отражают кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов между отдельными парами, цепями и группами.

Кроме этого, указывают связь с источником движения.

Кинематическую схему системы выполняют (вычерчивают), как правило, в виде развертки. Допускается в случае необходимости кинематические схемы вписывать в контур изображения изделия (рис.12). Допускается также кинематические схемы вычерчивать в аксонометрических проекциях.

Стандартом предусмотрены условные изображения и обозначения элементов и связей механических систем, которые должны учитываться при вычерчивании кинематических схем.

Взаимное расположение элементов систем на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов системы.

На кинематических схемах указывают:

- а) наименование каждой входящей в схему кинематической группы элементов, учитывая ее основное функциональное назначение, например привод передачи.;
- б) основные характеристики параметров кинематических элементов определяющие исполнительные движения рабочих органов, входящих в изделия, или их составных частей.

Если кинематическая схема системы содержит элементы, параметры которых при регулировании подбором уточняют, то на схеме эти параметры указывают на основе расчетных данных и на чертеже схемы делают надпись по типу: «Подбирается при регулировании».

В тех случаях когда кинематическая схема изделия содержит отсчетные, делительные и другие точные механизмы и пары, то на такой кинематической схеме указывают все данные об их кинематической точности:

- а) степень точности передачи;
- б) величины допускаемых относительных перемещений;
- в) величины допускаемых поворотов;
- г) величины допускаемых мертвых ходов между основными ведущими и исполнительными элементами и т. п.

Допускается на кинематической схеме указывать:

- а) предельные величины чисел оборотов валов кинематических цепей;

б) справочные и расчетные данные (в виде таблиц, графиков и диаграмм), отражающие последовательность процессов по времени и поясняющие связи между отдельными элементами.

В тех случаях, когда кинематическая схема служит для динамического анализа, на ней указывают все необходимые размеры и характеристики элементов. Кроме этого, указывают наибольшие величины нагрузок основных ведущих элементов. На такой схеме показывают опоры валов и осей с учетом их функционального назначения.

Аналогичные требования при выполнении принципиальных схем систем, предъявляются при разработке и вычерчивании электрических, пневматических, гидравлических и др. схем.

Проектирование. Процесс проектирования систем заключается в последовательном изменении отношений между моделями, отображающими проектные решения при их объединении в проекты. Проектирование осуществляется системой проектирования, в которой происходит реализация проектных процедур. Эти процедуры положены в основу функционирования системы проектирования. Сущность проектных процедур заключается в следующем.

На стадии, предшествующей разработке, задается совокупность нескольких наиболее важных параметров проектируемой системы (проектных параметров), которые, в свою очередь, являются функциями от параметров частных моделей, описывающих технические, программные, информационные и другие элементы проектируемой системы. Частные модели являются обычно результатом НИР. Для сложных объектов характерно наличие неполных сведений об изменении свойств частных моделей в процессе их агрегирования. Такое изменение свойств оказывает влияние на проектные параметры и требует проведения исследований и уточняющих экспериментов в процессе проектирования. Таким образом на входе алгоритма проектирования задается относительно небольшое количество проектных параметров, а также множество частных моделей. Выходом алгоритма является агрегированная модель создаваемого объекта, степень детализации которой меняется в процессе проектирования. Такое уточнение их свойств может быть описано с использованием теоретико-множественных процедур. В этой связи необходимой предпосылкой, предшествующей организации процесса проектирования, является выбор подмножества таких частных моделей, которые связаны отношением толерантности (вид отношения, для которого установлены свойства симметричности и рефлексивности). Далее в процессе проектирования необходимо

осуществлять сравнение свойств частных моделей, отображающих варианты проектных решений. Это требование определяет такое уточнение свойств частных моделей, при котором обеспечивается транзитивность отношений. Установление такого свойства в дополнение к свойствам симметричности и рефлексивности обуславливает переход к отношению эквивалентности. Смысл перехода к этому отношению заключается в выборе подмножества частных моделей, характеристики которых соответствуют требованию к проекту и процессу проектирования (рефлексивность), допускают различные варианты стыковки (симметричность) и транзитивно сравнимы между собой.

Получение информации о предпочтительных взаимосвязях различных частных моделей, объединяемых в проект, позволяет осуществить далее уточнение свойства симметричности на множестве с отношением эквивалентности. **В результате на множестве проектных решений устанавливается отношение квазипорядка со свойствами рефлексивности, транзитивности и асимметричности.**

Дальнейшее уточнение свойств частных моделей связано с установлением предпочтительных взаимодействий между ними, которые сводятся к установлению режима работы каждого элемента создаваемой системы. Это приводит к установлению свойства антисимметричности между проектными решениями и установлению отношений нестрогого порядка. При установлении отношения строгого порядка завершается процесс уточнения свойств применяемых в проекте частных моделей, что соответствует формально установлению свойства антирефлексивности. Такой подход к описанию процесса проектирования создает условия для формального определения состава стадий проектирования в соответствии с событиями, связанными с установлением различных свойств отношений на множестве проектных решений (см. таблицу). Таким образом, **первый уровень структуризации процесса проектирования отображают процедуры преобразования отношений**. Алгоритмизация таких процедур определяет возможные области автоматизации проектирования.

Образцы. На этапах эскизного и технического проектирования систем, осуществляют изготовление макетных, экспериментальных и опытных образцов. Основная цель изготовления таких образцов – проверка правильности и достоверности принятых проектных решений как по отдельным структурным единица системы, так и системы в целом.

Обычно на этапе эскизного проектирования выполняются габаритно-массовые макеты (ГММ) аппаратуры системы с заданным

расположением центра масс (тяжести), которые используются для макетирования размещения системы на объекте. Помимо этого, во многих случаях выполняются тепловые макеты (ТМ) аппаратуры системы. Как правило, ТМ представляют собой габаритные макеты приборов (блоков) с подогревателями и позволяют промоделировать тепловые режимы системы на объекте.

На этапе изготовления опытных образцов аппаратуры системы осуществляется отработка схемной, программной, конструкторской документации, а также технологии изготовления системы в заводских условиях и корректировка технической документации.

Испытания системы на этапе технического проектирования дают существенно больше информации, чем испытания, проводившиеся на этапе эскизного проектирования, так как последние проводятся на единичных образцах и не позволяют получить необходимый статистический материал, при этом эти образцы выполнены по далеко не совершенной эскизной технической документации, да и условия экспериментального производства отличаются от условий опытного производства.

Испытания на этапе технического проектирования позволяют получить в первом приближении представление о статистических характеристиках основных и промежуточных параметров системы. При этом уточняются характеристики системы и корректируется документация, и в первую очередь технические условия и инструкции по регулировке. При неблагоприятных результатах испытаний в ряде случаев может появиться необходимость в существенной переработке схем, программ и конструкций системы. На данном этапе проводятся детальные испытания системы и ее составляющих по оценке надежности. Существенно, что на этом этапе проектирования начинаются натурные испытания опытных образцов системы и завершаются они испытанием серийных образцов.

Испытания. Испытания, т.е. эмпирический метод оценки параметров системы и ее составных частей, является неотъемлемой частью процесса проектирования.

Итеративный характер процесса проектирования делает необходимым проведение испытаний на всех этапах проектирования, при этом информация, получаемая на каждом последующем этапе испытаний, является более достоверной и полной, чем та, которая была получена на предыдущем.

Одна из возможных классификаций методов испытаний системы в процессе проектирования приведена на рис. 13.

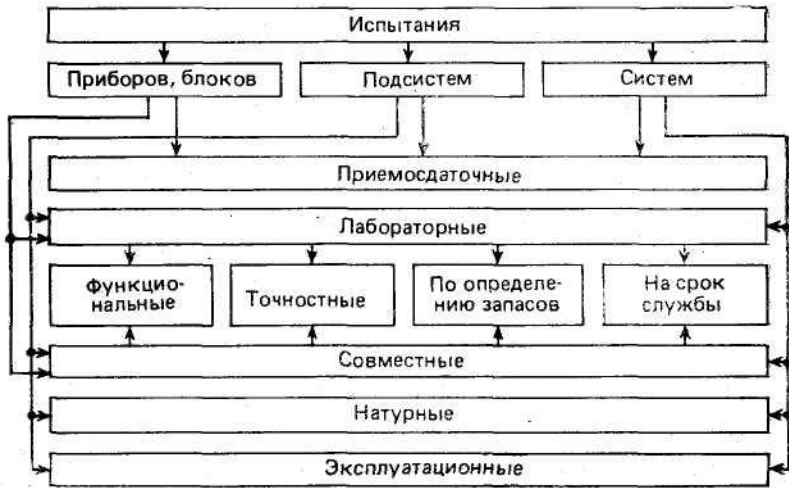


Рис. 13. Методы испытания систем в процессе проектирования

Приемосдаточные испытания заключаются в определении соответствия аппаратуры техническим условиям и проводятся при выпуске системы и ее составляющих.

Лабораторные испытания на этапах предварительного, эскизного и технического проектирования заключаются в оценке правильности функционирования, точностных характеристик, запасов по основным характеристикам, в том числе по точности, стабильности и надежности работы, а также сроку службы. Эти испытания проводятся в условиях более жестких, чем те, которые оговорены техническими условиями.

Совместные испытания проводятся проектировщиками и заказчиками, как правило, в том же объеме, что и лабораторные испытания. В ряде случаев с целью гарантированного достижения положительных результатов совместных испытаний предшествующие им лабораторные испытания проводятся по более жестким программам.

Условия проведения приемосдаточных, лабораторных и совместных испытаний отличаются от реальных эксплуатационных условий, так как не всегда удается смоделировать внешние воздействия одновременно в тех случайных соотношениях, в которых они имеют место при реальной эксплуатации.

Обычно перечисленные выше виды испытаний проводятся при воздействии одного вида фактора, например при изменении

окружающей температуры, напряжения питания и т. п. Это приводит к результатам, отличающимся от получаемых при реальной эксплуатации. Поэтому важны натурные испытания для таких систем, как систем управления нестационарными объектами, и в первую очередь систем управления летательными аппаратами, поскольку комплексное воспроизведение условий их эксплуатации в лабораторных условиях не представляется возможным. Натурные испытания, как правило, проводятся с участием заказчиков, поскольку это заключительный этап перед передачей системы в серийное производство и эксплуатацию.

Однако и в процессе эксплуатации системы подвергаются периодическим, профилактическим или регламентным испытаниям. Целью этих испытаний являются оценка состояния системы и проведение восстановительных работ в случае обнаружения отказов в системе. Как правило, для проведения эксплуатационных испытаний создается специальная аппаратура, которая для сложных систем управления представляет собой сложную систему контроля (СК) технического состояния СУ и обычно работает по допусковому принципу.

Цель испытаний — получение информации о состоянии системы и составляющих ее частей. Информация, получаемая в процессе контроля, позволяет решить задачи:

- 1) установления работоспособности системы (контроль функционирования);
- 2) установления соответствия параметров системы заданным;
- 3) оценки точностных характеристик системы;
- 4) диагностики (определения или локализации места и характера неисправности, а в предельном случае и причины появления неисправности);
- 5) комплексной оценки запасов по характеристикам системы (качеству);
- 6) прогнозирования исправной работы системы на определенный период времени.

Помимо этого, результаты контроля могут применяться для специальных целей: исследования режимов работы и характеристик системы, поиска оптимального режима работы, поддержания постоянного значения параметра при помощи периодической подстройки и т. п.

Контроль работоспособности системы сводится к определению правильности ее работы без оценки точности.

В качестве физического явления для выработки сигнала, свидетельствующего о правильности функционирования, могут быть

использованы соответствие полярности выходного сигнала полярности входного, временная последовательность выходных импульсных сигналов, способность возвращаться в исходное состояние, потребление мощности, степень изменения выходного сигнала при подаче воздействия и т. п.

Контроль функционирования производится для обнаружения отказов в системе и не позволяет, как правило, определять изменение характеристик или уход параметров от номинального значения. Как правило, контроль функционирования систем осуществляется по дуальтернативному принципу, т. е. годен — негоден.

Несмотря на то, что контроль соответствия параметров систем заданным значениям производится по возможности с большой точностью, здесь также используются оценки типа годен — негоден. Этот вид контроля широко применяется при проведении приемосдаточных испытаний, в процессе производства между отдельными технологическими операциями, а также при проведении регламентных испытаний и профилактических работ.

Точностные характеристики систем контролируют обычно в условиях, по возможности приближающихся к реальным эксплуатационным или с учетом возможных отклонений от них. Основным требованием при этом является точность контроля (измерений), оказывающая основное влияние на качество получаемой при контроле информации, т. е. ее достоверность (верность).

Для диагностики неисправностей системы при появлении отказа или ненормальной работе часто необходимо произвести ряд дополнительных измерений для получения информации о местонахождении неисправности и ее характере. Объем проверок для диагностики устанавливается в зависимости от функциональной схемы контролируемой системы, количества возможных неисправностей в контролируемой части системы и требований к точности локализации неисправности.

Для определения запасов по характеристикам системы обычно прибегают к оценке расстояния между точкой, характеризующей состояние системы по $(i-m)$ -му параметру в n -мерном евклидовом пространстве, и точкой, соответствующей номинальному значению параметра. Характеристика качества системы

$$\rho = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - a_{i \text{ ном}})^2},$$

где n —число независимых контролируемых параметров; $a_{i \text{ ном}}$ — номинальное значение i -го параметра; a_i — измеренное значение i -го параметра.

Для более точной оценки вводятся система ограничений допустимых (разрешенных) значений ряда параметров и множителей, характеризующих влияние каждого параметра. Из методов оценки можно указать на *метод индекса дрейфа*, определяемый арифметической суммой нормированных и умноженных на весовые коэффициенты отклонений при контроле отдельных параметров.

Для сравнения однопараметрических систем можно построить гистограмму или полигон распределения параметра, при этом качество системы определяется отклонением от номинального значения.

Под *прогнозированием отказов* системы понимается комплекс операций, позволяющих после проведения ряда последовательных во времени испытаний провести анализ тенденции ухода абсолютных значений параметров за пределы допусков и на основании такого анализа предсказать вероятный момент отказа. Основная предпосылка прогнозирования — возможность получения в результате контроля необходимого объема информации, а также ее последующая обработка.

Серийное производство

Как правило, все системы проектируется в расчете на их серийное производство, что предъявляет жесткие требования как к технической, программной, так и к технологической документации.

Процессы монтажа и регулировки систем должны быть спроектированы таким образом, чтобы подрегулировка деталей, узлов, блоков, приборов была минимальной и при этом обеспечивалась их взаимозаменяемость. Совершенно недопустим подбор элементов, деталей и узлов. При проектировании принципиальных схем следует выбирать варианты, имеющие наименьшее число критичных узлов. В ряде случаев целесообразно увеличить число ячеек, каскадов или ступеней, с тем чтобы каждая ячейка (каскад или ступень) выполняла по возможности только одну, сравнительно простую функцию.

Большое значение имеют правильный выбор допусков и регулировочных параметров и их взаимная связь, образующая единую размерную цепь. Следует обратить особое внимание на доступность используемых элементов, деталей и материалов, а также степень их отработанности. Применение дефицитных компонентов и материалов, как правило, недопустимо и может быть оправдано только достижением качественно новых характеристик.

Как отмечалось выше, большое значение имеет унификация схем, программ и конструкций, которая в совокупности с изложенными соображениями существенно влияет на качество и стоимость систем .

В процессе серийного производства накапливается статистический материал по всем характеристикам систем, позволяющий уточнить техническую, программную и технологическую документацию. Анализируют этот материал проектировщики, ими же осуществляется авторский надзор за обеспечением запроектированных характеристик системы в процессе серийного производства.

Как следствие изложенного в процессе серийного производства, как и на предыдущих этапах проектирования, производится корректировка технической, программной и технологической документации.

Прежде всего это обусловлено тем, что технология серийного производства, как правило, существенно отличается от технологии экспериментального и опытного. При разработке технологии серийного производства большое внимание уделяется повышению качества и производительности, предельному использованию имеющегося оборудования. Отработка и совершенствование технологии серийного производства, особенно на его начальных этапах, неизбежно находят отражение в изменениях технологической, а также технической документации.

Накапливаемый в процессе серийного производства статистический материал позволяет уточнить параметры и допуски на них как системы в целом, так и отдельных ее составляющих, что также находит отражение в корректировке технической документации. Представление о размере вносимых изменений дает, например, тот факт, что самолет «С-141 Старлифтер», выпускаемый в течение 4 лет, требовал внесения примерно 250 конструкторских изменений в неделю.

Серийные экземпляры системы проходят комплекс испытаний; приемосдаточные, выборочные (типовые), установочные (проводятся на первых партиях систем серийного изготовления) и по оценке надежности.

Эти испытания должны уточнить результаты, полученные при испытаниях опытных образцов системы. Большой объем испытаний в процессе серийного производства заставляет совершенствовать испытательную аппаратуру и оборудование, в том числе повышать их производительность.

На серийных экземплярах системы проводится заключительный этап натуральных испытаний. Полученная при этом информация о характеристиках системы позволяет вынести окончательное суждение о соответствии их требованиям технических условий и как следствие техническому заданию на проектирование.

Эксплуатация. Наиболее важным этапом жизненного цикла, является этап эксплуатации системы. Ради этого этапа, собственно

говоря, и создаются системы. Только в период эксплуатации система в полной мере проявляет такое основное свое качество, как эффективность.

Модернизация (развитие). Системные характеристики отражают состояние системы в определенный период времени. В процессе эксплуатации система претерпевает определенные изменения. Одни изменения ухудшают значения функциональных свойств (понижается точность, надежность), другие (ремонт, модернизация, адаптация, обучение) приводят к восстановлению работоспособности, совершенствованию и развитию системы. Совокупность длительных, в ряде случаев необратимых изменений системы в процессе эксплуатации составит ее историю и развитие.

Для технологических процессов развитие характеризуется упорядоченной совокупностью усовершенствований, осуществляемых за счет внедрения новых, более прогрессивных методов и режимов реализации технологических процессов, оборудования, инструментов и приспособлений, ремонта и модернизации существующего оборудования и оснастки. В результате этих изменений система в процессе эксплуатации проходит ряд состояний: исходное — $V_{и}$, состояние после определенного периода эксплуатации — $V_{э}$, ремонта — $V_{р}$, модернизации — $V_{м}$ и др. Указанные состояния задаются набором параметров, описывающих достижимую точность, производительность, надежность, а также дополнительные функциональные возможности, появившиеся после усовершенствования или модернизации.

Развитие системы можно задать в виде последовательности изменений преобразований системы из исходного состояния $V_{и}$ в текущее. Например, развитие эксплуатации станка в поточной линии, подвергшегося ремонту ρ и модернизации μ , описывается выражением

$$H = C_{и} \eta_1 C_{э1} \rho C_{р} \eta_2 C_{э2} \mu C_{м},$$

где h_1, h_2 — изменения, возникшие в процессе эксплуатации станка; $C_{э1}, C_{э2}, C_{м}$ — состояния станка после первого и второго периодов эксплуатации и модернизации.

Таким образом, знание истории эксплуатации оборудования и текущего его состояния дает возможность составить объективные алгоритмы выбора рациональной модели станка в зависимости от требуемой точности обработки детали при его развитии.

Еще большее значение развитие функционирования имеет для системы автоматизированного проектирования (САПР), в которой

прошлый опыт проектирования часто принимается за основу при выборе решений. В САПР накопленный опыт проектирования в первую очередь включает массивы ранее спроектированных технологических процессов и оснастки для обработки оригинальных деталей, а также массивы типовых и групповых процессов.

Развитие САПР связана с накоплением и обобщением опыта разработок, усовершенствованием программ проектирования, обновлением информационных массивов и улучшением их организации. Совокупность технологических программ, информационных массивов и применяемых технических средств характеризует состояние САПР. Развитие описывается упорядоченной совокупностью преобразований указанных компонент системы и возникающих при этом состояний САПР:

$$I_{\text{САПР}} = C_1 \eta_1 C_1 \eta_2 C_2, \dots, \eta_k C_k.$$

Преобразование h_i включает в себя действия по накоплению и обобщению опыта проектирования, обучению и адаптации программ, модернизации и замены элементов технического комплекса системы. Указанные действия производятся периодически обслуживающим персоналом, программами обучения и адаптации. В результате реализации указанных мероприятий повышается качество функционирования системы автоматизации проектирования.

Старение, гибель и утилизация. В какой-то период эксплуатации система начинает устаревать. Старение наступает как физическое, когда система исчерпывает свой жизненный ресурс, но и моральное, когда система устаревает в результате невозможности своего дальнейшего развития.

Результатом старения системы является ее гибель. Погибшая система подлежит утилизации.

1.11. Модели систем и методы их построения

Подобие и моделирование в исследовании систем

Наше время характеризуется быстрым развитием всех отраслей науки и тем фактом, что наука стала непосредственной производственной силой. Вместе с тем бурное развитие науки приводит к непомерному росту тех сведений (информации), которые нужно воспринимать специалисту при изучении предметов, не только

непосредственно относящихся к области его специализации, но и находящихся в смежных областях науки. Огромный рост количества информации был бы катастрофическим для дальнейшего развития человеческого познания, если бы вместе с расширением и углублением наук все яснее и яснее не проявлялись бы тенденции к их синтезу и не создавший бы новые возможности автоматизации хранения и передачи информации. Уже выяснились новые пути выполнения вспомогательных операций, автоматизирующих многие процессы умственного труда. Таким образом, оказывается возможным автоматизировать и этот вид человеческой деятельности, сосредоточивая внимание на наиболее творческой и существенной ее части.

Чем быстрее развивается теория и больше накапливается научной информации, тем быстрее должны развиваться экспериментальные методы и тем более тонкими, изящными и обобщающими они должны быть. Как и прежде, эксперимент остается и всегда останется существеннейшим инструментом познания. Вот почему теория подобия, теория (и практика) моделирования в их новом, широком, смысле, позволяющие концентрировать информацию и являющиеся обоснованием эксперимента, дающие направления для постановки опытов и указывающие закономерности их обобщения, получили особое значение. *Подобие и моделирование облегчают единое описание процессов в самых различных сферах природы.* Они приобретают большую роль в теории познания.

Общая задача теории подобия и теории моделирования — это выработка методологии, направленной на упорядочение получения и обработки информации об объектах, существующих вне нашего сознания и взаимодействующих между собой и внешней средой. Развитие всякой науки, тем более физических наук, являющихся основой для так называемых технических дисциплин, всегда начинается с того или иного экспериментального исследования. Далее на основе обобщения опытных данных развивается теория. От наблюдения и эксперимента к теоретическому мышлению, а затем к специально организованным производственным процессам — таков путь научно-технического развития.

В развитии науки большую роль играли, играют и будут играть научные гипотезы, т. е. определенные предсказания, основывающиеся сначала на очень небольшом количестве опытных данных, некоторых тонких наблюдениях и догадках. Иногда гипотезы опережают возможности экспериментальных исследований, как это было, например, с гипотезой об атомах, которая в древней философии носила

скорее поэтический характер и была проверена только спустя много веков после ее зарождения.

Быстрая и полная проверка выдвигаемых гипотез, их отсев или утверждение и перевод в теорию могут быть сделаны только после закономерно обобщенного и обычно специально поставленного эксперимента. Характеризуя этот процесс уточнения, «очищения» гипотез, Ф. Энгельс писал: «Формой развития естествознания, поскольку оно мыслит, является *гипотеза*. Наблюдение открывает какой-нибудь новый факт, делающий невозможным прежний способ объяснения фактов, относящихся к той же самой группе. С этого момента возникает потребность в новых способах объяснения, опирающаяся вначале только на ограниченное количество фактов и наблюдений. Дальнейший опытный материал приводит к очищению этих гипотез, устраняет одни из них, исправляет другие, пока, наконец, не будет установлен в чистом виде закон. Если бы мы захотели ждать, пока материал будет готов *в чистом виде* для закона, то это значило бы приостановить до тех пор мыслящее исследование, и уже по одному этому мы никогда не получили бы закона».

Быстро получить обобщенный опытный материал возможно, если правильно поставить эксперименты и обработать их результаты, что опять-таки обеспечивается с помощью теории подобия и моделирования.

При определении, формулировании и проверке правильности гипотез большое значение в качестве метода суждения имеет аналогия.

Аналогией вообще в логическом смысле называют суждение о каком-либо частичном сходстве двух объектов, позволяющее на основании сходства рассматриваемых объектов в каком-либо отношении сделать вывод об их сходстве в других отношениях. В практике научных и тем более научно-технических исследований следует рассматривать аналогию в качестве разновидности подобия, а реализацию аналогии — в качестве метода моделирования.

Теоретическое научно-познавательное значение аналогии заключается в ее связи с какой-либо гипотезой, выдвигаемой для объяснения изучаемых явлений. Основой этой связи всегда служит практика, опыт, так как гипотетические суждения нельзя продуктивно получить только на основе абстрактных философских принципов. Современная научная гипотеза создается, как правило, именно по аналогии с проверенными на практике научными положениями. Аналогия, таким образом, связывает гипотезу с экспериментальными данными и фактами, придающими ей жизненность. Физические гипотезы и аналогии, отражающие реальный, объективно

существующий мир, должны или иметь непосредственную наглядность, или сводиться к некоторым удобным для исследования структурам и схемам. Эти установки, структуры, схемы, облегчающие рассуждения и логические построения или позволяющие проводить эксперименты, которые уточняют природу явлений, называются *моделями*.

Модель — это описание системы. В физических науках модели обычно разрабатываются на основе теоретических законов и принципов. Моделями могут быть масштабированные физические объекты (иконические модели), математические уравнения и взаимосвязи (абстрактные модели) или графические модели (визуальные модели). Модели эффективно используются, в частности, при описании, проектировании и анализе систем.

Разработка модели — сложный процесс, который во многом является искусством, но, однако, упрощается, если:

- 1) известны физические законы, описывающие функционирование системы;
- 2) может быть разработано графическое представление системы;
- 3) можно управлять входами, элементами и выходами системы.

Моделирование сложных крупномасштабных систем чаще всего представляет собой более трудную задачу, чем моделирование физических систем. Это объясняется следующими причинами:

- 1) в распоряжении исследователя имеется мало фундаментальных законов, относящихся к рассматриваемой системе;
- 2) многие взаимосвязи между элементами в системе с трудом поддаются количественному описанию и формализации;
- 3) трудно количественно описать поведение входных элементов;
- 4) важную роль играют стохастические процессы;
- 5) неотъемлемой частью таких систем является процесс принятия решений человеком.

Модель представляет собой абстрактное описание системы, уровень детализации которого определяет сам исследователь. Человек принимает решение о том, является ли данный элемент системы существенным, а следовательно, будет ли он включен в описание системы. Это решение принимается с учетом цели, лежащей в основе разработки модели. От того, насколько хорошо исследователь умеет выделять существенные элементы и взаимосвязи между ними, зависит успех моделирования.

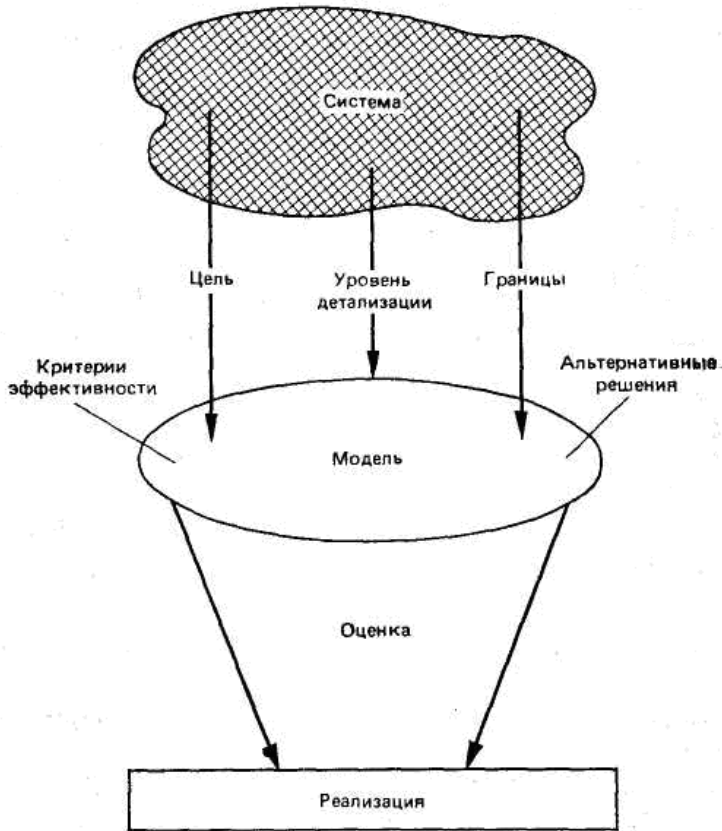


Рис.14. Процесс построения модели.

На рис.14 приведена схема предлагаемого подхода к построению моделей. Система рассматривается как состоящая из множества взаимосвязанных элементов, объединенных для выполнения определенной функции. Определение системы во многом субъективно, т. е. оно зависит не только от цели разработки модели, но и от того, кто именно определяет систему.

Итак, процесс моделирования начинается с определения цели разработки модели, на основе которой затем устанавливаются границы системы и необходимый уровень детализации моделируемых процессов. Выбранный уровень детализации должен позволять

абстрагироваться от неточно определенных из-за недостатка информации аспектов функционирования реальной системы. В описание системы, кроме того, должны быть включены критерии эффективности функционирования системы и оцениваемые альтернативные решения, которые могут рассматриваться как часть модели или как ее входы. Оценки же альтернативных решений по заданным критериям эффективности рассматриваются как выходы модели. Обычно оценка альтернатив требует внесения изменений в описание системы и, следовательно, перестройки модели. Поэтому на практике процесс построения модели является итеративным. После того как на основе полученных оценок альтернатив могут быть выработаны рекомендации, можно приступать к внедрению результатов моделирования. При этом в рекомендациях должны быть четко сформулированы как основные решения, так и условия их реализации.

Описанный выше подход полностью применим к построению имитационных моделей. С помощью имитационного моделирования могут строиться как агрегированные, так, и детализированные модели. Имитационному моделированию также свойственна концепция итеративного построения модели, в ходе которого модель изменяется путем добавления новых или исключения некоторых ее элементов и (или) взаимосвязей между ними.

Как мы уже говорили выше, после построения модели проводится *эксперимент* на модели.

Под *экспериментом* в широком смысле понимается специально организованная процедура постановки и обработки наблюдений, проводимых в лаборатории в условиях природы или производства. Различают пассивный эксперимент, сводящийся только к наблюдению за протеканием явления, и активный, допускающий некоторое вмешательство в ход процессов и соответственно организующий наблюдения. Разновидностью эксперимента являются мысленно воспроизводимые опыты, называемые *мысленным экспериментом*. Под *моделью при мысленном эксперименте* понимают некоторые логические построения, наборы формул, алгоритмы для расчетов на вычислительных средствах и просто рассуждения, оперирующие предполагаемыми, даже не обязательно осуществимыми зависимостями и соотношениями. Мысленный эксперимент, являющийся технически неосуществленной или даже вообще неосуществимой процедурой, является логической аналогией реального опыта. Примером могут служить мысленные эксперименты В. Гайзенберга, обосновывающие невозможность одновременного

точного определения координат микрочастицы и т. д. Такие эксперименты, представляя собой только логические операции, не могут являться тем «критерием истины», каким является специально поставленный физический эксперимент или обработанные результаты натуральных наблюдений. Поэтому развитие мысленного эксперимента, связанное с глубоким проникновением в физику явлений, в той или иной мере основывается на ранее осуществленных физических опытах. Однако научные теории и методы становятся все менее наглядными в непосредственном, чувственном понимании наглядности. Мысленный эксперимент и мысленные модели применяют абстрактные понятия математики, такие, как многомерные пространства, построенные по аналогии с материальным трехмерным пространством, и т. д. В этих условиях появились соображения о том, что время, когда познание мира и исследование происходящих в нем явлений нуждались в реальном эксперименте, моделировании, обработке данных на основе теории подобия с учетом математики для описания объективно существующей действительности, теперь прошло. Это было якобы время «детского возраста» науки. Физические и даже технические исследования и их принципиальных построениях, по мнению этих теоретиков, теперь могут быть сведены только к математическим исследованиям, которые, являясь свободным продуктом человеческого разума, не нуждаются ни в модельных, ни в натуральных экспериментах, ни в каких-либо аналогиях.

Определяя гносеологическую роль подобия и моделирования, т. е. их значение в процессе познания, необходимо прежде всего отвлечься от имеющегося в науке и технике многообразия моделей. Нужно выделить то *общее, что присуще всем моделям. Это общее заключается в наличии некой структуры, (статической или динамической, материальной или мысленной), которая действительно подобна, или рассматривается в качестве подобной, структуре другой системы.*

Модель, таким образом, — это естественный или искусственный объект, находящийся в соответствии с изучаемым объектом или, точнее, с какой-либо из его сторон. В процессе изучения модель служит относительно самостоятельным «квазиобъектом», позволяющим получить при исследовании некоторые знания о нем самом.

Для пояснения введенного выше понятия «модель» необходимо коснуться истории развития теории эксперимента. Понятие «модель» возникло именно в процессе опытного изучения мира, а само слово «модель» произошло от латинских слов *modus, modulus*, означающих

меру, образ, способ. Первоначальное развитие модели получили в строительном искусстве. Различные вещи, сделанные на основе каких-либо измерений, воспроизводящие что-либо или являющиеся прообразом чего-то, какими-то образцами для других вещей, стали называть моделями. Во всех языках вслед за латинским появились соответствующие слова: *modello* — в итальянском, *modelle* — во французском, *model* — в английском, *modell* — немецком, *модель* — русском. В научном обиходе слово «модель» употребляется широко и не всегда достаточно определено. Однако в основном ему придают двоякий смысл. Во-первых, под моделью понимают образец чего-либо или структуру (мысленно или материально созданную), представляющую в удобной для восприятия форме состояние подлежащей изучению системы. Во-вторых, при теоретическом подходе под моделью понимают изображение изучаемой системы, явления или некоторых процессов. Это изображение (модель), построенное с помощью других явлений, более привычных и лучше изученных, облегчает понимание исследуемых явлений. В качестве простейшего примера можно привести модель электрического тока, представленного в виде жидкости. Понятие модели здесь в значительной мере совпадает с понятием аналогии, причем появилась даже тенденция считать аналогией общим случаем модели, что неправильно, так как аналогия отражает только условные, часто поверхностные соотношения, в то время как физическая модель выявляет причинные связи и в этом смысле является более общей.

Рост многообразия форм моделей и моделирования все более затрудняет краткое единое определение понятия модели (именно поэтому мы приводим ряд определений, отражающих различные аспекты моделирования). Наиболее удачным здесь может быть *определение модели как любого объекта (явления, процесса, установки, знакового образования), находящегося в отношении подобия к моделируемому объекту.*

Таким образом, понятие модели всегда требует введения понятия подобия. Первоначально заимствованное из геометрии, это понятие получило в дальнейшем более широкий смысл и стало определяться как *взаимно однозначное соответствие между объектами. При практическом применении предполагается, что функции перехода от параметров, характеризующих (в том или ином смысле) один из объектов, к параметрам, характеризующим другой объект, известны. Математические описания, если они имеются, могут быть сделаны тождественными.*

Будем различать следующие классы моделей:

- физические,
- аналоговые,
- эвристические
- математические.
- имитационные.

Наряду с физическими моделями объектов, широко используются аналоговые модели. Аналоговая модель, например, дает возможность наблюдать такие явления, как извержение вулкана, возникновение и исчезновение горных систем. Модели гор при этом выполняются из фотоупругих материалов, которые при сжатии окрашиваются. По цвету того или иного участка можно судить о величинах приложенных сил и их распределении. Такие эксперименты позволяют в ряде случаев получить практически важные сведения, например, установить, где заложены полезные ископаемые, и т. д.

Рассматривая моделирование в историческом разрезе, можно заметить, что, хотя теоретическое обоснование условий подобия шло от физики и физического моделирования, в дальнейшем при развитии аналогового, а затем и математического моделирования о их физическом происхождении стали забывать. Этому способствовало и то обстоятельство, что аналоговые модели стали применяться давно, выступая в качестве некоторых наглядных образов изучаемых объектов. Поскольку именно механические модели обладали наибольшей наглядностью, то появилось стремление все немеханические явления сводить к механическим, более привычным и более изученным. Уже в XVIII в. физики для объяснения электрических и оптических явлений ввели механические модели в виде колебаний некой «эфирной материи». Максвелл, широко применявший модели для объяснения электромагнитных явлений, подчеркивал не только наглядность, которую дает модель, но и ее гипотетические свойства, позволяющие объяснить механизм явления до выработки достаточно зрелой теории. Например, такими моделями, основанными на аналогии между свойствами электромагнитных процессов и свойствами несжимаемой жидкости, стали модели и уравнения электромагнитного поля, вытекающие из механических аналогий, и т. д. Э. Резерфорд, экспериментально получив данные о наличии ядра в атомах, выдвинул смелую гипотезу об аналогии атома и солнечной системы, создав свою знаменитую планетарную модель атома и многие другие модели. Можно было бы привести еще много примеров, когда в практике научного исследования наряду с физическими моделями, воспроизводящими протекание процессов в других масштабах, появлялись модели иллюстративно-методические (моделирование

жидкостью электромагнитных явлений) и модели эвристические, предназначенные для первоначального, хотя бы и неполного, объяснения физических явлений. Все эти модели в той или иной степени обычно имели сходство в математическом описании происходящих процессов. На таких моделях широко воспроизводились аналогии между законами, выражающими различные физические явления. Например, на электрической модели, представляющей закон Ома, стали изображать закон Фурье для теплового потока и закон Дарси для фильтрации жидкости. Такой подход заложил основы современного аналогового моделирования. В дальнейшем, когда развитие физических знаний пошло по пути все большей математизации и уменьшения наглядности, возможность механического представления физических процессов стала уменьшаться и даже иногда исключаться. Эта ненаглядность стала рассматриваться некоторыми физиками как неизбежная плата за интеллектуальный выигрыш, связанный с пониманием. Изложенные выше точки зрения о научных теориях как логических построениях, основанных на отвлеченных аксиомах, тоже в той или иной мере связаны с концепцией ненаглядности. Однако в действительности это означает, что не моделирование и не модели становятся ненужными, а подход к их применению требует определенных обобщений. При решении конкретных задач, выдвигаемых научной практикой, и особенно при решении технических задач значение модели не уменьшается, а возрастает. В теоретической (в том числе современной) атомной физике с ее глубокой математизацией аналоговое моделирование оказалось полезнейшим инструментом при изучении ядерных превращений. Так, Нильс Бор, изучая механизм передачи энергии в атоме, предложил в качестве модели возбужденного ядра атома подогретую каплю: оказалось, что можно сопоставить испарение и радиоактивность. Ведь в ядре тоже есть силы, цементирующие между собой его части. И прежде чем нейтрон, протон или альфа-частица вылетят наружу, они должны преодолеть эти силы. Так появилась мысленная модель атома, которую Бор, стремясь к еще большей наглядности, дополнил моделью вещественной. В чашеобразное углубление стола он поместил стальные шары. Сами собой они не могли оттуда выкатиться. Но если послать в углубление еще один шар, то все остальные начинали очень быстро двигаться в чаше, а иногда один из них выскакивал наружу. Такая модель-аналог, несмотря на простоту, помогла при описании цепной реакции. Пользуясь ею, удалось, например, получить вывод о возможности самопроизвольного распада тяжелых ядер; далее были указаны

гипотетические свойства изотопа урана-235 с нечетным числом протонов и нейтронов (вероятность его деления гораздо выше, нежели более распространенного урана-238). Оба предсказания вскоре блестяще подтвердились.

Иногда говорят: «Аналогия — не доказательство», «Модели нельзя верить»... Но в действительности исследователи никогда и не стремятся только таким путем доказать что-нибудь. Здесь вполне достаточно того, что уловленное сходство дает могучий импульс творчеству и указывает, по какому пути идти в поисках решения. Аналогия способна скачком выводить мысль на новые, неизведанные орбиты, и безусловно правильно положение о том, что аналогия, если обращаться с ней с должной осторожностью, — наиболее простой и понятный путь от старого к новому. Но всякая аналогия имеет определенные границы. Истинно новое никогда не содержится в старом, и, познавая законы природы, следует учиться видеть не столько старое в новом, сколько новое в старом.

К настоящему времени, когда вычислительные машины усовершенствовались и стали обладать огромным быстродействием и памятью, математическое моделирование получило мощный инструмент. Появилась возможность решать многие недоступные ранее задачи. Однако, чтобы пойти ответы на поставленные вопросы, требуется не одно решение, а целая цепочки промежуточных решений. Пути решения здесь неоднозначны и цели можно достигнуть, только просматривая разные решения. Одних математических методов и совершенной вычислительной техники недостаточно. Неизбежно в сложных ситуациях, таких, как, например, глобальное планирование в масштабах отрасли или государства, планирование военных и политических акций, создание систем социальных мероприятий и т. д., привлечение к решению интуитивного фактора. Поэтому вместе с математическими и экономико-математическими стали развиваться и эвристические методы, цель которых — использование опыта и таланта человека. Объединив возможности, скрытые в человеческом интеллекте, со способностью вычислительной машины быстро выполнять логические и арифметические операции, можно получить так называемую *имитационную математическую модель*. Эта модель представляет собой совокупность математической модели, имитирующей изучаемый (или планируемый) экономический, производственный или какой-либо другой процесс, группы экспертов, участвующих в планировании, и специального математического обеспечения, позволяющего экспертам вести диалог с машиной и между собой.

Математическая цифровая модель может выдавать информацию человеку не только в виде таблиц или лент с записями рядов цифр, но и в удобной, более наглядной форме. Это и графики, объемные представления. Обратная связь машины и человека может осуществляться очень просто и наглядно — с помощью «мыши», что позволяет непрерывно корректировать вводимую в ЭВМ информацию. Область применения математически формализованных моделей все время расширяется: в экономике, биологии, медицине, исторических и других общественных науках, т. е. в самых разнообразных процессах. Однако оказалось, что, как правило, описание такого рода процессов незамкнуто, в моделях присутствуют «свободные параметры» или функции, которые не определены. Другими словами, такие процессы должны управляться человеком и возникает проблема моделирования комплекса «человек — машина» с отражением в нем «модели человеческих функций». Таким образом, сложность и комплексность объектов, которые могут изучаться методами моделирования в технике, практически не ограничены. Модели этих объектов выполняются физическими и математическими, а также комбинированными. Ранее крупные сооружения исследовались на моделях. Например, гидроэнергетические объекты (плотины, каналы, гидротурбины для таких станций, как Волжская ГЭС Волгоградская ГЭС, Братская ГЭС, Красноярская ГЭС, Асуанская ГЭС в АРЕ и др.) исследовались на физических моделях, изображающих в уменьшенном масштабе эти грандиозные сооружения. Большое значение для сооружения электрических систем и дальних электропередач имели исследования их режимов на физических моделях, создаваемых в стадии проектирования и позволяющих проверить теоретические положения, лежащие в основе расчетов, и действие различных регулирующих устройств, аппаратуры, релейной защиты и т. д. При создании и совершенствовании межконтинентальных и космических ракет на физических моделях успешно проводились исследования аэродинамических свойств ракет, влияния ионизации воздуха впереди головной части ракеты и т. д.

Широко распространенные специальные модели, обычно выполняемые в виде сочетания физической и математической моделей с натурными приборами, стали применяться для наладки приборов управления и тренировки персонала, управляющего различными сложными объектами. В первом случае эти модели стали называться *испытательными стендами*, а во втором — *тренажерами*. Тренажеры применяются для обучения различного эксплуатационного персонала; особое значение они имеют при подготовке летчиков, подводников,

космонавтов. Тренажеры находят применение и при подготовке персонала для энергосистем.

Обычно приборы и органы управления в тренажерах сохраняются нормальными, применяемыми в практике. Воздействие на эти приборы преобразуется в импульсы, моделирующие поведение управляемого объекта. Например, тренажеры для летчиков воспроизводят у обучаемого все физические ощущения, связанные с полетом в любом направлении, подъемом, спуском.

Моделирование очень важно еще и для того, чтобы опередить практику. В качестве примера такого опережающего действия моделирования можно привести следующие факты. Когда первая в мире электропередача 500 кВ только проектировалась — на модели уже была изучена ее работа, первый пассажирский сверхзвуковой самолет еще только создавался, а его будущие пилоты уже проводили тренировки по управлению машиной. «Водить» еще не построенный самолет они учились на модели-стенде. Он являлся копией кабины летчиков со всеми приборами, устройствами управления и связи. Имелся также пульт, с которого инструктор мог задавать условия «полета» и контролировать действия экипажа. Телевизионная аппаратура, магнитофоны, блоки имитации тряски предназначались для создания соответствующей «летной» обстановки.

Мозгом модели-стенда являлась вычислительная машина, решавшая дифференциальные уравнения движения самолета. В процессе работы электронные модели по необходимости включали магнитофоны, блоки имитации тряски и т. д.

Многообразно применение моделирования в военной технике. Физическое моделирование военных действий — это хорошо известные маневры, в которых моделируются применение оружия и взаимодействие с противником. В математических моделях для имитации процессов управления войсками применяют вычислительные машины, в которые поступают данные математического описания боевых действий. При этом используются методы теории вероятности, случайных процессов, игр, массового обслуживания, а также линейного и нелинейного программирования.

В последнее время особое значение приобрело моделирование *биологических и физиологических* процессов. Так, создаются протезы тех или иных органов человека, управляемые биотоками. Разрабатываются установки, моделирующие условия, необходимые для развития живых тканей и организмов.

Некоторые функции человеческого мозга и нервной системы моделируются с помощью специальных моделей (функциональных

или, как их иначе называют, кибернетических). Не отражая внутренней структуры объекта, такие модели в определенных условиях воспроизводят его функции. Например, модели сердца и легких, выполняющие некоторые функции этих органов, применяются во время операций.

Большое развитие получает новая наука — бионика, в которой значительную роль играет кибернетическое — функциональное — *моделирование живых организмов*, осуществляемое средствами современной электроники.

Интересной возможностью физического моделирования является использование в качестве модели живого организма быстроразмножающихся организмов, например на мухах можно проследить влияние космического полета на условия жизни и, сопоставив эти условия с родственным поколением, находящимся на Земле, получить модель для проверки так называемой биологической теории относительности.

Перечень осуществленных моделей и возможностей моделирования можно было бы еще расширить. Однако это не входит в задачи настоящего раздела, в котором краткая характеристика развития методов теории подобия и осуществления различных моделей давалась преимущественно в историческом плане для общей оценки состояния и возможностей метода.

В заключение еще раз подчеркнем познавательную роль модели и моделирования при решении задач, связанных с синтезом наук.

Моделирование, рассматриваемое в гносеологическом плане, не только отражает общность единичных явлений внутри какой-либо области исследований, но помогает найти и отразить то общее, что имеется в разных областях, и объединить эти различные области. Модель, моделирование и теория подобия являются важными факторами в процессе построения общей теории систем (основанной на базе отдельных гипотез и теорий) и в конечном счете создания научной дисциплины: «общая теория систем»

Моделирование, теория подобия, таким образом, могут существенно облегчать выявление того общего, что имеется в разных науках. По мере развития метода моделирования формы моделей видоизменяются и обобщается трактовка получаемых с их помощью результатов.

Сказанное подтверждает данное выше определение моделирования, которым является *любой метод опосредствованного практического или теоретического, мысленного или опытного оперирования объектом*. При этом используется вспомогательный *промежуточный искусственный или естественный «квазиобъект»*, находящийся в

каком-либо объективном соответствии с познаваемым объектом и называемый моделью. *Основным свойством и характерным признаком модели является то, что она способна замещать объект на определенных этапах и давать при исследовании информацию о нем.*

Моделирование, таким образом, требует объективного соответствия с изучаемым объектом и возможности замещения его не всегда и во всем, а только на определенных этапах исследования. Модель, какой бы она ни была, должна обладать способностью в ходе исследования давать некоторую, допускающую проверку информацию. Моделирование требует формулировки некоторых правил перевода информации, полученной при изучении на модели, в информацию о самом моделируемом объекте. Эти правила в конечном счете ведут к требованию соответствия математических соотношений (критериев подобия) у модели и оригинала.

1.12. Виды подобия и моделирования, их классификация

Перейдем теперь к классификации методов подобия и моделирования, необходимой как для общей оценки методов, так и для их практического использования. Сразу же заметим, что, к сожалению, нет не только единой, общепринятой классификации методов моделирования, но нет и единых определений понятия модели. Это объясняется прежде всего многообразием конкретных форм моделирования, используемых в общетеоретических, научных, технических и других разработках и исследованиях. Принимая за исходное более или менее общее определение, приведенное ранее, можно в качестве основной классификации принять схему, представленную на рис. 15, сводящую воедино различные точки зрения и подходы, имеющиеся в литературе, и по возможности их согласовывающую.

Условившись связать понятие модели с понятием подобия, можно принять, что каждому виду подобия отвечает соответствующий вид моделирования. В этом смысле классификация и подобия, и моделирования будет полностью идентичной, хотя моделирование часто рассматривается как практический аппарат, который создается на основе подобия.

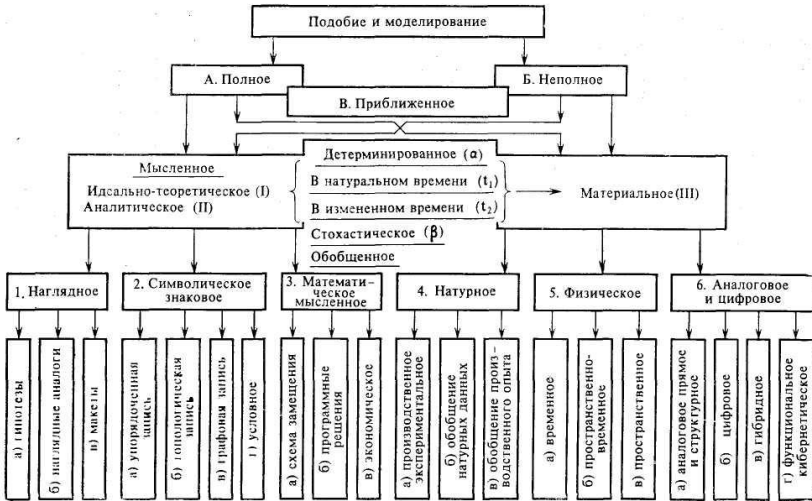


Рис.15. Классификация методов моделирования и подобия.

Моделирование в учебной и научной практике применяется в основном для решения двух групп задач: обучения и исследований, направленных на разработку или расширение теории и на отыскание ответов на практические вопросы. В задачу обучения входят вопросы применения моделей и моделирования для уяснения физических законов, рассмотрения действия новых разработок и установок, тренировки персонала действующих производственных объектов.

Исследовательские задачи, решаемые с помощью моделей, можно разделить на четыре подгруппы:

1. Прямые задачи анализа, при решении которых исследуемая система задается параметрами своих элементов и параметрами исходного режима, структурой или уравнениями. Требуется определить реакцию системы на действующие силы.
2. Обратные задачи анализа, которые по известной реакции системы требуют найти силы (возмущения), заставившие рассматриваемую систему прийти к данному состоянию и вызвавшие данную реакцию.
3. Задачи синтеза, иногда называемые инверсными задачами, требующие нахождения таких параметров, при которых процессы в системе будут иметь желательный по каким-либо соображениям

характер. Процессы могут быть описаны дифференциальными уравнениями или охарактеризованы некоторыми выходными данными.

4. Индуктивные задачи, решение которых имеет целью проверку гипотез, уточнение уравнений, описывающих процессы, происходящие в системе, выяснение свойств элементов. К этой же группе задач следует отнести проверку, или, как говорят, апробацию программ (алгоритмов) для расчетов на ЭВМ, что особенно необходимо в условиях широкого применения ЭВМ для избежания ошибок.

Классифицируя подобие и моделирование по видам и группам, целесообразно прежде всего разделить их по признакам полноты и точности воспроизведения изучаемых процессов. Последнее особенно важно, так как теория подобия и основанное на ней моделирование не могут с абсолютной полнотой воспроизводить все стороны и детали изучаемых явлений. Абсолютное подобие может мыслиться только отвлеченно и не может быть реализовано, так как это означало бы тождество, т. е. замену одного объекта или явления другим, точно таким же. Практические цели, преследуемые при решениях научных, проектных и технических задач, требуют применения моделирования в случаях, когда модель хорошо отражает изучаемый объект (оригинал) только в отношении тех явлений или входящих в эти явления процессов, которые существенны в данном исследовании, при данной постановке задачи. Таким образом, *модель — это неполная копия объекта*. Чтобы подчеркнуть это обстоятельство, иногда говорят, что «точная модель не нужна, а слишком неточная бесполезна, при точной модели нет подобия, а есть тождество».

Таким образом, подобие и моделирование, которые представляют практический интерес, могут быть разделены на три (А, Б, В) способа (рис. 15).

А. Способ полного моделирования и полного подобия, при котором обеспечено подобие движения материи в основных формах ее существования, т. е. во времени и пространстве. Иначе говоря, процессы, характеризующие изучаемые явления, подобно изменяются во времени и в пространстве. Полное подобие и соответственно полное моделирование математически характеризуются следующим соотношением параметров модели (x) и оригинала (y):

$$x_j = m_j y_j$$

где m_j — масштабный коэффициент, который обычно является постоянной величиной, но в частном случае может быть и переменной, зависящей от режима, времени или координат пространства;

y_j — параметры системы или ее режима:

$$y_j = \varphi(y_1, y_2, \dots, y_{k-j}, l_x, l_y, l_z, t),$$

причем l_x, l_y, l_z — геометрические размеры; t — время,

Б. Способ неполного (частичного, локального, функционального) моделирования и, соответственно, подобия, при которых протекание всех основных процессов, характеризующих изучаемое явление, подобно только частично (или только во **времени**, или только в **пространстве**). В первом случае

$$y_j = \varphi(y_1, y_2, \dots, y_{k-j}, t),$$

а во втором случае

$$y_j = \varphi_1(y_1, y_2, \dots, y_{k-j}, l_x, l_y, l_z).$$

При функциональном моделировании подобие устанавливается между некоторыми функциями или обобщенными характеристиками, которые в модели и оригинале имеют определенное соответствие.

В. Способ приближенного моделирования, связанный с приближенным подобием, при котором некоторые факторы, имеющие незначительное влияние на протекание изучаемого (в данной постановке задачи) процесса, моделируются приближенно или совсем не моделируются. Между некоторыми параметрами систем или некоторыми параметрами их режимов при этом может не существовать соотношений подобия и $x_j \neq m_j y_j$ или же $x_j \approx m_j y_j$. Это заведомо вызывает погрешность, которая должна быть оценена тем или иным способом.

Необходимо обратить внимание на то, что:

а) *приближенное моделирование может быть как полным, так и неполным*; б) для *приближенного моделирования характерно* не то, что оно не дает абсолютного подобия оригиналу (его не дает ни один вид моделирования), а то, что *при его реализации имеются сознательно допускаемые и оцениваемые погрешности*, связанные как с упрощением физических представлений, так и с отклонением значений параметров системы.

Каждый из рассмотренных трех способов подобия и моделирования может быть разделен на три вида:

- I — мысленное, идеально-теоретическое, моделирование;
- II — мысленное аналитическое моделирование, использующее ту или иную аппаратуру для подтверждения своих отвлеченных представлений. Это могут быть расчеты на “ВМ, аналоги, иллюстрирующие мысленно созданные положения;
- III — материальное, реально-практическое, или вещественно-агрегатное, моделирование.

Вид моделирования II является промежуточным между I и III видами.

Из сказанного видно, что цель всех приведенных здесь способов и видов моделирования — изучить реальный объект (натуру или

оригинал). Рассмотренные способы моделирования основаны на применении некоего вспомогательного (промежуточного) искусственного или естественного объекта-модели, обладающего определенными свойствами, главнейшими из которых нужно считать:

- а) некоторое объективное соответствие с изучаемым объектом (оригиналом);
- б) возможность замещения оригинала на некоторых этапах исследования;
- в) возможность получения в результате проведенного на модели исследования определенных сведений (информации) об изучаемом объекте (оригинале).

Эти свойства справедливы для всех видов моделей, их групп и подгрупп (о них будет далее говориться). Как мысленное (I, II), так и материальное (III) моделирования могут быть либо *детерминированными* (α), отражающими детерминированные процессы с однозначно определенными причинами и их следствиями, либо *стохастическими* (β), отражающими вероятностные события. В последнем случае модели не отражают ход отдельного события, но позволяют находить средний, суммарный результат некоторого числа однородных случайных явлений. Подобие и моделирование могут быть *обобщенными* (γ), т. е. отражать явления оригинала с той или иной условностью. Подобие и моделирование любого вида (I, II, III, A, B, B, α , β , γ) могут реализоваться в *натуральном времени* (обращаем ваше внимание на недопустимость применения встречающегося в литературе бессмысленного термина «реальный масштаб времени»). Масштаб — отвлеченное число $m_i = t_1/t_2$, которое всегда реально (t_1) и во времени, измененном относительно натурального (t_2), при изучении *линейных систем*, параметры которых не зависят от параметров их режима (от текущих переменных), и *систем нелинейных*. При установлении подобия в тех и других системах имеются некоторые особенности, но отнюдь не возникает тех часто непреодолимых трудностей, с которыми сталкивается математика при решении нелинейных задач (Под *нелинейными* понимаются задачи, связанные с исследованием нелинейных систем, т. е. систем, свойства которых зависят от их состояния — режима. Нелинейные системы не могут исследоваться методом наложения (суперпозиции). Происходящие в них процессы описываются нелинейными дифференциальными уравнениями, в которых зависимые переменные (параметры режима) и их производные возведены в степень выше первой или входят в виде произведений. В тех случаях, когда параметры системы являются

функцией независимой переменной (времени, пространства), система и, соответственно, ее уравнение считаются линейными с переменными параметрами).

Во всех видах подобия и моделирования, могут быть как линейные, так и нелинейные задачи, вследствие чего они специально не классифицируются по этому признаку. Подобие может быть реализовано при обычном, основанном на простых физических и логических представлениях, подходе (в некоторых работах его называют «классическим»), когда каждому параметру системы и происходящему процессу в одной системе соответствуют параметр и процесс в подобной системе или группе систем. Однако допустимо и не отыскивать явного соответствия «по параметрам», понимая подобие более широко и менее определенно. В этом случае к подобию относятся схожие результаты, выявляемые в виде каких-то в том или ином смысле одинаковых функций, например «интегральных» эффектов, наличия групп, схожих по каким-то признакам, соответственных реакций, похожего взаимодействия объекта с окружающей средой и т. д. Такого рода виды подобия и моделирования стали широко развиваться, получив название *обобщенного, интегрального, эквивалентного, кибернетического, функционального, условного и т. д.* Следует заметить, что все эти разновидности вполне укладываются в единую теорию подобия и моделирования.

Основные виды моделирования — мысленное и материальное — распадаются на ряд групп и подгрупп, показанных в нижней половине рис. 15. Приведенная выше основная классификация дает оценку подобия и моделирования, исходя из методологических соображений. Она отвечает на вопрос, *какие виды подобия* и соответствующего им моделирования могут быть методически использованы для решения различных задач. К условиям подобия и осуществления моделирования в этих задачах можно также применить отраслевую классификацию, основывающуюся на *различии научных дисциплин или технических отраслей*. Например, говоря о подобии в механике, рассматривают подобие скоростей и ускорений твердых тел, жидкостей или газов в какой-либо системе. При этом выделяют *кинематическое подобие* — при подобии скоростей элементов системы, *динамическое подобие* — при подобии сил, вызывающих подобные движения, *материальное подобие* — при подобии перемещающихся масс. Системы, подобные кинематически, материально и динамически, называют *механически подобными* в целом. Подобие температур и распределения тепловых потоков

называют *тепловым подобием*. Аналогично вводятся понятия *гидродинамического и аэродинамического подобия*. Об *электрическом подобии* говорят при подобии электрических и магнитных полей, напряжений, токов и мощностей в соответственных элементах изучаемых электрических систем. Электрически подобные системы, имеющие элементы, взаимно перемещающиеся в подобные интервалы времени на подобные расстояния, называют *электродинамически подобными*. Можно говорить также о подобии *электронно-ионных процессов, процессов электромагнитного излучения, подобии макроскопических процессов*, определяемых на основе подобия микропроцессов, и т. д.

Моделирование во всех его видах и формах должно осуществляться на основе некоторых математических соотношений, количественно фиксирующих условия подобия, — *критериев подобия*. Однако не во всех случаях моделирования удастся найти критерии подобия. Поэтому иногда говорят о критериальных и некритериальных моделях, хотя, вообще говоря, *все модели должны быть в той или иной форме критериальными*. Можно говорить только об отдельных случаях, где пока критерии подобия еще не удалось установить и впредь до их установления следует пользоваться словесными условиями подобия, стремясь, однако, возможно скорее перейти к количественно выраженным критериям.

Эти количественные выражения критериев могут быть различными — начиная от простейших соотношений, вытекающих из элементарных характеристик процесса, до критериев, определенных в соответствии с теорией подобия. Термины «некритериальные» и «критериальные» модели широко применять поэтому не рекомендуется. Необходимо иметь в виду, что вся классификация подобия и моделирования проводится исходя из постановки задачи. При этом одна и та же система или какой-либо параметр системы могут рассматриваться и моделироваться или как нелинейные (зависящие от параметров режима), или как линейные. Одну и ту же модель можно отнести к разным группам классификации, и в этом смысле схема, показанная на рис. 15, условна.

1.13. Математические модели

Реальные системы обладают бесконечным множеством свойств и характеризуются бесконечным множеством связей как внутри самой системы, так и вне ее (связи с другими системами и окружающей средой). Переход к соответствующим моделям является наиболее

сложным и ответственным этапом применения математического аппарата при исследовании систем. В значительной мере успешное решение этой задачи определяется опытом и интуицией специалиста в данной конкретной области. В то же время можно указать и ряд общих требований, которые обычно предъявляются к математической модели: достаточная точность, предельная простота и стандартная форма.

Обеспечить достаточную точность модели — это значит учесть при идеализации реальной системы все существенные свойства и связи, отвлекаясь от второстепенных, несущественных свойств и связей. Решение этого вопроса зависит не только от характера самой системы, но и от поставленной задачи. Поэтому для одной и той же системы может потребоваться не одна, а несколько моделей, обслуживающих различные задачи при ее проектировании или исследовании. Например, усилительная электронная цепь при определении начального режима описывается нелинейными алгебраическими уравнениями, а в режиме усиления слабых сигналов — линейными дифференциальными уравнениями. Для определения нелинейных искажений такой цепи в ее модели необходимо учесть нелинейность характеристик электронных транзисторов.

Представляя реальную систему с достаточной точностью, математическая модель в то же время должна быть по возможности проще, так как дальнейшая работа со сложной моделью не только затруднительна, но может оказаться и практически невозможной. Противоречивость этих требований нередко вынуждает поступиться точностью в интересах простоты, однако такой компромисс допустим только в тех пределах, при которых модель еще отражает существенные свойства реальной системы. Разработка методов упрощения реальных систем с целью построения предельно простых математических моделей является одной из центральных задач любой прикладной области.

При моделировании реальных систем целесообразно ориентироваться на математические модели стандартного вида, которые обеспечены соответствующим аппаратом. Физические процессы характеризуются пространственно-временными соотношениями и в общем случае описываются дифференциальными уравнениями в частных производных. Важным методом упрощения модели является представление объекта или совокупности объектов в виде системы таких ее частей (компонентов), связь между которыми можно с достаточной точностью охарактеризовать функциями только одной переменной (времени). В одних случаях этот путь подсказывается самой структурой объекта (например, электронные цепи или системы

управления), в других случаях требуется искусственное расчленение объекта на отдельные части (например, балку с распределенной нагрузкой представляют в виде участков с сосредоточенными нагрузками). Если известны модели компонентов в виде некоторых зависимостей относительно их внешних связей, то модель системы можно представить обыкновенными дифференциальными уравнениями. Тем самым осуществляется переход от *модели с распределенными параметрами* к более простой *модели с сосредоточенными параметрами*.

Моделирование компонентов системы само по себе может представлять серьезные трудности, однако эта задача всегда проще, чем рассмотрение системы в целом. Кроме того, несмотря на огромное разнообразие систем, набор различных компонентов весьма ограничен, и их модели, полученные один раз в стандартной форме, могут затем многократно использоваться при моделировании сложных систем. В общем случае модели компонентов характеризуются нелинейными зависимостями. Однако многие задачи допускают их *линеаризацию*, что соответственно сильно упрощает и модели систем, которые в таких случаях описываются линейными уравнениями. Если параметры компонентов можно считать не зависящими от времени, то система представляется *стационарной моделью* в виде дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Параметры системы и приложенные к ней воздействия можно рассматривать как детерминированные или случайные величины, что приводит соответственно к *детерминированным* или *стохастическим моделям*. Выбор той или иной модели зависит от характера протекающих процессов и поставленной задачи исследования.

Стохастические модели имеют особенно важное значение при исследовании и проектировании больших систем со сложными связями и трудно учитываемыми свойствами. В подобных ситуациях близость математической модели к исходной системе усиливается приданием ей вероятностного или статистического характера, учитывающего существенные *свойства* и связи, которые не поддаются детерминированному описанию.

Реальные физические процессы протекают в непрерывно изменяющемся времени, которое является аргументом соответствующих им функций. Роль непрерывного аргумента в различных задачах исследования или проектирования могут играть и другие физические величины (расстояние, объем, масса, температура и т. п.). При этом математические модели, типичными представителями которых

являются дифференциальные уравнения, также называют *непрерывными*. Однако во многих случаях целесообразно рассматривать состояние системы только для последовательности дискретных значений независимой переменной (времени), отвлекаясь от характера происходящих процессов в промежутках между этими значениями. Этот подход обслуживают различные типы *дискретных моделей*.

Важным типом дискретных моделей являются конечно-разностные дифференциальные уравнения, которые описывают процессы в исследуемой системе относительно конечных (не обязательно равных) приращений независимой переменной. Такая модель представляет собой как бы моментальные фотографии состояний системы, выполненные последовательно через некоторые промежутки времени или другой независимой переменной). Ясно, что точность моделирования тем выше, чем меньше приращения независимой переменной, но уменьшение интервалов между дискретными значениями неизбежно приводит к увеличению объема вычислений.

Представление непрерывных систем дискретными моделями всегда связано с решением вопроса об оптимальном выборе шага дискретности, как компромисса между точностью и простотой. Для многих систем дискретность является основным свойством их функционирования. В некоторые моменты времени происходит переход из одного состояния в другое, последовательность которых представляет наибольший интерес, а процессы между этими состояниями либо отодвигаются на второй план, либо и вовсе не имеют значения. В таких случаях дискретная модель представляет собой естественное отображение системы в том смысле, что дискретные моменты времени определяются изменением ее состояний. Более того, вместо времени (или другой независимой переменной) можно рассматривать последовательность состояний, различающихся каким-либо признаком. Типичным представителем дискретных моделей этого типа являются, например, *конечные автоматы*.

Для представления математических моделей широко используется аппарат теории множеств, матриц и графов. Соответственно различают *теоретико-множественные, матричные и топологические модели*. В качестве математических моделей реальных объектов находят применение различные алгебраические структуры: группы, кольца, поля и т. п.

Математическое описание процессов, происходящих в системах, является лишь некоторым приближением к действительности,

поскольку замещает реальную систему ее математической моделью. Для описания поведения системы в любой момент времени удобно использовать единую математическую характеристику — *переменную состояния*. Для системы первого порядка

$$\begin{aligned} X'(t) &= f[X(t), U(t), t]; \\ Y'(t) &= g[X(t), U(t), t], \end{aligned} \quad (1)$$

где t — время; $X(t)$, $Y(t)$ — входные и выходные переменные; $U(t)$ — переменные состояния.

Известно, что решение дифференциального уравнения первого порядка вида (1) зависит от одного начального условия, например $U(t_0) = U_0$, где t_0 — начальный момент наблюдения. Очевидно, что для $t \geq t_0$ выходной сигнал при заданном входном воздействии будет определяться начальным условием.

Состояние системы в момент времени t_0 есть набор сведений о поведении системы, которого с некоторым возможным входным воздействием, заданным при $t_0 \leq t \leq t_i$, достаточно для однозначного определения выходного сигнала для указанного интервала времени (при любом $t_i \geq t_0$).

Для канонического представления системы под *состоянием* будем понимать минимальный набор указанных выше сведений. Соотношения (1) будем рассматривать как стандартную форму уравнений состояния, при этом первое выражение (1) является дифференциальным уравнением состояния, второе — уравнением типа вход — состояние — выход.

Математические модели (ММ) систем можно классифицировать по различным признакам. На рис. 16 приведена одна из возможных классификаций.

Очевидно, что любой реальной системе присущи случайные флуктуации. При учете случайных процессов, происходящих в системе, следует выбирать вероятностные (стохастические) модели.

Математические модели с сосредоточенными параметрами описываются обыкновенными дифференциальными или разностными уравнениями, а ММ с распределенными параметрами — дифференциальными уравнениями в частных производных или разностными схемами. Математические модели по входу-выходу описывают отображение входных воздействий в выходные и могут быть в общем виде представлены уравнениями

$$y = A(x, p), \quad (2)$$

где x и y — векторы соответственно входных и выходных воздействий; A — оператор модели (имеет различную математическую природу, в

частности это может быть оператор свертки, либо статическая характеристика); p — вектор параметров модели.



Рис. 16. Классификация математических моделей систем

Математические модели в пространстве состояний описывают не только отображение входного воздействия в выходное, но и в определенном смысле внутреннюю структуру объекта :

$$U=F(u, x, p); U(0)=U_0; y=G(u, x, p), \quad (3)$$

где F — вектор-функция, определяющая изменения во времени переменных состояния; G — вектор-функция, определяющая зависимость выхода от переменных состояния и входных воздействий.

Линейные и нелинейные модели задаются соответственно линейными и нелинейными уравнениями.

Модель одномерная, если векторы входа и выхода одномерны (модель один вход — один выход). Модель многомерная, если количество выходов или входов больше одного.

Односвязные ММ содержат один оператор A или одну пару функций F и G , связывающих входные воздействия с выходными. Многосвязные ММ содержат несколько операторов A или несколько пар функций F и G .

Аналитические модели дают описание процессов, происходящих в системе, в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, дифференциальных, интегродифференциальных; конечно-разностных и др.) либо логических условий. Аналитические модели могут исследоваться одним из следующих способов: аналитически, численно и качественно. Аналитический способ является наиболее полным и исчерпывающим и позволяет в ряде случаев получить в общем виде явные зависимости для искомых величин, что наиболее удобно для анализа. Как правило, аналитическое исследование возможно лишь при существенном упрощении модели, что дает возможность изучить лишь некоторые свойства системы. Численный способ не дает решений в общем виде, но позволяет получить числовые результаты при конкретных начальных данных. Численные исследования более универсальны, чем аналитические, однако получаемые при этом решения носят частный характер. Качественный способ, не давая решений в явном виде, позволяет найти некоторые существенные свойства решения, например, оценить устойчивость и т. п.

Численные модели дают описание процессов, происходящих в системе, в виде конкретных количественных связей для выбранных значений аргумента.

Для построения математических моделей используется следующий математически аппарат:

- арифметика,
- алгебра,
- геометрия (планиметрия, стереометрия, тригонометрия, начертательная),
- тензоры (скаляры, векторы и др.),
- функции,
- дифференциалы,
- интегралы,
- ряды,
- вероятности и статистика,
- массовое обслуживание,

- марковские процессы,
- графы,
- математические игры,
- множества,
- отношения,
- матрицы,
- логика,
- автоматы,
- формальные системы,
- формальные алгоритмы,
- формальные языки и грамматики.

Приведенный выше перечень математического аппарата используется также при создании методов построения математических моделей объектов.

Процесс построения математических моделей объектов осуществляется в такой последовательности:

- описание математических моделей объектов с использованием естественных языков.
- описание математических моделей объектов с использованием формальных языков ,
- описание математических моделей объектов с использованием математического аппарата,
- описание на естественном языке алгоритма построения математических моделей объектов,
- разработка блок-схемы алгоритма математических моделей объектов,
- описание алгоритма построения математических моделей объектов на языке программирования.

Имитационные модели

Имитационное моделирование широко используется на различных этапах жизненного цикла системы: при проектировании — для осуществления параметрического и структурного синтеза, проведения многовариантного анализа; при вводе в действие — для поиска «узких» мест; при эксплуатации — для прогнозирования эффекта от возможных модернизаций состава и структуры сложной системы.

При создании систем имитационные модели могут использоваться для получения оценок показателей функционирования систем, включения систем имитационного моделирования и конкретных имитационных моделей в состав функциональных подсистем систем.

Имитационное моделирование в методическом плане имеет много общего с натурным моделированием.

Имитационные модели системы реализуются на ЭВМ. Вместо аналитической модели процесса используется алгоритмическое описание процесса ее функционирования. Моделирующий алгоритм приближенно воспроизводит процесс — оригинал в части его функционирования во времени. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени. Имитационное моделирование близко к натурному эксперименту и состоит в реализации на ЭВМ специального алгоритма, воспроизводящего формализованный процесс функционирования сложной системы. Этот моделирующий алгоритм позволяет по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии процесса (входной информации) и его параметрах, получить сведения о состояниях процесса в произвольные моменты времени.

Влияние случайных факторов на течение процесса имитируется при помощи случайных сигналов с заданными или вырабатываемыми в процессе моделирования вероятностными характеристиками.

Основное преимущество имитационных моделей — возможность решения задачи исключительной сложности. При использовании имитационных моделей можно учесть наличие в системах элементов непрерывного и дискретного действия, нелинейные соотношения любого вида, описывающие связи между элементами системы, воздействие многочисленных случайных факторов. Однако имитационные модели дают решения частного характера, отвечающие фиксированным значениям параметров системы, входной информации и начальных условий. Поскольку необходимость объективизации результатов имитационного моделирования сложных случайных процессов требует их многократного воспроизведения с последующей статистической обработкой полученных данных, исследование систем с помощью имитационного моделирования принято называть также статистическим, хотя имитационные модели применимы и для детерминированных систем, где нет необходимости в статистических постановках задач.

Понятия имитационного моделирования

Имитация предназначена для построения некоторого идеализированного процесса функционирования системы, называемого *имитационным процессом*. Процесс функционирования реальной системы распадается на ряд процессов функционирования отдельных объектов. Эти процессы протекают одновременно, или параллельно. Задача программной имитации состоит в отображении параллельно протекающих процессов на один вычислительный процесс. Это

отображение может быть выполнено различными способами в зависимости от задач и показателей эффективности.

Множество моментов времени изменения состояния конечно и может быть описано выражением

$$T = \langle t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n \rangle,$$

где t_i — i -й момент времени изменения состояния системы; t_n — общее время наблюдения за системой.

Каждому моменту времени t_i соответствует оператор H_i , вычисляющий состояние s_i — где $s_i \in S$. Оператор H_i осуществляет отображение времени t_i на один из элементов множества пространства S .

Предположим, что выполнение оператора H_i происходит мгновенно в момент времени t_i .

В общем случае оператор H можно представить в следующем виде:

$$s = H(A, t, \omega),$$

где $s \in S$ — состояние процесса Z ; A — пространство аргументов; t_i — текущее значение времени; ω — случайная величина, распределенная равномерно на $[0, 1]$, принимающая новое значение при каждом выполнении оператора H . Использование величины ω позволяет описать случайность в операторе.

Таким образом, для момента времени t_i

$$s_i = H_i(A_i, t_i, \omega).$$

Если для двух произвольных моментов времени t_i и t_j оказывается $s_i \in A_j$, то будем называть операторы H_i и H_j сцепленными и обозначать $H_i \infty H_j$. Практически это означает, что для вычисления состояния s_j в момент времени t_j необходимо знать состояние s_i в момент времени t_i .

Описание оператора, вычисляющего новое значение состояния системы в какой-то момент времени, является достаточно сложной задачей, тем более, что пространство состояний может иметь высокую размерность.

Предположим, что для текущего момента времени t можно задать последовательность таких подоператоров $\langle h^l / l = 1, m_t \rangle$, что

$$s^l = h^l(A^l, t, \omega); h^k \infty h^l \text{ для всех } l > k.$$

После выполнения последовательности подоператоров (h^l) система примет состояние s , как после выполнения оператора H . Таким образом, оператор H можно рассматривать как последовательную композицию подоператоров (n^l).

Задание оператора H через последовательность сцепленных подоператоров h^l назовем *расщепленным описанием*. Расщепление оператора H не единственное и определяется структурой моделируемой системы, степенью подробности описания процесса

функционирования, задачами исследования, опытом разработчика модели. Практически расщепление получают путем выделения базовой совокупности подоператоров. Построение различных композиций из этой совокупности покрывает все многообразие операторов H .

Алгоритмическая модель процесса

Под функционированием системы понимается процесс изменения ее состояния во времени. Этот процесс назовем процессом функционирования

$$Z = (T, S, F, \alpha),$$

где T - множество моментов времени; S — пространство состояний; F — траектория процесса ($F: T \rightarrow S$); α — отношение линейного порядка на множестве T .

В зависимости от типа процесса множество моментов времени T может быть как непрерывным, так и дискретным. Если T задано в виде упорядоченных чисел, то величину α из данного выражения можно исключить.

Пространство состояний S определяется параметрами P системы. Пусть W — множество параметров P системы. Под параметром системы будем понимать некоторую скалярную переменную, обладающую именем и множеством значений:

$$P = (W_p, \sigma(W_p)),$$

где W_p — имя параметра; $\sigma(W_p)$ — множество значений параметра. (Элементы множества $\sigma(W_p)$ скалярны.) При этих условиях пространство состояний

$$S = \Pi \sigma(w) \text{ для всех } w \in W,$$

где Π — символ декартова произведения множеств.

Таким образом, размерность пространства S равна числу параметров системы.

Над процессами функционирования осуществляют операции проекции и суммирования.

Проекцию процесса Z на пространство S обозначим $\Pi_{P_S} \dot{Z}$ и определим как проекцию траектории F на подпространство S' . Если

$$S' = \Pi \sigma(W'), \text{ где } W' \subset W,$$

то эта операция описывает процесс в подсистеме W' . Проекция процесса Z на отрезок времени $[t_1, t_2] \subset T$ описывает подпроцесс

$$Z_1 = \Pi_{P_{[t_1, t_2]}} Z.$$

Операция, обратная операции проекции, называется суммированием:

$$Z = Z_1 + Z_2.$$

Так как задание процесса функционирования Z сложной системы или ее подсистемы в виде некоторого аналитического соотношения в общем случае невозможно, то используют более сложные модели. Но как показал анализ, такие модели не удовлетворяют требованиям универсальности и не позволяют описывать функционирование систем и сетей с единых методологических позиций. Выполним такое описание с помощью алгоритмической модели процесса (АМП).

Виды операторов. Рассмотрим дискретный процесс функционирования Z , множества моментов времени T которого счетны. Каждому моменту времени $t_i \in T$ поставим в соответствие элементарный оператор h_i , вычисляющий значение S_i в пространстве состояний S ($S_i \in S$) в соответствии с траекторией процесса F . Таким образом, для упорядочений последовательности времени $\langle t_i \rangle$ будет сформулирована во взаимно-однозначном соответствии последовательность элементарных операторов $\langle h_i \rangle$. Очевидно, что $\langle h_i \rangle$ представляет собой линейный граф, соответствующий траектории процесса F . Для полного описания процесса необходимо иметь средство, позволяющее строго регламентировать моменты времени t_i выполнения операторов h_i . В качестве такого средства в АМП введем специальный объект, называемый *инициатором*.

Сделаем следующее утверждение: если происходит сцепление инициатора с элементарным оператором h_i , то последний выполняется мгновенно и вычисляет соответствующее состояние системы.

Алгоритмическая модель процесса (АМП) Z имеет вид

$$\langle \{h_i\}, \beta, I \rangle,$$

где $\{h_i\}$ —совокупность элементарных операторов; β — линейный порядок на $\{h_i\}$; I — инициатор.

Каждому процессу соответствует один и только один инициатор. После сцепления с очередным оператором инициатор либо остается в этом операторе, либо находится вне АМП. В соответствующий момент времени инициатор должен сцепиться со следующим оператором. Задание момента времени сцепления отнесем к функциям текущего оператора. Тогда структура элементарного оператора будет иметь вид

$$h_i = \langle h_i^c, h_i^y \rangle,$$

где h_i^c , h_i^y — i -е элементарные операторы состояния и условия.

Оператор h_i^c выполняет функции, описанные ранее для оператора h_i , а оператор h_i^y формулирует условия, при выполнении которых происходит сцепление инициатора со следующим оператором h_{i+1} .

Будем считать, что $h_i^y \in \{h_i^c, h_i^y\}$, где оператор h_i^c задает момент

времени сцепления инициатора с оператором h_{i+1} , оператор h_i^{β} — логическое условие. Таким образом, АМП полностью определяет процесс, поскольку содержит в явном или опосредственном виде все компоненты. Совокупность $\langle \{h_i\}, \beta \rangle$ представляет собой трек инициаторов (рис. 17).



Рис. 17. Схема трека инициатора I .

В результате анализа операторов h_i выделим некоторый базовый набор операторов $\{h^{\delta}\}$, полагая, что для любого h_i можно найти соответствующий оператор h^{δ} , способный вычислить то же состояние. Тогда трек $\langle \{h_i\}, \beta \rangle$ можно свернуть путем объединения вершин в некоторый граф, соответствующий одному и тому же базовому оператору (рис. 18).

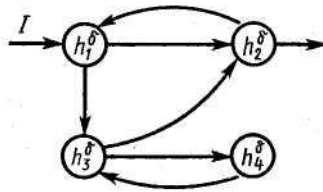


Рис. 18. Структурная схема операторов относительно инициатора I

Назовем полученный граф *структурой операторов относительно инициатора*. Однако построение трека при заданной структуре может быть выполнено неоднозначно. Для решения этой задачи введем особый тип оператора — *навигационный*, который выполняется мгновенно при сцеплении с инициатором, результатом является номер связи 1, ..., n , в соответствии с которым инициатор продолжает путь (рис. 19). Навигационный оператор вычисляет лишь состояния, условная часть h^{ν} в нем отсутствует.

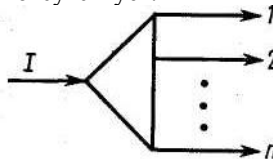


Рис. 19. Схема навигационного оператора

Можно выделить следующие типовые структуры операторов: линейную, общего вида, полнодоступную. Линейная структура совпадает с треком (см. рис. 17) и не требует введения навигационных операторов. Структура общего вида (рис. 20, а) представляет собой граф с обязательным включением навигационных операторов. Сильно связанный граф удобно представлять в виде полнодоступной структуры, получаемой в результате свертки всех навигационных операторов в один общий (рис. 20, б).

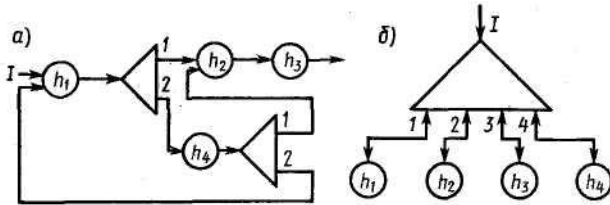


Рис. 20. Линейная структура общего вида (а) и полнодоступная (б)

Структура операторов описывает процесс либо подпроцесс и может быть представлена одним оператором общего вида H . Таким образом, возникает возможность многоуровневого описания процесса, т. е. к представлению процесса в виде суммы подпроцессов. Каждый из подпроцессов одного уровня, в свою очередь, можно представить суммой подпроцессов другого уровня. При этом необходимо помнить, что подпроцесс возникает в результате сцепления инициатора с оператором общего вида. Дробление подпроцессов прекращается, когда достигается уровень описания элементарными операторами.

Варианты сцеплений. Рассмотрим отношение доступа между основными элементами описания процесса: параметрами, операторами и инициаторами. Параметры P_1 и P_2 могут быть сцеплены между собой, что обеспечивает доступ от параметра P_1 к параметру P_2 (рис. 21, а). Аналогично возможно сцепление параметра с инициатором (рис. 21, б). В этом случае доступ к инициатору обеспечивает и доступ к параметру. Сцепление инициатора с параметром (рис. 21, в) вызывает выполнение оператора и обеспечивает доступ оператора к инициатору (сцепление показано одинарной стрелкой). Сцепление оператора с параметрами A, B, C показано на рис. 21, г двойной стрелкой. Здесь параметр A является входным, B — выходным, C — рабочим.

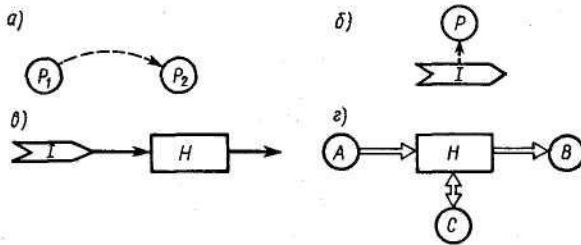


Рис. 21. Варианты сцепления:

a — параметров P_1 и P_2 ; *б* — параметра P с инициатором I , *в* — инициатора I с оператором H ; *г* — оператора H с параметрами A, B, C

Схема описания процесса, включающая сцепления между перечисленными выше элементами, называется *операторно-параметрической* (рис. 22).

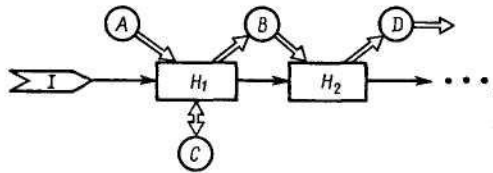


Рис. 22. Фрагмент операторно-параметрической схемы

В случае отсутствия тех или иных элементов в описании процесса возможны варианты схемы — операторная и параметрическая.

Блоки. Совокупность оператора со сцепленными параметрами представляет собой блок, который может включать как элементарный, так и укрепленный операторы. При наличии укрепленного оператора блок описывает подпроцесс или процесс. Блоки между собой взаимодействуют через общие параметры и инициаторы. Если задано разбиение операторов на блоки, то из операторно-параметрической схемы получим блочную схему описания функционирования. На каждом уровне описания может быть построена своя блочная схема.

Будем различать следующие типы блоков: А, П, К, Ф.

А - б л о к (агрегат) описывает замкнутый процесс, инициатор которого не покидает блок. С внешней средой он взаимодействует только через параметры. С помощью А-блоков описываются устройства, машины, агрегаты, функционирующие в соответствии с заданной внутренней логикой и «перерабатывающие» параметры.

П - б л о к (процессор) описывает подпроцесс для инициатора, оказавшегося с ним в сцеплении. После окончания сцепления инициатор покидает П-блок, продолжая путь в соответствии с блочной схемой. Если П-блок допускает наличие лишь одного инициатора, то он называется *монопроцессором*. Если несколько П-блоков описывают идентичные подпроцессы и содержат однородные операторы, то можно построить один П-блок, включающий объединенные операторы. Пример построения объединенного оператора представлен на рис. 23.

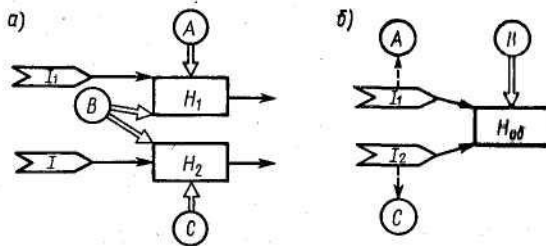


Рис. 23. Параметр построения обобщенного оператора:
 а — исходное описание; б — обобщенное описание

Параметры А и С доступны этому оператору лишь через соответствующие инициаторы. Каждый из них входит в локальную среду процесса, соответствующего своему инициатору. Таким образом, появление локальных сред является следствием введения объединенных операторов. П-блок, составленный из обобщенных операторов, называется *полипроцессором* и допускает описание одновременно развивающихся подпроцессов из состава различных процессов. П-блок широко используется при построении имитационных моделей, позволяя достаточно экономно описывать совокупность связанных параллельных процессов.

К-б л о к (контроллер) является разновидностью А-блока и предназначен для обработки параметров, которые либо были, либо станут инициаторами. Таким образом, К-блоки управляют протеканием процессов либо осуществляют их взаимодействие. Наиболее часто К-блоки используют для управления доступом процессов к ресурсам. Блоки типа «генератор обобщений» и «уничтожитель сообщений» являются разновидностью К-блоков.

Ф - б л о к и служат лишь для выполнения вычисления состояний. Инициатор сцепляется с Ф-блоками мгновенно. Эти блоки могут рассматриваться как процедуры, выполняющие типовые преобразования параметров.

Конфликтные ситуации. Практический интерес представляет разработка способов разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при занятии разными процессами общего ресурса. Ресурс определяется совокупностью параметров.

Первый способ. Если каждый из процессов задан с помощью П-блока, то регулирование захвата ресурса может быть выполнено с помощью общей логической переменной для всех конфликтующих процессов. Если эта переменная принимает значение «1», то ресурс может быть захвачен каким либо процессом, если же — «0», то ресурс не свободен и следует ожидать его освобождения. В каждом П-блоке участок, описывающий изменение состояния ресурса, начинается с проверки логической переменной. Если ее значение «1», то процесс захватывает ресурс, вычисляя значение логической переменной, равное «0». После окончания подпроцесса в ресурсе П-блок вычислит значение переменной, равное «1», и продолжит развитие процесса вне ресурса в рамках собственных локальных параметров.

Второй способ. Способ состоит в выделении ресурса в самостоятельный объект, что сокращает запись П-блоков. Процесс в ресурсе описывается с помощью П-блока. Для регулирования доступа инициаторов в ресурс создается К-блок. Все инициаторы из П-блоков при попытке захвата ресурса поступают в К-блок. Последний по заданному алгоритму определяет инициатор, поступающий в П-блок ресурса. По окончании процесса К-блок возвращает инициатор в соответствующий П-блок и выбирает новый инициатор для захвата ресурса.

Конструктивность второго варианта заключается в получении схемы, анализ которой выполняется методами теории массового обслуживания с целью получения временных характеристик. В качестве сообщений выступают инициаторы процессов.

1.14. Методы моделирования систем и принятия решений

Методы моделирования прежде всего проявляются в анализе и синтезе исследуемых объектов.

В общетеоретическом смысле *моделирование означает осуществление* каким-либо способом *отображения или воспроизведения действительности для изучения имеющихся в ней объективных закономерностей*. Обобщенно моделирование определяется как метод опосредствованного познания, при котором изучаемый объект (ори-

гинал) находится в некотором соответствии с другим объектом (моделью), причем объект-модель способен в том или ином отношении замещать оригинал на некоторых стадиях познавательного процесса. Стадии познания, на которых может происходить такая замена, равно как и формы соответствия (адекватности) модели и оригинала, могут быть различны. Исходя из понятия отображения, принятого в теории познания, можно определить два характерных вида моделирования.

1. Моделирование как познавательный процесс, содержащий переработку информации, поступающей из внешнего мира, о происходящих в нем явлениях. В результате этой информации в сознании появляются образы, имеющие определенное сходство с соответствующими объектами (прообразами). Сумма этих образов позволяет выявлять свойства изучаемых объектов и их взаимодействие. Математическая запись, составленная на основании суммы образов и содержащая описание динамики физических или других (например, экономических) закономерностей, и есть модель.

2. Моделирование как создание некоей системы — системы-модели (второй системы), имеющей определенное сходство с системой-оригиналом (первой системой). Две эти материально реализованные системы, из которых одна рассматривается как отображение другой, связаны соотношениями подобия. Отображение одной системы в другой в этом случае является следствием выявления сложных зависимостей между двумя системами, отраженных в соотношениях подобия, а не результатом непосредственного изучения поступающей информации.

В первом случае моделирование носит мысленный характер, во втором — материальный, поскольку его реализация требует создания специальных установок, воспроизводящих исследуемую систему.

Понятие моделирования *тесно связано с понятием информации*, характеризующей воздействия (которые получают система и ее отдельные элементы), а также происходящие в результате этих воздействий изменения состояния системы, определяемые, вообще говоря, всегда во времени и в пространстве, но иногда рассматриваемые или только во времени, или только в пространстве.

Информация — это содержание воздействия, его величина, изменение в пространстве и во времени, взятые в отрыве от первичного носителя воздействия и от его энергетических свойств. Овладение информацией невозможно без применения моделирования в том или ином виде. Это объясняется прежде всего следующим. Чтобы выявить физическое воздействие, его нужно в течение некоторого промежутка времени запомнить, т. е. отразить в структуре воспринимающей

системы. Модели в этом смысле можно дать приведенное выше общее определение как структуры, в которой *отражено изменение физического воздействия во времени и в пространстве* (полная модель), в частном случае — или *только во времени*, или *только в пространстве* (неполная модель).

Обширная информация о происходящих явлениях при изучении методами моделирования должна быть упорядочена. Это осуществляется с помощью теории подобия, позволяющей по заданным характеристикам одного явления судить о больших группах явлений, в том или ином смысле подобных первому явлению. Подобие явлений означает, что данные о протекании процессов, полученные при изучении одного явления, можно распространить на все явления, подобные данному. При этом, однако, необходимо учитывать, что модель не дает и не должна давать подобия абсолютно всех процессов, содержащихся в явлении или так или иначе связанных с ним. Модель обеспечивает подобие только тех процессов, которые удовлетворяют критериям подобия, найденным на основе теории подобия. Поэтому выше и было сказано «в том или ином смысле подобны». Характеристики любого явления в группе подобных явлений можно получить некоторым преобразованием характеристики другого — подобного — явления (в простейшем случае - это изменение масштабов). Теория подобия применяется:

- а) при аналитическом отыскании зависимостей, соотношений и решений конкретных задач;
- б) при обработке результатов экспериментальных исследований и испытаний различных технических устройств в тех случаях, когда результаты представлены в обобщенных «критериальных» зависимостях;
- в) при создании (физических) моделей, т. е. установок, воспроизводящих явления в других установках (оригиналах), обычно больших по величине или более сложных по структуре и более дорогих, чем модели.

Здесь проявляется особая роль моделей, предназначенных для изучения сложных больших систем, эксперименты в которых затруднительны или даже невозможны, если они могут нанести какой-либо вред изучаемой системе. При моделировании сложных систем исключительно важно положение о том, что подобие отдельных подсистем обеспечивает (при соблюдении определенных условий) подобие всей сложной системы. Это означает, что опытное изучение сложной системы можно начинать раньше, чем установлено ее

математическое описание как сложной системы, т. е. при описании только по элементам.

Особая роль методов подобия и моделирования в изучении систем связана еще и с тем, что эти методы по своей природе, своим свойствам нацелены именно на выделение из системы того, что является самым важным при изучении (в данной конкретной постановке задачи) ее свойств. Любая система и даже, более того, любое явление связано с бесконечной гаммой различных процессов, любая естественная система всегда нелинейна. Попытки ее познания для активного вмешательства в происходящие процессы (в чем и состоит задача технических наук) невозможны без создания модели, всегда упрощенной по сравнению с бесконечной глубиной оригинала, но упрощенной так, чтобы сохранять те стороны явления, которые существенны в данной теоретической или практической проблеме.

Теория подобия и основанное на ней моделирование имеют глубокие связи с теорией познания и всеми естественными науками, так как при установлении подобия в явлениях одной физической природы вскрывают глубокие зависимости качественных сторон явлений от количественных.

Возможность установить подобие между разнородными по физической природе явлениями также не случайна. В природе вследствие ее материального единства имеются общие для всех качественных разновидностей материи и ее разнообразных проявлений количественные отношения и пространственные формы. Это позволяет обобщать процесс познания, отвлекаясь от деталей, содержащихся в полном комплексе качеств вещей, от происходящих процессов, и изображать те или иные их стороны математически в виде функциональных связей, дифференциальных уравнений.

Применение тождественного математического аппарата в разных отраслях науки, разных дисциплинах (например, единый подход к колебаниям и волнам различной физической природы) не является делом простого «удобства» или теоретического произвола, умения «красиво» выбрать уравнения, как это пытаются изображать некоторые физики и математики. В сущности, на такой же позиции находятся и те, кто отвергает единый подход к явлениям разной природы, утверждая, что он является чисто формальным, основанным якобы на «только формальной» аналогичности математического аппарата. Единство природы обнаруживается в «поразительной аналогичности» дифференциальных уравнений, относящихся к разным областям явлений. Действительно, развитие физики подтверждало и подтверждает, что единство природы, единство многих

закономерностей объективных процессов, происходящих при различных видах движения материи, одинаковыми уравнениями. Так, например, в колебаниях маятника и колебаниях в электрическом контуре, в распространении упругих волн и распространении электромагнитных волн имеется общность, позволяющая создать единое учение о колебаниях и волнах с общим математическим аппаратом, лежащим в основе этого учения. Таким образом, в общности подхода к явлениям природы, имеющейся у теории подобия и моделирования, есть глубокий смысл и большое познавательное значение, которые не всегда оцениваются правильно. Между тем метод моделирования превращается в один из универсальных методов познания, применяемых во всех современных науках, как естественных, так и общественных, как теоретических, так и экспериментальных, технических, которые все больше и больше обращаются к изучению сложных систем. Однако свою роль этот метод может выполнить только при правильной его оценке, методологически закономерном применении основных понятий и процедур.

Учение о подобии распространяется как на величины и процессы одной физической природы, так на величины и процессы, различающиеся по своей природе, но имеющие определенную аналогию или хотя бы какое-то математическое соответствие. При этом различают математическое подобие и аналоговое. Развитие теории подобия идет двумя путями, основой которых есть анализ:

- 1) уравнений, математически описывающих изучаемые явления;
- 2) размерностей физических величин, характеризующих эти явления.

Первое направление получило название *анализа уравнений*, второе — *анализа размерностей*. В результате этих исследований условия подобия и закономерности моделирования стали устанавливать на основе анализа уравнений, пользуясь прямой (иначе называемой первой) и обратной теоремами подобия, а также π -Теоремой (иначе называемой второй теоремой подобия). π -Теорема, являющаяся основой анализа размерностей, утверждает, что результаты любого физического эксперимента могут составить некоторые безразмерные комбинации величин, участвующих в изучаемом процессе (они обозначались через π , откуда следует название теоремы). Соотношения и функциональные зависимости, которые характеризуют процесс и представляются в виде безразмерных π -величин — критериев подобия, оказываются при этом справедливыми не только для данного процесса, но и для всех процессов, имеющих численно такие же критерии подобия. π -Теорема строго выведена как следствие из теоремы,

которую А. Федерман доказал в 1911 г. Несколько позже, в 1914 г., π -Теорема была доказана при некоторых частных предположениях Букингемом. Далее в более общем виде π -Теорема была сформулирована Т. А. Афанасьевой-Эренфест. Эта же теорема рассмотрена в работе Н. Г. Чеботарева и в целом ряде работ других авторов.

Математическое подобие и моделирование, ранее рассматривавшиеся только как синоним аналогового подобия и моделирования, приобрели самостоятельное значение. Здесь одно направление начало развиваться от понятий о подобии дифференциальных уравнений, математически преобразовываемых к одинаковому, или в том или ином смысле эквивалентному виду. Другое направление было стимулировано развитием техники ЭВМ, потребовавшим установления эквивалентных программ подобия алгоритмов, критериев объединения групп вычислительных машин в подобные комплексы и сети (А. Н. Лебедев, П. Л. Табакс и др.). Начало разрабатываться и сближаться с теорией подобия так называемое условное (эквивалентное) подобие, при котором объекты или явления группируются по некоторым характерным признакам. Эквивалентное подобие алгоритмов и самообучающихся моделей стало связываться с построением управляющих машин и систем (В. Т. Кулик и др.).

При решении ряда физических задач стали применяться различного рода математические приемы, примыкающие к методам моделирования, например конформные отображения, впервые упомянутые как основа для установления подобия еще в работах Д. Максвелла (1881 г.) и позднее нашедшие развитие в работах Н. Е. Жуковского, Н. Н. Павловского, Р. Ферстера, П. Ф. Фильчакова, Ю. Г. Толстова и др. Ряд исследований осуществляется в отношении методологии математического и аналогового моделирования электрических систем (Д. А. Городский, П. С. Жданов, Д. И. Азарьев, Н. И. Соколов, И. А. Груздев и др.). В результате этих работ созданы расчетные столы при различном представлении на них элементов электрических систем. Так, генераторы представляют или в виде источников э. д. с., величина и фаза которых изменяются оператором, или в виде автоматических расчетных моделей (самоуправляющихся станций). Созданы типы расчетных столов, на которых моделируемая система с ее генераторами и двигателями представляется на структурной аналоговой модели. Весьма удачными оказались установки для изучения переходных процессов, сочетающие принципы аналогового подобия и математического моделирования, на ЭВМ. В связи с этим актуальным стало нахождение лучших способов преобразования уравнений системы, подлежащей исследованию.

Как видно из сказанного, в понятия подобия и моделирования стало складываться несравненно более широкое содержание, чем это было раньше.

В современных научных исследованиях под моделью стали понимать также и совокупности различных гипотез, позволяющих не только получать наглядное описание уже известных качеств изучаемого предмета, но и предсказывать новые. В этом смысле говорят о мысленных моделях, например моделях строения ядра и т. д. Появилось понятие информационного моделирования, не воспроизводящего изучаемый объект, но определенным образом собирающего сведения о нем и систематизирующего их так, чтобы можно было не только описывать известные свойства, но и предсказывать поведение объекта в различных условиях. При таком подходе мозг человека может рассматриваться как универсальная информационная модель. Эта «модель» осуществляет не только статическое освоение поступающей информации, но и динамически преобразует ее, развивая в соответствии с заложенными в ней возможностями. В ряде работ (В. М. Глушкова и др.) подчеркивается, что в универсальности мозга человека заключается одна из важнейших сторон его способности к безграничному познанию окружающего мира. В этом аспекте современные ЭВМ стали с методологической точки зрения рассматриваться как инструмент информационного моделирования, поскольку в них накапливается и динамически перерабатывается любая информация. В научном познании большое значение имеет кибернетическое моделирование, которое не стремится к выявлению какого-либо сходства в отношении внутренних свойств моделируемых объектов. При таком моделировании, разрабатываемом применительно к большим техническим системам В. А. Вениковым, О. А. Сухановым, В. А. Щербиной и др., признаком подобия служит наличие изофункционализма, т. е. одинаковых функций на входах и выходах «черного ящика». Модель, так же как и оригинал, при кибернетическом моделировании реагирует на внешние воздействия; исследуемые функциональные зависимости служат определенным выражением сущности объекта, однако внутренний причинный механизм связи явления с его сущностью при кибернетическом моделировании может быть неизвестен.

В ряде общеметодологических работ (И. Б. Новик, В. А. Штофф, Г. Клаус и др.) подчеркивается, что моделирование является определенной ступенью в развитии научного познания на пути его углубления от внешнего к внутреннему, от явления к сущности, от явления более простого к явлениям более сложным. Рассмотрение

вопросов синтеза знания в свете метода моделей оправдывается тем, что моделирование не только способствует созданию единого языка науки, но и отражает в конечном счете внутреннее содержание моделируемых явлений. А это позволяет подойти к проблеме научных знаний, исходя из материалистического принципа — единства природы.

Теория подобия и теория моделирования, как это указывалось выше, по сути дела, являются методологией эксперимента. Они указывают, как ставить эксперимент и как обрабатывать его данные, чтобы получить результат, не только достоверный в данном частном случае, но и распространяющийся на группу подобных явлений. Однако теория эксперимента развивалась и развивается еще по двум направлениям. Одно из них, называемое *обработкой данных* и характеризовать как методику расчета и построения достоверных характеристик на основе опытных данных, неизбежно имеющих погрешности, отражающиеся, в частности, в «разбросе» опытных точек. Другое направление, называемое *теорией планирования экспериментов*, можно определить как методику проведения наблюдений за явлениями (пассивный эксперимент) и одновременно такую стимуляцию изучаемых явлений (активный эксперимент), которая позволила бы наиболее быстро, с меньшим числом опытов найти наиболее характерные зависимости или точки (активный — экстремальный эксперимент).

Первое направление, связанное с именем Лагранжа и других ученых, развивалось с начала XIX в. и получило широкое применение при такой обработке результатов измерений, при которой учитывается их статистический характер и обеспечивается наилучшее приближение к истинным значениям параметров по результатам измерений, имеющих различные ошибки, в том числе случайные. Эти ошибки должны исключаться соответствующими методами.

Второе направление появилось в 40—50-х годах XX в. Начало ему положили работы Фишера, Бокса и Уильсона и многих других исследователей. К их числу надо отнести и ряд работ других авторов (В. В. Налимова, Г. К. Круга, Ю. П. Адлера и др.). В разрабатываемых при этом проблемах центральное место заняли вопросы организации опытов при учете не одного, как это делалось раньше, а многих влияющих факторов. Такой многофакторный эксперимент должен проводиться согласно четкой схемы, предусматривающей, в частности, экстремальный и вероятностный подходы к исследованиям.

Экстремальный подход, направленный на быстрое выявление наиболее существенных характеристик и их точек, предлагает

проводить опыты в любой сложной, нелинейной системе, сначала находя линейное ее приближение. При этом зависимости, отражающие малые участки изучаемой функции, линеаризуются, экспериментальные точки выбираются и изменяются «по градиенту». Затем учитывается, что выявляемые соотношения в действительности нелинейны и должны представляться полиномами высоких порядков.

Вероятностный подход к учету влияющих факторов в теории планирования эксперимента оказался существенно отличным от принятого при обработке данных пассивного эксперимента. При активном эксперименте исследователь не преодолевает случайные — вероятностные — ситуации, а, напротив, искусственно создает их. Так сформировалась новая идея расширения возможностей опыта, отраженная в специально разработанных приемах, а также опубликованная в многочисленных трудах по теории эксперимента, получившая название *рандомизации*.

Таким образом, для второго направления оказались наиболее существенными активность эксперимента, его многофакторность, а также стратегия проведения опытов, при которой выявляются характерные для данных явлений точки в условиях искусственно созданных вероятностных ситуаций.

Из сказанного следует, что установление подобия явлений, различные пути их моделирования, обработка результатов экспериментов, планирование экспериментов — все это, по сути дела, единая методология эксперимента. Правда, это единство еще недостаточно отражено в практике исследователей и в литературе. Так, в работах по теории планирования эксперимента обычно даже не упоминается о теории подобия, о возможности и целесообразности обобщенного представления результатов опытов в виде взаимозависимостей критериев подобия. В свою очередь несомненно, что постановка исследований с помощью моделей — моделирование — должна была бы при проведении опытов ориентироваться на активные эксперименты, используя теорию их планирования. Необходим синтез этих направлений.

Практика моделирования имеет свою многовековую историю, восходящую к XV в., к именам Леонардо да Винчи и Галилея. Эти ученые применяли методы моделирования в самой простейшей форме, обосновывая их прямой аналогией и наглядными соотношениями.

Теоретическая обоснованность методов моделирования непрерывно развивалась (рис. 24).

Ньютоном, Фурье и Бертраном были заложены начала современной теории подобия, сформулированы основные положения, касающиеся

постановки опытов на моделях. С середины XIX в. успехи моделирования были связаны с развитием физических, технических, а также и экономических наук. Проникновение в них методов теории подобия и моделирования можно условно характеризовать кривой *A*, показывающей, как эти методы все больше и больше служили основой экспериментального изучения сложных систем. Однако в ряде научных областей, например в биологии, медицине, химии и др., моделирование не получило пока еще ни достаточно полного теоретического обоснования, ни того широкого развития, в котором эти дисциплины нуждаются. Современное развитие моделирования в этих областях можно характеризовать участком 1—1 кривой *B*. Модель при этом рассматривается пока только как нечто внешне или в лучшем случае функционально похожее на оригинал. Таковы, например, модели мыши и черепахи, созданные Шенноном и Уолтером. Эти кибернетические модели не воспроизводят каких-либо физических или физиологических процессов и не отражают количественных соотношений, но дают внешнюю похожесть функций. Модели, например, отыскивают себе «пищу» (для моделей это магнит или источник света), запоминают к ней дорогу, т. е. качественно (без количественных соотношений) моделируют некоторые функции живого организма. В рассматриваемых моделях Шеннон и Уолтер как бы возвращаются (разумеется, на новом уровне) к представлениям Леонардо да Винчи, воспроизводя в своих моделях некоторые функции живых существ. Модели отражают взаимодействие живого организма с внешней средой, его способность реагировать на те или иные раздражения. Однако реальные живые существа и их поведение значительно сложнее. Они определяются не только внешними условиями и функциональными связями. Живые существа, кроме того, концентрируют, перерабатывают и воспроизводят при размножении поток информации, как приобретенной в ходе индивидуального развития, так и полученной от предков, т. е. информации, накопленной в процессе исторического развития вида.

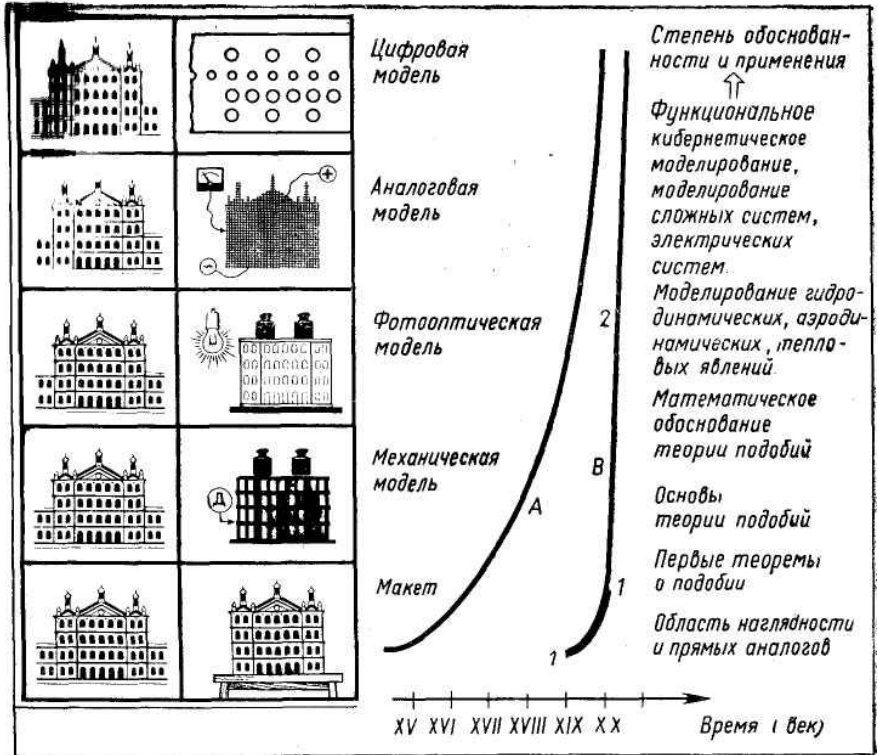


Рис. 24. Развитие методов моделирования

Метод, который до настоящего времени был основным при моделировании сложных процессов, отличался функциональным подходом к задачам. Однако при моделировании «живого» необходимо учесть, что функциональный подход выделяет только свойства отдельной стороны изучаемого сложного явления. А у последнего имеется множество функций, отраженных в ряде процессов. Можно получить в модели многофункционального явления схожие по отдельным функциям процессы, не имея подобия в целом, подобия во всей совокупности функций. Но даже при таком ограниченном подходе современное биологическое моделирование все еще несовершенно из-за отсутствия тех количественных характеристик, которые придали бы ему большую определенность, ввели его в общее русло единых и целенаправленных методов моделирования.

К сожалению, изучая живую природу с помощью физических методов, исследователь пока не всегда может найти достаточно надежные математические соотношения между параметрами и зафиксировать с их помощью те физические или физико-химические законы, которые управляют сложной живой системой. Однако не следует делать вывод, что в биологическое моделирование нельзя ввести математические критериальные соотношения. В задачах медицины моделирование, применяя вычислительные машины, перешло от первых опытов к решению практических задач, применяется моделирование в генетике, особенно в том ее разделе, который получил название *инженерной генетики*. Таким образом, действительно можно ожидать, что аллюр кривой *B* (рис. 24), отражающий моделирование в историческом плане и прогнозирующий его будущее, далее будет очень быстрым (отрезок 1—2).

1.15. Обзор общей классификации подобия и моделирования

Рассмотрим на примерах классификацию, показанную на рис. 15, где представлены различные виды подобия и моделирования, которые сводятся к шести группам и двадцати подгруппам. Условная нумерация, принятая в соответствии с этой классификацией, может быть следующей: буквы (*A, B, V*), римские цифры (I, II, III), греческие и латинские буквы ($\alpha, \beta, \gamma, t_1, t_2$) и русские (*a, б, в, з*) буквы, отвечающие подгруппам, наконец, номера (1—6), указывающие группы, характеризуют вид моделирования. Например, *A, III, $\beta t_2, 5-a$* будет означать: полное, материальное, стохастическое моделирование в измененном времени, физическое, временное моделирование.

1. Наглядное моделирование. К 1-й группе моделирования следует отнести различные мысленные представления (гипотезы) в форме тех или иных воображаемых моделей (1.а). К ним могут быть отнесены, например, известные планетарные модели атомов (Резерфорд, Бор) или молекул (Бернал), причем для них могут создаваться модели в виде наглядных аналогов (1.6) типа показанного на рис. 25.



Рис. 25. Модель молекулы

Эти модели, создаваемые как мысленные, идеальные, могут быть реализованы в виде вещественных соотношений, подкрепляющих идеальные, мысленные соотношения чувственно воспринимаемыми построениями. К таким построениям относятся и макеты (1.в), обычно являющиеся геометрическими копиями изучаемого или проектируемого объекта. Они применяются, в частности, в виде фотографий, выполненных в разных проекциях и заменяющих рабочие чертежи.

Деревянные модели церквей и башен, на основе которых проводилось строительство, известны очень давно. В XVII в. ученый монах Арсений Суханов привез патриарху Никону модели иерусалимских храмов, в храме Василия Блаженного были найдены макеты, которыми пользовались зодчие, создавая реальные конструкции. У современных архитекторов имеются не только такого рода примитивные макеты, но и специальные приборы — макетоскопы (рис. 26, а).

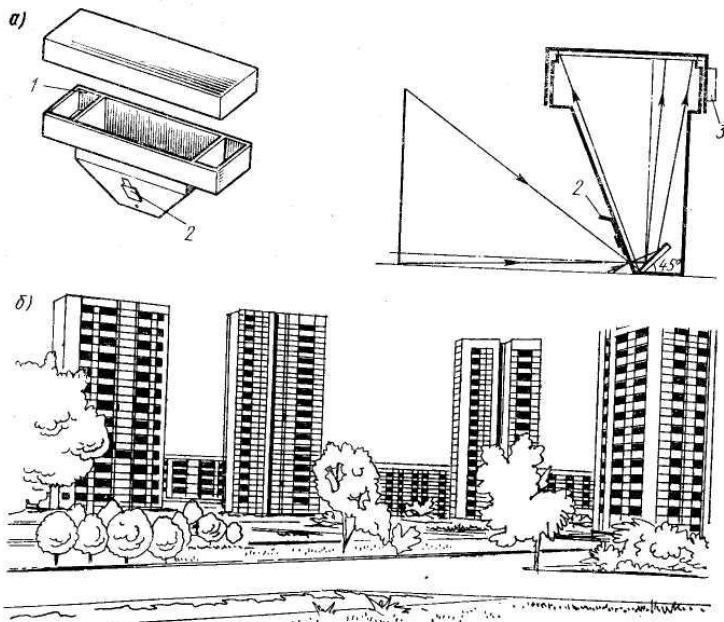


Рис. 26. Макетирование архитектурных ансамблей:
 а — общий вид и схема действия макетоскопа; б — архитектурный ансамбль, снятый аппаратом для фотографирования макетов-макетоскопом

В них применяется принцип так называемой «камеры-обскура», т. е. безлинзовой камеры с отверстием — объективом малого диаметра 1, затвором 2 в виде обыкновенной задвижки и приспособления для перемотки пленки 3. Точка съемки выбирается с помощью перископического устройства или оптического прибора типа медицинского эндоскопа. В выбранное место ставят аппарат и снимают макеты (рис. 26, б), которые обычно выполняются в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000. Макетоскоп дает практически неограниченную глубину резкости: расстояние от объектива до элементов макета может быть от 1 см до нескольких метров при больших углах съемки. При этом не искажается перспектива, что очень важно для архитектуры.

Снимки макета и построенной в дальнейшем натуре, выполненные с «одной» точки, имеют полное сходство: дома, автомобили, деревья на макете выглядят, как на «живой» улице. «Проехавшись» с таким

аппаратом по «городу» будущего, можно получить полную картину в виде набора фотографий или в виде кинофильма.

Создание проектировщиками пространственных моделей различного рода компоновок (например, оборудования в цехах станций или заводов) называется *объемным проектированием*.

Оно широко применяется в различных отраслях промышленного и гражданского строительства, оказываясь особенно эффективным при сооружении сложных объектов. Объемное восприятие чертежей существенно различно в зависимости от опыта человека, его состояния и ряда субъективных качеств. Эту разницу в восприятии, часто являющуюся причиной ошибок, снимает объемное проектирование, исключая незаметные на первый взгляд ошибки проектировщика, приводящие при реализации проекта к большим потерям средств. Так, например, отсутствие какого-либо второстепенного размера приводит к потере времени, затрате излишних материалов. Ошибки в расположении оборудования могут привести к выходу его из строя при заводских испытаниях. Объемный проект — макет в виде пространственной модели — более нагляден. Он исключает сборочно-монтажные чертежи вместе с возможными ошибками. В этом случае не чертежи, а фотографии макета и его узлов составляют проектную документацию. Метод объемного проектирования имеет еще два важных преимущества: 1) способствует внедрению индустриальных методов строительства; 2) позволяет готовить персонал будущего предприятия до окончания строительства, давая возможность ознакомиться рабочим с оборудованием на объемной модели. Метод объемного проектирования имеет ряд разновидностей, к одной из них относится цветное проектирование, когда на пространственно-подобных моделях (макетах) изучаются условия освещения тех или иных объектов.

2. Символическое (знаковое) моделирование. Оно предусматривает прежде всего *упорядоченную запись* (2.а), к которой относится, например, выполнение географических карт, химических моделей, представленных в виде условных знаков, отображающих состояние поверхности планеты или соотношение элементов во время химических реакций. Различные знаковые, как и вообще мысленные, модели оказываются весьма ценными еще и потому, что дают физическую интерпретацию абстрактных математических операций. К знаковым моделям относятся разнообразные знаковые построения и записи различных операций, *основанные на топологии* (2.б) и *теории графов* (2.в). Например, знаковыми моделями являются так называемые «деревья графов», которые символически изображают

различного рода состояния систем и происходящие в этих системах процессы (рис. 27).

Пример. Покажем применение графовой модели.

Пусть из различных городов (рис. 27, а) x_1, x_2, \dots, x_5 в одно и то же место назначения y отправляются автомашины. Если $x_i - x_j$ — дорога, соединяющая города x_i и x_j то t_{ij} — продолжительность переезда по ней из x_i в x_j ; c_{ij} — количество автомашин, которое может пропустить эта дорога за единицу времени (в случае отсутствия дороги $c_{ij} = 0$); c_{ii} — количество автомашин, которое может одновременно находиться в городе x_i ; d_i — первоначальное число автомашин в x_i (рис. 27, б). Как надо организовать движение, чтобы в течение промежутка времени θ в пункт y прибыло возможно больше машин?

Определим транспортную сеть, множеством вершин которой служит декартово произведение $x = (x_1, x_2, \dots, y) (0, 1, 2, \dots, \theta)$.

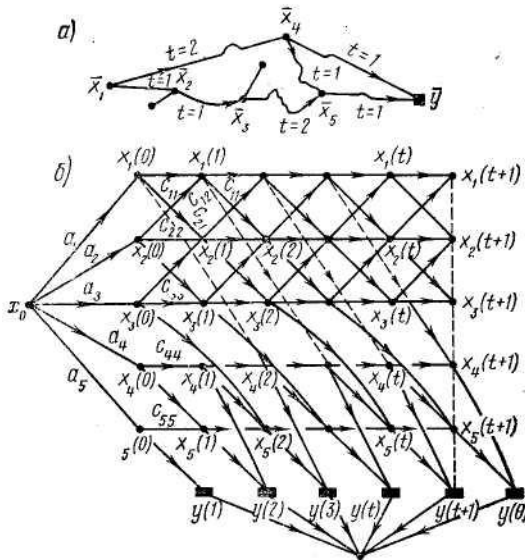


Рис.27 . Модель процесса перевозок в виде дерева (графа):
 а - карта дорог, по которым осуществляются перевозки;
 б- пространственно-временная, графовая модель транспортной сети.

Для вершины $x_i(t) = \overline{(x_i, t)}$ определим дуги $[x_i(t), x_j(t+t_{ij})]$ с пропускной способностью c_{ij} и дуги $[x_i(t), x_i(t+1)]$ с пропускной

способностью c_{ij} ; обозначим через $\phi[x_i(t), x_j(t+t_{ij})]$ количество автомашин, выезжающих из города x_i в момент t и направляющихся в $\overline{x_j}$. При этом $\phi[x_i(t), x_i(t+1)]$ — количество автомашин, остающихся в x_i в момент t . Соединим вход x_0 с каждой из вершин $x_i(0)$ дугой пропускной способностью a_i , а вершины $y(1), y(2), \dots, y(\theta)$ — дугами с бесконечно большой пропускной способностью; при этом наибольший поток определит оптимальное использование дорог.

Условное подобие (2. г) устанавливается тогда, когда обычным путем не удастся найти математически выраженные критерии подобия, но по некоторым показателям (например, по словесным описаниям, равноотстоящим от некоторого уровня отсчета каких-либо значений и т. д.) из объектов формируются «подобные группы». Критерии подобия здесь получаются необычные, а подобные группы хотя и выделяются, но условно.

3. Математическое мысленное моделирование. Сюда относятся модели, являющиеся средством связи теории с объективной действительностью, средством для проверки теории. Они способствуют установлению связи между логическим и чувственным и должны подкрепить абстрактное мышление привычными образами, которые, помогая воспринять и проанализировать явления, могут явиться источником идей для новых исследований. Здесь прежде всего можно назвать хорошо знакомые электротехникам *схемы замещения* (3.а) различных элементов электрических систем — генераторов, трансформаторов, линий передач. Они математически отражают уравнения и их физическую интерпретацию с помощью простейших объектов, ранее хорошо изученных.

Схемы замещения не универсальны. В них обычно выделяется какая-либо одна сторона явления или какие-либо соотношения, существенные для изучаемого процесса. Так, например, когда протяженная линия электропередачи замещается цепочечной схемой, то в ней правильно отражается распределение напряжения и тока вдоль линии. Однако распространение фронта волн напряжений и токов не может быть отражено в такой схеме или отражено только условно. Например, сложный процесс постепенного изменения магнитного поля и тока во время переходного процесса в синхронном генераторе (в частности, при коротком замыкании) можно представить для ряда характерных моментов времени схемами замещения, показывающими значения индуктивного сопротивления генератора. Так, для начала процесса, когда изменяющееся поле статора наводит токи в обмотке возбуждения и демпферных обмотках и при этом поле статора не проникает в тело ротора (рис. 28, а), синхронная машина характеризуется

схемой замещения, показанной на рис. 28, б, дающей на входе — зажимах 1, 2 — значение индуктивного сопротивления x_d'' .

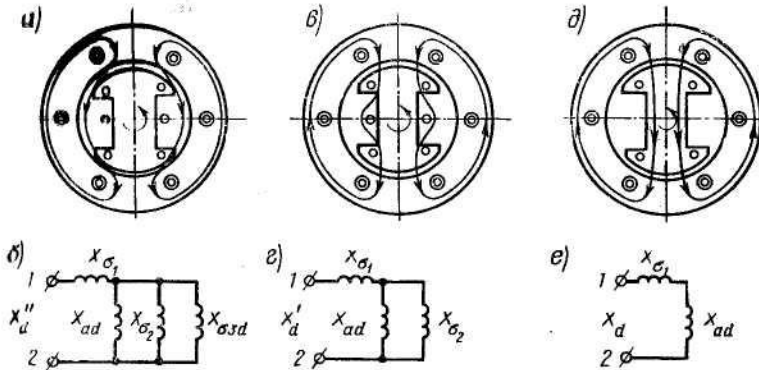


Рис. 28. Модели (схемы замещения) синхронного генератора в разные моменты времени и отвечающие им электромагнитные поля: а, б — начальный момент $t=0$; в, в — момент $t>0$; д, е — момент $t=\infty$. Сопротивления: x_{ad} - реакция якоря, x''_d — сверхпереходное, x'_d — переходное, x_d - синхронное, x_{σ_1} — рассеяния обмотки статора, x_{σ_2} — то же, ротора, x_{σ_3d} — то же, демпферной продольной.

Затем, когда влияние токов в демпферных обмотках становится менее значительным и не может препятствовать частичному проникновению поля статора в тело ротора (рис. 28, в), генератор характеризуется значением x'_d (рис. 28, в). Далее, при установившемся режиме, когда реакция статора проявляется полностью (рис. 28, д), генератор характеризуется сопротивлением x_d (рис. 28, е). Те или иные схемы замещения либо расчетные схемы могут строиться не только для непосредственно изучаемой системы, характеризующейся значениями переменных, представленных как функции времени и выраженных обычно в полярных или в декартовых координатах, но и для преобразованной системы. Например, при изучении различного рода плоскопараллельных полей широко практикуется переход от изучаемого поля к новому, математически полученному в результате так называемого конформного преобразования. Если можно, мысленно моделируя или аналитически исследуя, получить характеристики для конформно преобразованного поля, более удобного для изучения, и

найти условия перехода от преобразованного поля к исходному, подлежащему изучению, то задачу, поставленную при изучении поля, можно считать решенной.

К математическим мысленным моделям можно отнести алгоритмы и программы, составленные для вычислительных машин. Эти программы в условных знаках отражают (моделируют) определенные процессы, описанные дифференциальными уравнениями, положенными в основу алгоритмов (3.б).

Примером математического мысленного моделирования могут быть также *экономические модели* (3.в). Эти модели играют большую роль в экономике, хотя вопрос об их построении с учетом принципов теории подобия еще подлежит разработке.

Одна из моделей такого рода представлена в виде схемы на рис. 29.

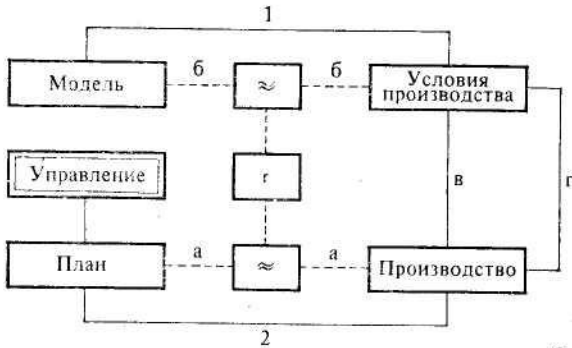


Рис. 29. Экономическая модель и ее место в общей схеме процесса управления производством

На этой схеме блок «Условия производства» изображает производственные мощности, ресурсы всех видов, потребности в продукте данного производства и т. д. Сплошная линия 1 означает, что имеется некий аппарат учета и передачи информации об условиях производства. Блок «Модель» содержит тот комплекс данных, которыми в конечном счете руководствуются при управлении. На основе данных, полученных в модели, орган управления, содержащийся в следующем блоке, выносит решения и вырабатывает стратегию, которая отражена в блоке «План». На основе плана и осуществляется процесс производства. Линия 2 отражает те операции, с помощью которых план доводится до исполнителей (людей,

механизмов, машин). Пунктир *a* означает необходимость корректировки, вызванной неадекватностью реального процесса производства его описанию в плане. Пунктир *b* выявляет степень соответствия реального процесса производства плану, а блок, обозначенный знаком « \approx », указывает на необходимость проведения корреляции между ними. Процесс производства зависит от ряда дополнительных условий (линия *в*), в то же время результаты производственного процесса оказывают определенное воздействие на эти условия, что в свою очередь влияет на управление (блок *r*, линия *г*).

4. Натурное моделирование. Под этим видом моделирования понимаются исследования «на натуре», т. е. в природе, при специально подобранных подобных условиях. При натурном моделировании в систему, подлежащую исследованию, не вносят специальных изменений. Например, не создают специальных установок, как это делается при физическом или математическом моделировании. Но обязательным для этого вида моделирования, как и для любого другого, является требование обработки результатов экспериментов с помощью теории подобия (применение критериальной обработки). Группы натурного моделирования условно делятся на подгруппы. Так, *эксперимент, проводимый во время производственного процесса* на действующем предприятии (4.а), может рассматриваться как модель, отвечающая непосредственным задачам самого производства, его развития и совершенствования.

Возникнув как метод опытного исследования из потребностей материального производства тогда, когда еще не существовала наука, и пройдя долгий путь развития и совершенствования, производственный эксперимент применяется в настоящее время параллельно с естественнонаучным экспериментом, являясь важнейшей составной частью и одной из форм научного исследования. Производственный эксперимент обладает диалектической двойственностью: с одной стороны, прямой зависимостью от производственного процесса, с другой — непосредственным соприкосновением с наукой и ее специфическими методами исследования. Это единство теории и практики, науки и производства характерно для производственного эксперимента, имеющего большое значение в теории познания.

Производственный эксперимент имеет четыре особенности:

1) непосредственно связывает человека с объективным миром, включаясь в производственный процесс, в акт воздействия человека на природу, в результате которого проверенные на практике теории и идеи претворяются в жизнь, становясь действительностью. Именно это

и делает производственный эксперимент тем практическим критерием, которым пользуется человек для того, чтобы установить ложность либо истинность той или иной мысли, технической идеи;

2) полностью раскрывает революционно-преобразовательную роль познания, выявляет возможность овладения силами природы и на основе этого расширяет и углубляет знания об объективной действительности;

3) выявляет положение о роли практики как критерия истины и об относительности практики, ее способности к непрерывному расширению;

4) показывает, что только историческое рассмотрение материально-производственной деятельности человека и близко примыкающей к ней практики производственного экспериментирования дает возможность глубоко проникнуть в законы познания, вскрыть материальную основу активности человеческого мышления, его постоянную связь и зависимость от объективного мира во всем его многообразии.

Связь научного эксперимента и научно-исследовательской работы можно охарактеризовать следующими соображениями. Каждая научная работа, преследующая решение той или иной практической задачи, должна пройти три последовательных этапа:

- 1) поисковое научное исследование,
- 2) получение технического результата,
- 3) доведение этого результата до формы, приемлемой для производства.

На первых двух этапах задачи решаются преимущественно проведением теоретических и лабораторных исследований, направленных на общее решение проблемы. При этом сознательно пренебрегают рядом параметров, которые существенны в условиях производства, но излишне осложняют разработку теоретических основ изучаемых процессов. Разумеется, технический результат научного исследования необходимо как можно быстрее внедрить в производство. Однако между научными разработками и внедрением их в практику нередко бывает большой разрыв. Здесь вступает в силу ряд факторов, которые на первой стадии исследований не принимались во внимание, а в дальнейшем стали определять процесс внедрения и получения производственных результатов. Происходит своеобразное движение познания от абстрактного к конкретному. Создаваемый в лабораторных условиях технологический процесс является в известном смысле идеальным, ибо в нем концентрируется прежде всего наиболее общее, существенное. При этом происходит отвлечение,

абстрагирование от тех условий, связей и взаимоотношений, которые могут «затемнить» ход создаваемого процесса. Технологический процесс, находящийся на стадии лабораторного исследования, не включает в систему связей и отношений, существующих в реальной действительности. Производственный эксперимент расширяет эти связи, включая новые факторы и условия и создавая возможность перехода от абстрактного к конкретному. В производственном эксперименте отражаются многочисленные стороны предмета, познанные в их единстве, обеспечивается качественный скачок, при котором мышление углубляется в сущность предмета.

Примером производственного эксперимента в энергетике могут служить опыты, проведенные в энергосистемах по определению пределов устойчивости, пропускной способности электропередач, качества напряжения и т. д.

Моделирование путем обработки и обобщения сведений о явлениях или отдельных процессах, происходящих в природе (4.б), применяется также весьма широко. Это, например, натурное геологическое моделирование, которое применяется при прогнозе динамики изменения берегов рек, морей, водохранилищ. При этом для малоизученных участков побережья используются данные о других исследованных в течение длительного времени участках берегов, физически подобных первым участкам. Участки, данные о которых заносят в специальные альбомы (файлы), позволяющие на основе критериев подобия подобрать подходящую модель и пересчитать с учетом масштабов происходившие изменения, прогнозируя по прошлому будущее, называют *природными моделями*. На рис. 15 в качестве разновидности натурального моделирования, в сущности мало отличающегося от производственного эксперимента (4.а) и от моделирования, основанного на обобщении натуральных данных (4.б), приведено *моделирование путем обобщения производственного опыта* (4.в). Отличие здесь состоит в том, что вместо специально организованного в производственных условиях эксперимента пользуются имеющимся материалом, обобщая его с помощью теории подобия и обрабатывая в соответствующих критериальных соотношениях. Здесь, так же как и в производственном эксперименте, полезным может быть обобщенное моделирование, когда для характеристики изучаемого процесса тем или иным путем находят некоторые обобщенные функции.

5. Физическое моделирование. Этот вид моделирования характеризуется прежде всего тем, что исследования проводятся на установках, обладающих физическим подобием, т. е. сохраняющих пол-

ностью или хотя бы в основном природу явлений. Если осуществлено полное или неполное физическое моделирование и соответственно подобие, то по характеристикам модели можно получить все характеристики оригинала пересчетом через масштабные коэффициенты. Физическое моделирование может быть *временным* (5.а), при котором исследуются только процессы, протекающие во времени, например изменение тока в электрической цепи при каких-либо переходных процессах.

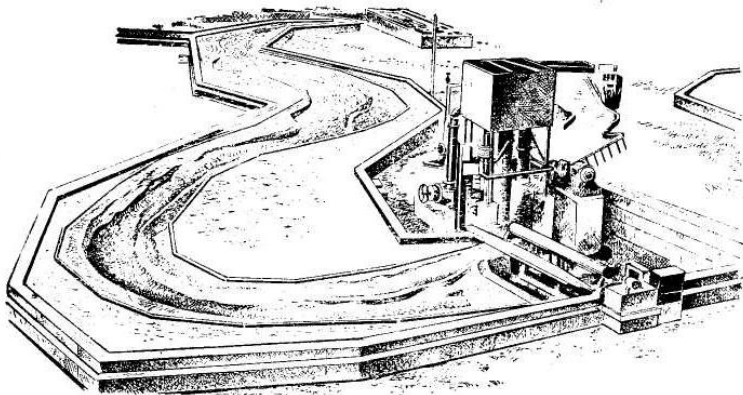


Рис. 30. Физическая модель морской бухты

Оно может быть и полным *пространственно-временным* (5.б), применяемым, например, для изучения нестационарных течений рек, морей, каналов, гидравлических сооружений (рис. 30) или исследования на моделях антенн влияния окружающей среды на излучение радиоволн в пространстве (рис. 31).

Физические пространственные модели (5.в) предназначены для изучения процессов, действие которых не рассматривается во времени. Они изучают только установившиеся состояния (режимы), или «замороженные» процессы, отвечающие какому-то моменту времени. Примерами здесь могут быть подобие распределения токов в электрической сети или распределения магнитных и электрических полей в магнитопроводах и воздушном зазоре электрической машины, картина пространственного поля вокруг провода линии передачи и т. д.

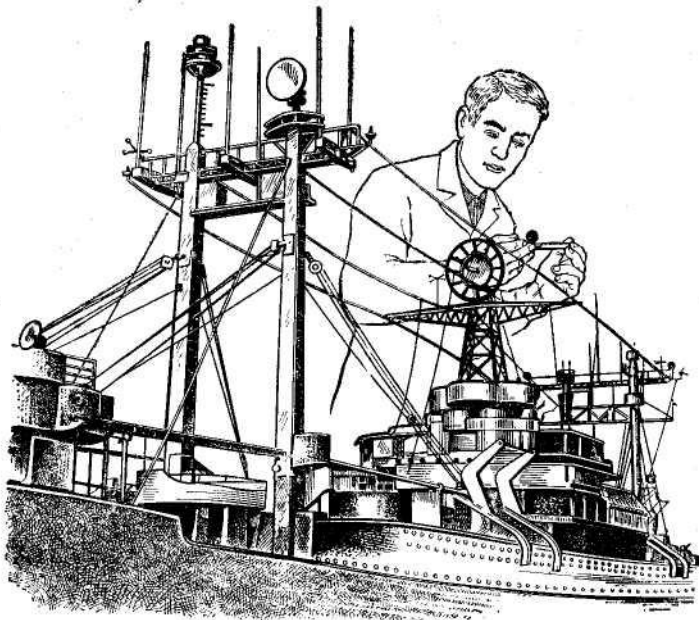


Рис. 31. Физическая модель антенны, предназначенная для изучения условий распространения радиоволн

6. Аналогово-цифровое моделирование. При этом виде моделирования, иногда называемым математическим и имеющим многочисленные разновидности, физика исследуемого процесса не сохраняется. Моделирование основывается на изоморфизме уравнений, т. е. их способности описывать различные по своей природе явления и выявлять различные функциональные связи, используя изофункционализм уравнений (способность описывать отдельные стороны поведения систем без полного описания всего поведения). Эту группу моделирования можно разделить на следующие четыре подгруппы:

б.а) *Аналоговое* моделирование (прямое) использует прямую, непосредственную аналогию между величинами, присущими одному явлению, и формально такими же и также входящими в уравнения процессов величинами, присущими другому явлению. Движение маятника и колебания корабля на волнах или изменения электрического тока в цепи, содержащей емкость и индуктивность,— простейшие примеры аналоговых моделей.

При структурном аналоговом моделировании воспроизводится не весь процесс в целом, а отдельные математические операции, которые выполняют элементы модели. Проведение таких операций в определенной последовательности, достигаемой соответствующим соединением отдельных аналоговых элементов структурной схемы, позволяет получить математическую структурную модель, составленную из отдельных вычислительных элементов непрерывного типа.

6.б) *Цифровое* моделирование основывается на элементах, производящих математические операции дискретно. Цифровые модели могут иметь своей базой обычные вычислительные машины общего назначения (компьютеры). Говорить о том, что с помощью компьютера создается цифровая модель явления можно весьма условно. Но разработанный алгоритм, программа, вводимая в компьютер и критериальная запись полученных результатов — все это позволяет считать комплекс «алгоритм — программа — ввод — машина — вывод» моделью явления. Достоинством цифровых моделей по сравнению с аналоговыми является их большая точность. Цифровые модели могут быть специализированными, предназначенными для решения некоторых конкретных задач.

6.в) *Гибридное* моделирование является сочетанием моделей, упомянутых выше и выполненных в виде соединения непрерывных элементов: аналоговой модели и специализированных цифровых машин. В такой комбинации используются положительные специфические свойства аналоговых моделей (наглядность, простота набора схемы, быстроедействие) и цифровых машин (точность, хранение в памяти нужных данных, результатов анализа и т. д.). Гибридные модели выполняются и выпускаются фирмами в различных исполнениях. Они широко применяются в различных отраслях науки и техники.

6.г) Под *функциональным*, или кибернетическим, моделированием понимают весьма широкую группу задач и методов их решений при весьма широком подходе к исследованиям. Если физические и отчасти математические модели стремятся выяснить связь количественной и качественной сторон явления, раскрывая структуру явления и на базе этого выясняя функцию, то кибернетическая модель предусматривает моделирование функции функцией. Она является только изофункциональной моделью, не стремящейся вскрыть ни подобия физики, ни подобия структуры внутри модели.

Наиболее характерной особенностью кибернетического моделирования является прежде всего стремление раскрыть внешние фун-

кциональные зависимости системы от среды, абстрагируя при этом познание от вещественных субстратов в моделируемых объектах и от внутренних причинных связей. В кибернетическом моделировании, таким образом, центральное место занимает характеристика поведения сложной динамической системы в определенной среде. В соответствии с этим специфический подход и задачи кибернетического моделирования можно считать в какой-то мере совпадающими с подходом и задачами функционального моделирования или даже являющимися его частным случаем. Для функциональных моделей характерно рассмотрение развития системы без анализа внутренних причинных связей, только в плане уравнивания ее со средой с учетом механизма обратных связей. Так, кибернетическая модель птицы может не содержать самого характерного для птицы — крыльев. Вместо этого определенная функция птицы — способность летать — может моделироваться действием пропеллера, а при полете могут создаваться некоторые зависимости от внешней среды, моделирующие условия полета, например влияние ветра и т. д. Многие модели можно считать разновидностями кибернетического моделирования. Например, бионические модели, где может частично раскрываться структура живой модели и именно через это раскрытие «функция «живого» искусственно может воспроизводиться в «мертвом» агрегате». Специфику кибернетических моделей можно охарактеризовать тем, что в них объекты отражаются главным образом исходя из информационных процессов и процессов управления.

Для кибернетики характерны модели управления, в которых с помощью электронных машин подбираются параметры входа, позволяющие поддерживать заданное значение выхода. При этом электронные машины, осуществляющие подбор параметров входа и сопоставление их с параметрами выхода системы воспроизводят одну из возможных структур того класса, к которому принадлежит и структура самой системы.

Для функционального метода кибернетики характерна также модель, построенная на концепции «черного ящика», когда внутреннее содержание системы неизвестно, а описание ее поведения в меняющейся среде связывается с двумя группами параметров — входа (управляющие воздействия информации среды) и выхода (исполнительные реакции системы). При этом выход рассматривается как функция входа. Причем зависимость выхода от входа может в общем случае обнаруживаться чисто эмпирическим, статистическим путем, методом «проб и ошибок». Модель, составленная из цепочки «черных ящиков», для каждого из которых известны входы и выходы,

но неизвестны внутренние процессы, может быть сведена к «серому ящику», полупрозрачному, поскольку имеется некоторая внутренняя информация.

При вероятностном кибернетическом моделировании может быть создана «игровая модель», построенная на основе теории игр, представляющей изучаемые процессы в виде взаимодействия двух или нескольких участвующих в процессе сторон («игроков»). На основе теории вероятностей модель отражает характер течения процесса («конфликтные ситуации»). С помощью методов теории игр строятся модели экономических и технологических процессов.

Для кибернетического моделирования существенно единство функционального подхода и оптимизации как средства получения данных для наилучшего управления системой. Технической предпосылкой кибернетического моделирования сложных динамических систем являются быстродействующие электронные машины, позволяющие решать многие задачи управления за приемлемый для хода данного процесса отрезок времени, связать теорию моделирования с теорией оптимального управления.

Иногда возникает вопрос: а не противоречат ли все остальные методы моделирования кибернетическому моделированию или не более ли исчерпывающим, чем все они, является «черный ящик» кибернетической модели; не надо ли классификацию моделей строить иначе, идя от модели кибернетической, и не может ли эта модель дать объяснения всему происходящему в природе, в человеческом обществе с помощью универсальных правил, вытекающих из математики и кибернетики?

Если бы все явления природы, определяющие физические, химические и другие зависимости, не были бы неисчерпаемыми и если бы все сведения о них, так же как и сведения о человеческом обществе, могли бы быть полностью формализованы и введены в вычислительную машину, то тогда на указанный выше вопрос следовало бы ответить положительно. Однако это не так. С одной стороны, неисчерпаем процесс познания, а с другой — мы не знаем и не можем знать всего, что можно получить от машины. Очевидно, что она может сделать все, что может быть формализовано. Но что именно может быть формализовано? На это принципиально ответить нельзя. Чтобы пояснить это, рассмотрим исследования научной математической школы Д. Гильберта, стремившейся полностью формализовать математику, т. е. вывести все ее положения из заранее и навсегда заданной системы аксиом. Школа Гильберта рассматривала эти аксиомы как выражение символов, не отражающих объективной

действительности, а являющихся только некими знаками. Некоторыми исследованиями в известном смысле удалось свести геометрию и математический анализ к арифметике целых положительных чисел и для последней построить конечную систему аксиом (A). Казалось, что поставленная задача формализации успешно решена. Однако в 1931 г. принадлежащий к этой же школе английский математик К. Гедель доказал следующую теорему, состоящую из четырех частей:

- 1) если дана система аксиом A , то всегда возможно, прибегая лишь к понятиям, входящим в нее, построить по меньшей мере одну теорему T , такую, что ее нельзя при помощи системы аксиом A ни доказать, ни опровергнуть;
- 2) следовательно, всегда можно подобрать новую аксиому a так, что, присоединив ее к системе A и получив расширенную систему аксиом $A+a$, можно обязательно с ее помощью либо доказать, либо опровергнуть теорему T ;
- 3) однако тогда в расширенной системе аксиом $A + a$ можно, не прибегая к каким-либо посторонним понятиям, обязательно построить по меньшей мере одну теорему T' , которая не доказывается и не опровергается в системе $A + a'$. Присоединяя все новые и новые аксиомы a, a', \dots, a^n , этот процесс можно продолжать беспрестанно;
- 4) среди недоказуемых и непроверяемых в системе A аксиом T имеется аксиома τ , гласящая, что система A логически непротиворечива. Иначе говоря, доказано, что при помощи одной лишь системы аксиом арифметики нельзя доказать или опровергнуть ее логическую непротиворечивость, т. е. нельзя получить уверенность в том, что когда-либо, продолжая делать из этой системы аксиом все новые и новые выводы, получая все новые и новые теоремы, не придем к полному противоречию.

Таким образом, оказалось, что школе математиков-формалистов не удалось доказать возможности свести всю математику к конечной, независимой от неисчерпаемой, вечно развивающейся действительности к наперед заданной системе застывших понятий.

Исследования показали, что математика, как и всякое другое знание, неизбежно неполна в том смысле, что она только приближенно отражает материальную действительность реального мира и что вместе с этим она способна к дальнейшему развитию, в процессе которого может расширяться и уточняться отражение этой действительности. Оказалось, что проверка логической непротиворечивости математики невозможна, если не соотносить в том или ином виде, на том или ином этапе развития математику с практикой, если не сличать ее аксиомы с

данными действительного мира. Это утверждение о невозможности свести математику к заранее данной конечной логической системе не содержит каких-либо элементов агностицизма.

Следовательно, нельзя считать сколько-нибудь основательной тенденцию отказа от эксперимента и от различных видов моделирования. Именно различных, так как при невозможности формализации математики, что было показано выше, и тем более при невозможности формализации физики, что противоречило бы основным положениям материалистической теории познания, метод кибернетического моделирования, несмотря на его огромное значение в науке, не может оцениваться как универсальный, самодовлеющий метод. Он может и должен рассматриваться только как один из приемов научного познания, применяющийся наряду с другими методами исследования, в том числе и методами моделирования, показанными на схеме (см. рис. 24) и описанными в настоящей работе.

б.д) *Имитационное моделирование*. Имитационное моделирование является альтернативой аналитическому моделированию.

Имитационная модель — это описание объекта исследования на некотором языке. Составными частями имитационной модели являются описания элементов, образующих систему; структуры системы, т. е. совокупности связей между элементами; свойств среды, в которой функционирует исследуемая система. Указанная информация в целом имеет логико-математический характер и представляется в форме совокупности алгоритмов, описывающих функционирование исследуемой системы. Программа, построенная на основе этих алгоритмов, позволяет получить информацию о поведении исследуемой системы. Таким образом, в качестве имитационной модели выступает программа для ЭВМ, а имитационное моделирование сводится к проведению экспериментов с моделью путем прогонов программы на некотором множестве данных.

Имитационные модели, используемые при исследовании систем, обычно имеют вероятностную природу. Моделирование вероятностных процессов основывается на методе статистических испытаний (методе Монте — Карло). По этой причине имитационное моделирование часто называют *статистическим моделированием*, хотя в большинстве имитационных моделей метод статистических испытаний сочетается с вычислениями по детерминированным зависимостям.

В общем случае при проведении имитационного моделирования можно выделить следующие этапы:

1. *Создание концептуальной модели.* Цель этого этапа — определение общего замысла модели на основе анализа поставленной задачи. На этапе создания концептуальной модели выдвигаются основные гипотезы, фиксируются сделанные допущения, определяется общая методика проведения исследования и производится выбор программных и технических средств.

2. *Разработка имитационной модели.* Цель этого этапа — создание программы для ЭВМ путем составления алгоритмического описания концептуальной модели. Алгоритмическое описание заключается в детальном определении параметров, характеристик, критериев эффективности и логико-математическом представлении концептуальной модели. Составная часть разработки алгоритмического описания - разработка структуры модели и, возможно, представление модели в графической форме. Необходимый элемент выполняемых работ — тщательный анализ адекватности модели. Этап завершается программированием и контрольными испытаниями модели.

3. *Моделирование на ЭВМ.* Цель этого этапа — сбор на модели статистических данных о поведении исследуемой системы и их обработка для получения требуемых характеристик последней. Исходя из целей моделирования производится планирование машинных экспериментов с моделью: определяются необходимые наборы исходных данных и порядок прогонов программы на ЭВМ. Ввиду сложности и неформальности определенной выше последовательности работ при создании имитационных моделей широко используется метод последовательного уточнения модели, основывающийся на циклическом повторении отдельных этапов имитационного моделирования.

Важнейшее свойство имитационного моделирования — его универсальность. Имитационные модели используют при исследовании систем, сложность которых изменяется в широких пределах. При этом сложность создания и использования имитационных моделей не обнаруживает столь резкого роста с увеличением сложности исследуемых систем, как это обычно имеет место при применении аналитических моделей. Изменение уровня детализации описания системы в имитационных моделях обычно возможно без отказа от единого подхода к организации моделирования. Благодаря этому имитационные модели особенно эффективны при исследовании систем, структура которых может быть представлена в виде совокупности иерархически организованных подсистем.

Исследование систем средствами имитационного моделирования в общем случае — трудоемкий и сложный процесс. Состав и последовательность работ при имитационном моделировании зависят от сложности исследуемой системы, особенностей постановки задачи, совершенства программных средств, опыта проведения имитационного исследования и ряда других причин..

В зависимости от способа разработки имитационных моделей и используемых при этом программных средств в имитационном моделировании могут быть выделены следующие основные направления.

1. Имитационные модели на основе процедурно-ориентированных алгоритмических языков.
2. Сетевые имитационные модели.
3. Имитационные модели на основе алгоритмических языков системного моделирования.
4. Имитационное моделирование в системах имитационного моделирования.

Имитационные системы.

Сущность имитационного моделирования объекта или явления состоит в проведении на ЭВМ эксперимента с моделью, которая представляет собой некоторую программу, описывающую поведение элементов системы при их взаимодействии друг с другом с внешней средой. В программу эксперимента входит целый ряд мероприятий, обеспечивающих его эффективность и направленность. Полученная информация носит, естественно, частный характер, поскольку справедлива лишь для определенных условий функционирования конкретной системы. Однако, варьируя эти условия и структуру системы, можно получить необходимые объяснения явлений.

К числу требований, которые предъявляются к модели, следует отнести следующие:

- 1) модель должна быть достаточно полной, чтобы предоставлять экспериментатору различные наборы характеристик;
- 2) модель должна быть достаточно гибкой, чтобы имелась возможность воспроизводить различные ситуации;
- 3) длительность создания модели должна быть существенно меньше длительности моделируемого процесса (иначе модель практически бесполезна);
- 4) модель должна быть блочной (модульной), т. е. допускать возможности замены, добавления и исключения некоторых частей без переделки модели;

- 5) модель должна допускать возможность выбора необходимой точности задания ее параметров;
- 6) должна обеспечиваться возможность работы модели с банком данных системы;
- 7) должно обеспечиваться эффективное (по быстродействию и памяти) функционирование программы модели, удобство общения с нею;
- 8) должна обеспечиваться возможность проведения целенаправленных вычислительных экспериментов с использованием аналитических результатов.

Моделирование во всей полноте осуществляется с помощью *имитационной системы* — программного комплекса, обеспечивающего как проведение машинного эксперимента (программная реализация модели, ввод-вывод, процесс счета, диалог и т. п.), так и формирование модели, постановку машинного эксперимента, анализ свойств модели и принятие решения.

Составление модели и работа с нею являются итеративными процессами, причем при исследовании первоначальные цели могут трансформироваться, в рассмотрение могут вступать новые факторы, может претерпевать изменения, иногда значительные, само содержание модели.

На рис. 32 представлена схема процесса моделирования, отражающая скорее логическую, чем временную связь между этапами.

Особенности построения имитационных систем

В процессе создания имитационных систем различают три основных направления.

Первое направление касается разработки методов и приемов формирования модели и ее формализации на основе изучения моделируемого технологического процесса, а также целей моделирования; второе — разработки методов планирования и проведения эксперимента; третье — разработки программного обеспечения.

При исследовании сложных технологических процессов приходится пользоваться различными формальными схемами. Предпочтение здесь при прочих равных условиях должно отдаваться схеме, имеющей удобную машинную реализацию.

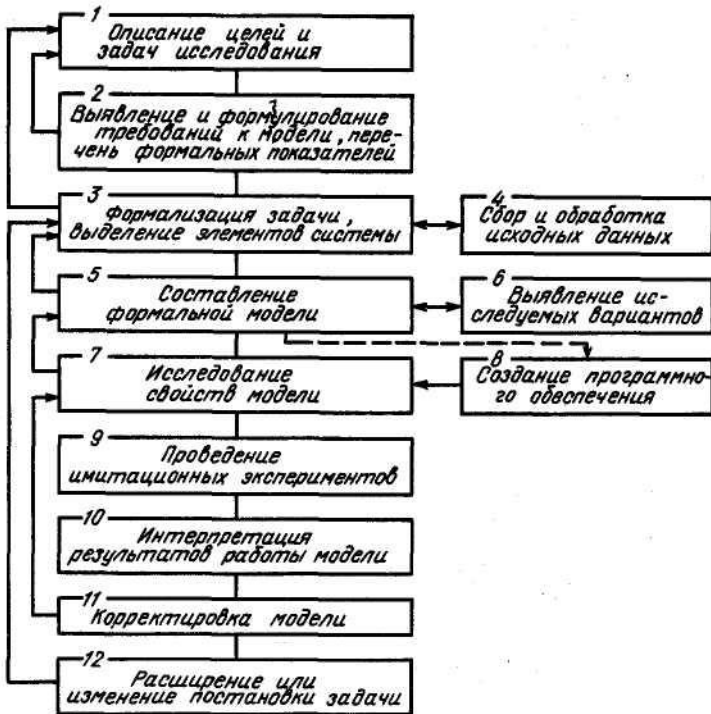


Рис. 32. Схема процесса моделирования.

Первоначальные представления о технологическом процессе, сложившиеся на этапе формулирования проблемы, берутся за основу при анализе структуры технологического процесса. Находятся элементы, составляющие модель, и параметры, характеризующие их. Затем описываются правила действия элементов и определяются структуры данных.

Параллельно с разработкой модели осуществляют сбор исходных данных и преобразование их в требуемую форму. Круг вопросов, связанных с определением значений параметров и переменных модели, необходимых для полного ее описания по результатам наблюдений за поведением реального технологического процесса, охватывается понятием идентификации. Обычно стремятся выбрать такие значения, чтоб обеспечивалась задаваемая степень совпадения показателей модели и соответствующего реального технологического процесса.

Как правило, сложные системы имеют неудовлетворительное информационное обеспечение. Это происходит либо в силу того что данная система еще проектируется, либо из-за недостаточного объема статистических данных, характеризующих параметры системы. Последнее обстоятельство типично для сложных систем, поскольку получить исчерпывающий объем статистических данных при большом количестве взаимозависимых параметров чрезвычайно затруднительно.

Успешное решение задачи идентификации во многом зависит и от выбора модели. В некоторых случаях идентификация параметров с помощью имеющихся данных невозможна из-за недостатка информации о них, а вследствие неудачной параметризации модели. Проблема здесь состоит в умении выбрать такую модель, которая давала бы достаточно точное описание функционирования системы и в то же время не требовала чрезмерных затрат времени на свое построение и исследование.

По окончании структуризации модели необходимо оценить ее адекватность, состоятельность и реализуемость. Имеется в виду, что между составом, объемом, формой и точностью представления исходных и выходных данных, набором критериев, характеризующих систем, и т. д., как правило, существуют противоречия. В идеальном случае все эти данные должны быть согласованы либо сделан вывод о невозможности их удовлетворения и, следовательно, о необходимости пересмотра самой модели, изменения ее содержания, а может быть, и целей моделирования.

Если модель составлена, то следует проанализировать ее внутренние свойства — устойчивость, ограниченность, надежность и т. д.

При проведении таких исследований особую роль играют качественные методы. Основой качественного анализа математических и машинных моделей сложных систем служат формальные методы, разработанные для отдельных классов математических моделей различной степени общности. Качественный анализ позволяет получать информацию о свойствах решения косвенным путем. При этом возможно получение и количественных оценок.

Результаты качественного анализа в значительной степени определяют выбор модели (или моделей) с нужными свойствами и отсеивают модели либо не реализуемых физически, либо не отвечающих своему назначению. Невыполнение того или иного качественного свойства приводит к изменению исходной формулировки задачи.

Когда модель и необходимые данные подготовлены, приступают к собственно машинным экспериментам. Здесь окончательно

устанавливается, пригодна ли модель для достижения поставленной цели, т. е. отражает ли она существенные аспекты системы и позволяет ли получить требуемые результаты. Проводятся проверки соответствия машинной и исходной формальной моделей, поведения модели и моделируемой системы, правильности интерпретации результатов моделирования.

Адекватность проверяется на основе эвристических методов существующей информации о моделируемой системе с применением статистических методов для оценки гипотез и параметров, оперативной процедуры построения модели, статистических оценок ее работы, анализа чувствительности модели к ее параметрам, проверки результатов работы модели существующими аналитическими методами.

Модели чаще всего используются для оценки вариантов структуры либо вариантов управления изучаемой системой и выбора наилучшего из них, а также для отыскания оптимальных значений параметров системы с точки зрения выбранного критерия.

В зависимости от специфики системы варьируются входные параметры модели (факторы), назначаются допустимые области их изменения, выбираются критерии для сравнения получаемых от варьирования выходных параметров (реакций), т. е. осуществляется планирование эксперимента.

Таким образом, в понятие машинное моделирование следует включать не только «прогон модели» (имитацию системы) на ЭВМ, но и последовательное изменение и анализ самой модели как на начальных, так и на промежуточных стадиях эксперимента,

При этом приходится решать пять основных проблем, связанных с обеспечением стохастической сходимости показателей, выбором размерности и плана эксперимента в соответствии с его целью, обеспечением многокомпонентной реакции, разработкой математических методов качественного и количественного анализа машинных моделей сложных систем и их алгоритмизацией.

Степень близости оценок исследуемых характеристик к их истинным значениям зависит от объема выборки. Слишком малый объем не позволяет получить требуемую точность вычислений, слишком большой — приводит к непроизводительным затратам машинного времени. Это заставляет искать способы уменьшения случайной погрешности не путем увеличения объема выборки, а путем использования информации о структуре модели и организации специальных вычислительных экспериментов.

Решение проблемы размерности позволяет избежать полного перебора. Большое число факторов приводит к необходимости рассматривать множество их комбинаций, поэтому важно уметь составлять планы эксперимента, позволяющие достигнуть желаемой цели без использования полного факторного плана.

Под выбором плана эксперимента в соответствии с его целью понимается определение комбинаций уровней факторов, позволяющих получать оптимальное значение для переменной реакции, и выявление зависимости от факторов для раскрытия механизма изучаемого явления.

Решение перечисленных выше проблем осуществляется имитационной системой на базе ее внутреннего и внешнего программного обеспечения.

Для реализации имитационных систем необходимо предусматривать:

- унификацию их и обеспечение исчерпывающей документацией;
- обеспечение средствами машинного анализа свойств, влияющих на выбор окончательного варианта модели — точности модели, полноты представления исходных данных, чувствительности характеристик относительно параметров модели, ее устойчивости и т. д.;
- оснащение совокупностью программ для работы с моделью в окончательном варианте, позволяющих проводить целенаправленное моделирование (идентификацию параметров и структуры модели, планирование машинных экспериментов, анализ качественных свойств модели, оптимизацию, структурные исследования);
- участие человека в процессе моделирования, позволяющее ему оперативно вмешиваться как в процесс отладки программы, реализующей модель на ЭВМ, так и сам процесс моделирования для управления ходом эксперимента;
- оснащение систем универсальными математическими и программными средствами, позволяющими сокращать время подготовки моделей;
- введение модульной структуры, разрешающей замену, добавление или ликвидацию каких-либо элементов системы без существенной коррекции программы.

Разработанное с учетом этих требований программное обеспечение имитационных систем дает возможность обеспечивать процесс программирования, удобнее отражать в терминах имитационной системы черты конкретных задач моделирования (статистической и динамической структур системы, входных и выходных данных и т. п.), при необходимости осуществлять перенос комплекса программ, соответствующих системе, с одной ЭВМ на другую без значительных

программных переделок и доработок, совмещать комплекс с другим программным обеспечением, облегчающим некоторые стандартные операции обработки информации на ЭВМ, применять для случайных процессов методы статистического моделирования, производить стандартными методами сбор и обработку данных и вывод результатов моделирования.

Агрегативный подход к построению и исследованию имитационных систем

Анализ существующих средств моделирования и решаемых с его помощью задач приводит к выводу, что комплексное решение проблем построения имитационных систем возможно лишь на основе единой формальной математической схемы.

Использование математической модели стандартной формы позволяет унифицировать алгоритмы имитации и применять стандартные методы обработки и анализа результатов моделирования, для которых могут быть созданы и в дальнейшем будут пополняться специальные библиотеки стандартных подпрограмм.

При математическом (агрегативном) описании сложный объект (система) расчленяется на конечное число элементов (подсистем), сохраняя при этом связи, обеспечивающие их взаимодействие, пока не получатся подсистемы — простые и удобные в условиях рассматриваемой задачи для математического описания.

Формализованной схемой элемента является кусочно-линейный агрегат (КЛА), представляющий собой стохастическую динамическую систему. Этот агрегат отличается удобством программной реализации и допускает использование для исследования процессов его функционирования аналитических методов.

Взаимодействие элементов в агрегативной системе сводится к обмену сигналами в изолированные моменты времени. В интервалах между ними система распадается на отдельные элементы, функционирующие независимо друг от друга, но с учетом влияния вносимых в моменты обмена сигналами. В результате исследуемая система приводится к унифицированной математической схеме (процесс функционирования которой представляет собой условный марковский процесс переменной размерности с кусочно-линейными траекториями).

Рассмотрим систему, состоящую из конечного числа элементов A_1, \dots, A_N , обменивающихся сигналами друг с другом и с внешней средой. Внешнюю среду удобно представлять также одним из элементов A_0 . Класс агрегативных систем выделяется путем наложения ряда

ограничений на способ взаимодействия элементов системе и динамику самих элементов :

- каждый из элементов A_0, A_1, \dots, A_N является КЛД;
- обмен сигналами в системе осуществляется мгновенно, в изолированные моменты времени и без искажения.

С точки зрения обмена сигналами все элементы A_0, A_1, \dots, A_N представляются многополосниками, имеющими конечные множества входных и выходных полюсов (рис. 33).

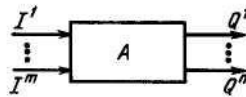


Рис. 33. Элементы агрегативной системы

Обозначим входные полюсы (пусть их число равно m_i) элемент A_i через $J_i^1, \dots, J_i^{m_i}$, а выходные (их число равно n_i) — через $Q_i^1, \dots, Q_i^{n_i}$. Пусть $J = \{J_0^1, \dots, J_0^{m_0}, J_1^1, J_1^{m_1}, J_N^1, \dots, J_N^{m_N}\}$ — множество входных полюсов всех элементов; $Q = \{Q_0^1, \dots, Q_0^{n_0}, Q_1^1, \dots, Q_1^{n_1}, \dots, Q_N^1, \dots, Q_N^{n_N}\}$ — множество выходных полюсов всех элементов системы.

На входной полюс J_i^j могут поступать сигналы, значения которых принадлежат множеству X_i^j , а с выходного полюса Q_i^j могут сниматься сигналы, принадлежащие множеству Y_i^j . Каждому элементу множества J поставим в соответствие однозначным образом элемент Q . Получившееся отображение обозначим $R: J \rightarrow Q$ и назовем его оператором сопряжений. Содержательно оператор сопряжения R указывает адресацию сигналов в систем.

Очевидно, должно выполняться следующее условие физической реализуемости сопряжения: если $Q_i^j = R(J_s^k)$, то $Y_i^j \subset X_s^k$.

Например, в системе, изображенной на рис. 34:

$$J = \{J_0^1, J_0^2, J_1^1, J_2^1, J_2^2, J_3^1, J_4^1, J_4^2\};$$

$$Q = \{Q_0^1, Q_1^1, Q_2^1, Q_2^2, Q_3^1, Q_4^1, Q_4^2\};$$

оператор R задается соотношениями

$$R(J_0^1) = Q_3^1, \quad R(J_2^2) = Q_1^1;$$

$$R(J_0^2) = Q_4^1, \quad R(J_3^1) = Q_2^1;$$

$$R(J_1^1) = Q_2^2, \quad R(J_4^1) = Q_1^2;$$

$$R(J_2^1) = Q_0^1, \quad R(J_4^2) = Q_2^2.$$

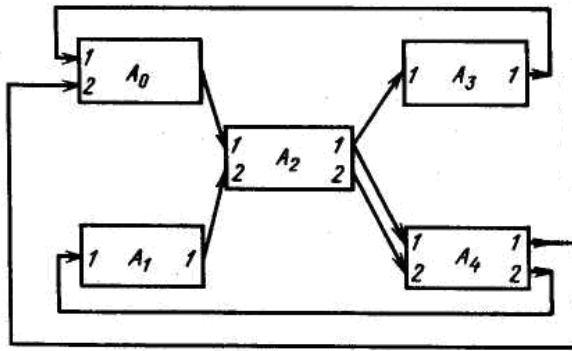


Рис. 34. Структурная схема агрегативной системы

Все сигналы, циркулирующие в системе, имеют группу целочисленных координат и группу действительных, причем размерности этих групп могут быть переменными, поскольку зависят как от канала, по которому данный сигнал передается, так и от момента передачи. Благодаря тому, что элементы A взаимодействуют лишь в изолированные моменты времени, их динамику между указанными моментами можно изучать независимым образом.

Итак, рассмотрим кусочно-линейный агрегат A (нижние индексы опустим), имеющий m входных полюсов J^1, \dots, J^m и n выходных Q^1, \dots, Q^n . Обозначим соответствующие множества входных и выходных сигналов через X^1, \dots, X^m ; Y^1, \dots, Y^n , а их элементы через x^1, \dots, x^m ; y^1, \dots, y^n .

Каждый сигнал x^i имеет следующий вид (для простоты опустим верхний индекс i):

$$x = (\kappa_0, \kappa_1, \dots, \kappa_{\text{mod } \kappa_0}, x_1, x_2, \dots, x_{\|x\|}),$$

где κ_0, κ_1 — целочисленные координаты; x_1, x_2 — действительные координаты; κ_0 — тип сигнала, определяющий, в частности, число, целочисленных координат, равное $\text{mod } \kappa_0 + 1$; координаты

$\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_{\text{mod } \kappa_0}$ представляют собой различную служебную информацию, выражаемую целыми числами. Число $\|x\|$, называемое рангом основного состояния $x = (\kappa_0, \dots, \kappa_{\text{mod } \kappa_0})$ действительных координат, зависит от вектора целочисленных координат κ .

Аналогичную структуру имеют и выходные сигналы:

$$y = (\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_{\text{mod } \mu_0}, y_1, y_2, \dots, y_{\|y\|}).$$

Внутреннее состояние КЛА также имеет вид, аналогичный виду сигналов

$$L = (v_0, v_1, \dots, v_{\text{mod}v_0}, L_1, \dots, L_{\|v\|}), \quad (1)$$

где v_0 означает тип агрегата (аналогично типу сигнала, введенном выше).

Будем считать, что все действительные координаты положительны:

$$J_i = 0, \quad i = 1, \dots, \|v\|.$$

Если $\|v\| = 0$ для некоторого $v = (v_0, \dots, v_{\text{mod}v_0})$, то действительные координаты не определяются. Таким образом, множество состояний кусочно-линейного агрегата включает в себя всевозможные векторы вида (1).

Если $\|v\| = 0$ в некоторый момент времени t , то состояние L не меняется до момента поступления на КЛА входного сигнала.

Если в момент t_0 $\|v\| > 0$, то до момента t_1 очередного скачка состояния целочисленная составляющая v не изменится; действительные координаты изменяются с постоянной скоростью

$$V^v = (V_1^v, \dots, V_{\|v\|}^v); \quad L_i(t) = L_i(t_0) + (t - t_0)V_i^v, \quad i = 1, \dots, \|v\|. \quad (2)$$

Значение вектора V^v полностью определяется целочисленными компонентами v .

Скачки состояний КЛА происходят в так называемые опорный моменты времени, являющиеся либо моментами поступления входных сигналов, либо моментами обнуления хотя бы одной из действительных координат.

Допустим, что одновременно на входные элементы поступило не более одного входного сигнала. Физически допустимая цепная реакция сигналов формально рассматривается как постадийная.

Будем также полагать, что одновременно может обнулиться не более одного действительного компонента, и, следовательно, возможный момент обнуления определится из (2):

$$t_1 = t_0 + \min\{(L_i(t)/V_i^v)/V_i^v > 0\}.$$

Рассмотрим два случая.

В первом случае t_1 — момент обнуления координаты $L_i, i=1, \dots, \|v\|$. Каждой паре (v, i) однозначно соответствует целое число k_i , называемое типом события.

Как правило, число различных типов событий меньше (или много меньше) числа различных пар (v, i) . Тип событие k_i однозначно определяет случайный механизм (т. е. задает распределение) перехода

КЛА из текущего состояния L в новое L' , выбора подмножества выходных зажимов, с которых снимаются в данный момент сигналы.

В программной реализации КЛА данный механизм задается алгоритмически.

Во втором случае t_L — момент поступления в КЛА входного сигнала x^i на зажим J^i . Каждой тройке (v, k^i, J^i) соответствует целое число k_2 , называемое типом входного события и однозначно определяющее случайный механизм перехода КЛА при поступившем входном сигнале x^i на зажим J^i из текущего состояния L в новое L' ; выбора подмножества выходных зажимов, с которых снимаются в данный момент выходные сигналы, и их содержания. Этот механизм в программной реализации КЛА также задается алгоритмически.

1.16. Введение в основы построения общей теории систем

В науке и практике о системах накопилось большое количество экспериментальных фактов, которые учитываются при создании новых систем. В связи с автоматизацией исследований, проектирования, производства, управления возникла острая необходимость осмысливания накопленного опыта и построения современной общей теории систем, раскрывающей основные закономерности процесса создания систем любой природы на единой методологической основе. Научным фундаментом создаваемых систем и служит общая теория систем(ОТС).

Цель ОТС – создание единой методологии исследования общесистемных признаков (характеристик) систем любой природы

Общую теорию систем будем строить не столько «снизу» за счет индуктивного обобщения полученных наукой и практикой результатов, сколько «сверху» по отношению к ним, т. е. путем дедуктивного построения на основе сформулированных фундаментальных исходных посылок и принципов целой системы более конкретных утверждений, раскрывающих структуру и содержание операций синтеза, оптимизации и выбора решений.

При таком построении теории исходные посылки и принципы должны отражать не простые истины, доказательство которых не требуется, а фундаментальные научные закономерности процессов обработки данных и принципы их системной организации. Они получены на основе обобщения опытных данных, систематизации результатов теоретических и практических работ в системных исследованиях. Так, на основе сформулированного принципа

системной совместимости получены утверждения и соответствующие им алгоритмы выбора допустимых вариантов методов исследования, проектирования и производства.

На основе исходных посылок дедуктивно, т. е. сверху вниз, развертывается целая система более конкретных утверждений и следствий, являющихся базой построения алгоритмов и программ исследования, проектирования и производства систем. Построенная таким образом система утверждений имеет иерархическое строение. Верхний, нулевой, уровень системы образует множество исходных посылок $ИП = \{ИП_1, ИП_2, \dots, ИП_k\}$. На их основе формируется и доказывается ряд промежуточных утверждений первого уровня

$$УТ^1 = \{УТ_1, УТ_2, \dots, УТ_r\}.$$

В дальнейшем при использовании исходных посылок и утверждений первого уровня $УТ^1$ строятся более конкретные утверждения второго уровня. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут получены утверждения, определяющие функцию, структуру и параметры элементов создаваемой системы. В формальном виде дедуктивная система построения целостной модели процесса создания системы описывается совокупностью соотношений

$$ИП^0 = \{ИП_1, ИП_2, \dots, ИП_k\},$$

$$Г^1 : ИП^0 \rightarrow УТ^1,$$

$$Г^2 : \{ИП^0, УТ^1\} \rightarrow УТ^2,$$

.

$$Г^n : \{УТ^q, \dots, УТ^{n-1}\} \rightarrow УТ^n,$$

где $Г^1, Г^2, \dots, Г^n$ — процедуры формулирования и доказательства более конкретных утверждений следующего i уровня на основе исходных посылок $ИП^0$ и полученных ранее более общих утверждений $i-1$ уровня. Переход от совокупности исходных посылок к утверждениям и от одних утверждений к другим, более конкретным, осуществляется как формально, так и путем содержательного синтеза знаний, полученных в системных исследованиях. Утверждения последнего уровня представляют собой математические модели построения допустимых техническими ограничениями вариантов решений и служат основой для построения алгоритмов и программ создания системы:

$$Е : УТ^n \rightarrow \{АЛ_i\},$$

$$ТР : \{АЛ_i\} \rightarrow \{ПР_i\},$$

где E — совокупность процедур построения на основе утверждений UT^n комплекса алгоритмов AL решения задач создания системы; TP — совокупность процедур трансляции алгоритмов в программы PP .

В результате модель общей теории систем может быть представлена в виде графа $W(FI, U)$. Вершинам верхнего уровня (рис. 35) соответствуют исходные посылки и принципы, а вершинам следующих уровней — утверждения и следствия, которые получены на основе исходных посылок и утверждений предыдущих уровней.

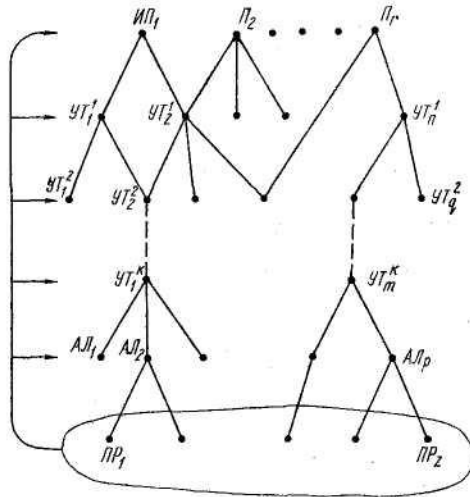


Рис. 35. Структура общей теории систем:

$ИП_1, П_2$ — исходные посылки и принципы; $УТ^k$ — утверждения k уровня; $АЛ, PP$ — алгоритмы и программы создания систем.

На последних уровнях на основе одного утверждения может быть построено несколько различных реализующих его алгоритмов и программ, т. е. обеспечивается функциональная избыточность программного комплекса системы создания систем.

Полученная таким образом система исходных посылок и утверждений должна отражать основные закономерности процессов создания систем в выбранной проблемной области и, как правило, не зависеть от условий конкретного направления, т. е. являться инвариантной основой ССС, в то время как алгоритмические и программные уровни подвергаются настройке при переходе от одной

системы к другой и составляют изменяемую, адаптируемую часть ССС.

При хорошо разработанной теории создания систем утверждения последнего уровня определяют не только единственный вариант оптимального решения задачи в конкретных условиях, но и наиболее рациональный (с минимальным числом переборов) путь, к нему ведущий. В тех случаях, когда теория некоторых задач недостаточно разработана, утверждения последнего уровня определяют уже не один, а множество допустимых вариантов решений. Выбор оптимального варианта может осуществляться с помощью математических методов оптимизации, если задача формализуема, или построения диалоговых процедур и обращения ЭВМ к разработчику с требованием решить задачу, если последняя не поддается формализации по тем или иным причинам.

Таким образом, предложенная теория создания систем определяет роль и место математических методов оптимизации и диалоговых процедур выбора решений. Характерной особенностью рассмотренной модели теории является ее целостность, обусловленная взаимосвязанностью исходных посылок и утверждений различных уровней. В результате практической проверки подвергается вся система исходных посылок и утверждений как единое целое, а не только отдельные ее части. Практическая проверка теории производится по результатам создания системы, которые выдает построенный на основе этой теории программный комплекс ССС. Рассмотрим некоторые принципы и утверждения системно-структурного анализа сложных объектов и процессов.

Принцип совместимости. Совокупность объектов может быть объединена в систему, если они обладают свойством совместимости по наиболее существенным видам связей и отношений, т. е. такой общностью по выполняемым функциям структурным и функциональным свойствам, благодаря которым обеспечивается их совместное функционирование как единого целого в соответствии с заданными техническими требованиями. Так, фреза и шпиндель станка совместимы, если форма и размеры хвостовика фрезы соответствуют форме и размерам инструментального конуса шпинделя. Операции технологического процесса совместимы, если состояние обрабатываемой детали на выходе одной операции будет исходным для других. Это значит, что некоторые поверхности, обработанные в предшествующей операции, могут быть приняты в качестве базовых на последующих операциях, а форма и размеры обрабатываемых поверх-

ностей одних операций таковы, что обеспечивают необходимые припуски и допуски для обработки детали на следующих операциях.

В реальных системах и процессах входы и выходы одних объектов могут отличаться исполнением, расположением в пространстве, величинами размеров и другими свойствами. Все это приводит к тому, что невозможно обеспечить непосредственную совместимость подсистем или их элементов. Сформулируем утверждение, определяющее условия объединения элементов в систему при отсутствии их непосредственной совместимости.

Утверждение 1. Объединение в систему элементов, несовместимых по одному или нескольким видам связей, достигается путем введения специальных звеньев-посредников, выполняющих функции совместимости по несогласованным видам связей между взаимодействующими элементами. Звенья-посредники в системах и процессах встречаются повсюду.

Так, инструментальная оправка является звеном-посредником между фрезой и шпинделем станка в связи с тем, что посадочные размеры выбранной фрезы не совпадают с аналогичными размерами шпинделя. Операция подготовки технологических баз, например фрезерно-центровальная, служит операцией-посредником между заготовительными и операциями механической обработки вала.

Совместимость взаимодействующих систем может осуществляться различными способами, каждый из которых характеризуется различной величиной затрат на его реализацию.

Утверждение 2. Оптимальным среди множества возможных $B = \{b_i\}$ будет такой способ совместимости системы с окружающей средой или структурных элементов между собой, который обеспечивает заданные технические требования на взаимосвязь и взаимодействие указанных объектов $\delta_q \leq \delta_i$ доп при минимальных суммарных затратах на совместимость по всем видам связей e_j .

Так, с точки зрения этого утверждения оптимальным по затратам на технологическую совместимость будет такой вариант технологического процесса, который при обеспечении заданной производительности и точности обработки определяет минимальные затраты на специальные приспособления, вспомогательный инструмент, операции подготовки установочных баз и другие элементы, выполняющие функции совместимости.

Введем понятие системной оптимальности, которое в отличие от традиционных представлений связывает системные характеристики объекта с затратами на их осуществление. В связи с этим данное утверждение определяет только одну сторону системной оптимально-

сти — это минимальные затраты на совместимость системы с окружающей средой и структурных компонент в составе системы, т. е. отражает структурные особенности системы.

Вторая, не менее важная сторона системной оптимальности— это минимальные затраты $E_{(F, Z)}$ на реализацию заданной функции системы F и совокупности заданных параметров Z .

Третья сторона системной оптимальности — это затраты $E_{\text{м}}$, связанные с совершенствованием и модернизацией технической системы за период эксплуатации.

На основе изложенного сформулируем утверждение об оптимальности системы в целом.

Утверждение 3. Оптимальным Q^* среди множества допустимых техническими ограничениями $\delta_q \leq \delta_i \text{ доп}$ вариантов проектируемых систем или процессов будет такой, который обеспечивает минимальные суммарные затраты на совместимость системы с окружающей средой, выполнение заданных функций и затраты на совершенствование и модернизацию за период эксплуатации:

$$Q^* = \min_{Q \in Q} (E_{\text{н}} + E_{F, S} + E_{\text{м}}).$$

В отличие от традиционных технико-экономических критериев, которые носят калькуляционный характер и вычисляются после того, как спроектирована система, разработана и пронормирована технология ее изготовления, системные критерии оптимальности в явном виде дифференцированно учитывают затраты на реализацию системных характеристик системы. В связи с этим системные критерии лучше отвечают требованиям построения рациональных информационных моделей системы и процессов на всей стадии их создания.

Принцип совместимости и вытекающие из него утверждения 1 — 3 являются фундаментальными и определяют многие важные закономерности создания систем.

Объекты, переменные, параметры.

Люди способны отличать самих себя от окружающей среды. Непосредственные знания об окружающей среде есть результат наших ощущений. Мы также можем запоминать, обрабатывать и использовать информацию, полученную из окружающей среды, и таким образом усиливать свою способность к восприятию. Эти способности необходимы для нашего существования и благополучия. Они

позволяют принимать решения и действовать соответствующим образом.

В повседневной жизни мы взаимодействуем с различными объектами из нашего окружения, причем это взаимодействие для любого объекта обычно ограничивается несколькими представительными свойствами. Хотя подобное взаимодействие может становиться все разнообразнее по мере того, как мы все лучше узнаем объект, оно всегда существенно ограничивается пределами восприятия человека, его способностью к действию и другими возможностями. В таких случаях, как научное исследование, инженерное проектирование, медицинская диагностика, расследование преступления или художественное творчество, взаимодействие с объектами бывает более заметно выражено и часто выходит за пределы обычных человеческих возможностей.

Людей, активно работающих в любой из традиционных отраслей науки, техники или в других областях (медицине, праве и т. д.), интересует в их профессиональной деятельности достаточно определенные типы объектов. Так, например, экологи занимаются такими объектами, как озера, реки и леса; музыковеды — музыкальными сочинениями и композиторами; психологи изучают отдельных людей и малые социальные группы; инженеры занимаются всевозможными объектами, созданными человеком, например электростанциями, автомобилями, самолетами, компьютерами и тому подобным; врачи имеют дело с пациентами, а ветеринары — с больными животными; криминалисты расследуют преступления, а биологи изучают различные явления в живой природе.

В дальнейшем будем называть объектом часть мира, выделяемую как единое целое в течение ощутимого отрезка времени и облеченное в форму, иными словами: *объект* — это выделенная часть мира, имеющая форму. Согласно этому определению объекты могут быть как материальными, так и абстрактными. Затем можно *материальные объекты* разделить на *естественные* (такие, как кусок скалы, клетка организма, солнце или группа животных) и *созданные человеком (искусственные)* (такие, как аэропорт, вычислительный центр, город или больница). *Абстрактные объекты* (такие, как музыкальное сочинение, стихотворение или конституция страны) обычно создаются человеком, однако некоторые из них можно рассматривать и как естественные, по крайней мере до некоторой степени (например, естественный язык общения людей).

В большинстве случаев объекты обладают практически бесконечным числом свойств, любое из которых можно вполне осмысленно

изучать и, как следствие, почти любой объект невозможно изучить полностью. Это означает, что необходимо отобрать ограниченное (и обычно довольно малое) число характеристик, наилучшим образом описывающих данный объект как явление. После того как такой отбор сделан, необходимо определить процедуру измерения (наблюдения) каждого свойства, которое, в свою очередь, задает абстрактную переменную, представляющую наш образ (наше отображение) соответствующего свойства.

Мы говорим, что на интересующем нас объекте система задается набором соответствующих свойств объекта и назначением каждому из них определенной переменной (с помощью процедуры измерения). Таким образом, система всегда рассматривается не как реальная вещь, а как абстрагирование или отображение некоторых свойств объекта. Это важное различие между понятием объекта и понятием системы хорошо описал У. Росс Эшби.

Теперь нужно пояснить то, как следует определить систему. Первое, что приходит в голову, это указать на маятник и сказать, что «система — это такая-то вещь, находящаяся там-то». Однако этот метод имеет существенный недостаток: всякий материальный объект включает бесконечное число переменных и, следовательно, бесконечное число возможных систем. Реальный маятник, например, характеризуется не только длиной и положением, но и массой, температурой, электропроводностью, кристаллической структурой, химическими примесями, радиоактивностью, скоростью, коэффициентом отражения, пределом прочности на растяжение, бактериальной зараженностью, поглощением света, упругостью, формой, удельным весом и т. д. и т. п. Нереально было бы исследовать все эти параметры, да такие попытки никогда и не делаются. Нужно выделить и изучить параметры, относящиеся к некой главной проблеме, которая уже определена. Таким образом, **система — это не предмет, а список переменных**.

Как мы уже говорили, термин «переменная» используется нами для обозначения абстрактного образа свойства. Поэтому, чтобы можно было определить его точно, нужно сначала разобраться, что же такое **свойство**.

Заметим, что с каждым свойством связано множество его появлений (проявлений). Так, например, если свойством является относительная влажность в определенном месте Земли, то множество проявлений — это всевозможные значения относительной влажности (определяемые некоторым определенным способом) в диапазоне 0—100%; если свойством является количество гормона эстрогена в 1 см³ женской крови, то определенное количество этого гормона является

проявлением этого свойства; если **свойство** — это **цвет светофора на перекрестке, регулирующего движение транспорта в определенном направлении, то проявлениями этого свойства** обычно бывают **красный, желтый и зеленый цвета**.

При единичном наблюдении свойство имеет одно конкретное проявление. Для определения возможных изменений его проявлений требуется множество наблюдений этого свойства. Для этого, однако, необходимо, чтобы отдельные наблюдения свойства, осуществляемые с помощью одной и той же процедуры наблюдения, каким-то образом отличались одно от другого. Любое существенное свойство, *на самом деле используемое* для определения различий в наблюдениях одного и того же свойства, будем называть **базой** (*backdrop*). Выбор этого довольно своеобразного термина объясняется тем, что всякая различающая особенность, какой бы она ни была, является своего рода базой, с которой наблюдается свойство.

Типичной базой, пригодной практически для любого свойства, является **время**. В этом случае разные наблюдения одного свойства отличаются друг от друга тем, что они сделаны в разные моменты времени. Например, относительную влажность в определенном месте можно измерять в разные моменты времени, скажем, каждый час. Аналогично множество замеров объема эстрогена в 1 см^3 крови одного пациента можно получить, делая анализ в разное время, например, в 8^{00} и 20^{00} ежедневно в течение всего периода исследования.

В некоторых случаях разные наблюдения одного и того же признака по времени неразличимы (т. е. либо сделаны одновременно, либо время вообще не имеет значения), зато отличаются положением в *пространстве*, в которых сделаны наблюдения. Например, различные свойства, характеризующие качество акустики, можно наблюдать в один и тот же момент времени в разных точках концертного зала. В некоторых дисциплинах пространство как база играет особенно важную роль, например в кристаллографии, строительстве, оптике, изобразительном искусстве, анатомии и др. Понятие пространства не ограничивается одно-, двух- или трехмерным евклидовым пространством. Например, пространство, образуемое точками сферы с римановой геометрией на ней, может оказаться подходящей базой для некоторых свойств (скажем, для геологических, климатических и географических характеристик Земли). **Последовательность слов в некотором тексте также может рассматриваться как одномерное (абстрактное) пространство**; такие свойства, как позиция и функция слова в любом предложении, число букв в отдельном слове и т. д. могут наблюдаться в каждой точке (в любом слове) этого текста.

Время и пространство не единственно возможные базы. Множественные наблюдения одного и того же свойства могут различаться друг от друга по индивидам некой *группы (population)*, на которой определено данное свойство. Это может быть социальная группа, набор производимых товаров определенного типа, множество слов в каком-то стихотворении или рассказе, множество стран, популяция лабораторных мышей и т. д. Например, при любой переписи населения такие признаки, как возраст, пол, доход, занятость, научные знания и т. д., наблюдаются одновременно у всех людей, составляющих население страны.

Базы **трех основных типов** — ***время, пространство, группа*** — можно комбинировать. Хотя в принципе возможны любые комбинации, особенно важны и распространены комбинации время — пространство и время — группа. Приведем некоторые примеры.

Время — пространство. Лучшим примером данной комбинации является кинофильм, особенно если он используется в исследованиях (изучение микробиологических процессов, роста растений или дорожных ситуаций на загруженных перекрестках и т. п.); большая часть признаков в метеорологии (относительная влажность, температура, скорость и направление ветра, типы облаков и т. д.) наблюдаются во многих местах Земли и в разное время; другим примером такой комбинации баз является последовательность позиций на шахматной доске.

Время — группа. Свойства, характеризующие положение в экономике, политике и обществе разных стран, наблюдаются различными организациями, например ООН; ежедневно проводятся наблюдения за популяцией лабораторных мышей, за их физиологическим состоянием и поведением, а также за признаками, находящимися под контролем исследователя (стимуляция, медикаментозное и хирургическое лечение); за такими характеристиками, как число опубликованных книг и журналов определенной категории, средняя цена книги и среднее число подписчиков журнала, суммарный доход и за множеством других ежегодно следит группа издателей.

Помимо особого использования времени, пространства и групп в качестве баз, ***они могут выступать и как свойства***. Например, при ежедневном наблюдении времени восхода и захода Солнца в разных местах Земли, ***свойством является время, а его базами — время и пространство***; рекордные значения времени в каком-либо спорте, скажем в плавании на 400 м вольным стилем, являются наблюдениями свойства, различающегося во времени (например, датами установления рекордов); время является базой для наблюдения за таким свойством,

как местоположение судна; можно наблюдать за значениями времени, необходимого для решения задачи пакетом программ, работающих на одном и том же компьютере.

Приведенные примеры показывают, что выбор подходящих баз достаточно гибок, однако не совершенно произволен. Ограничения при этом выборе достаточно точно выражены в описанных ниже требованиях, которым должны удовлетворять правильно выбранные базы; эти ограничения могут служить руководящими принципами в процессе определения системы на интересующем нас объекте.

Первое, *базы должны быть применимы ко всем свойствам системы*, для которой они определены. Например, ни время, ни пространство не могут быть использованы для отличия испытаний продукции определенного типа (не имеет значения, когда и где были проведены эти испытания); ни пространство, ни группа не применимы в качестве баз для свойств, характеризующих музыкальное сочинение; ни время, ни группу нельзя использовать при описании мозаики.

Второе, *базы системы должны отвечать назначению, для которого определяется данная система*. Так, например, при наблюдении за выздоровлением пациента после хирургической операции наблюдают за соответствующими признаками. Ясно, что единственной подходящей для этого базой является время. Но если целью является создание медицинской базы данных, то те же самые характеристики будут различаться не только по времени, но и по фамилиям и другим характеристикам пациентов, находящихся на одной стадии выздоровления, данные о которых и будут заноситься в базу данных. Таким образом, в данном случае применимыми в качестве баз оказываются и время и группа.

Третье, *наблюдения всех свойств системы должны однозначно определяться базами системы*, т. е. каждый элемент базового множества (значение определенного момента времени, точка пространства, элемент группы или соответствующая комбинация элементов) **определяет одно и только одно проявление любого из свойств**. Например, при исследовании признаков слов текста (позиция и функция слова в предложении, число букв в слове и т. д.) вполне разумной базой является группа слов, входящих в этот текст. Очевидно, что такая база применима к этим свойствам и соответствует цели исследования. Однако она не удовлетворяет требованию однозначного различения наблюдений. В самом деле, одно и то же слово может находиться в одной и той же позиции и иметь ту же функцию в нескольких предложениях в данном тексте, но, разумеется, в нем будет одно и то же число букв. Для того чтобы отличить любое

наблюдение, нам нужно обратиться в данном случае к одномерному абстрактному пространству, точкой которого является положение слова в тексте.

Если смысл свойств и баз и их взаимоотношения поняты правильно, то ясно, как формально определить систему, заданную на объекте, иначе, систему объекта. Она представляет собой **множество свойств, с каждым из которых связано множество его проявлений, и множество баз, с каждой из которых связано множество ее элементов.**

Формально система объекта — это

$$\mathbf{O} = (\{(a_i, A_i) | i \in N_n\}, \{b_j, B_j | j \in N_m\}), \quad (3)$$

где $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$, а $N_m = \{1, 2, \dots, m\}$ (буквой N с положительным целым индексом в той книге всегда обозначается множество значений целых положительных чисел от 1 до значения этого индекса); через a_i и A_i обозначены соответственно свойство и множество его проявлений; b_j и B_j — база и множество ее элементов, а \mathbf{O} — система объекта.

Для некоторых признаков и баз множества A_i и B_j из уравнения (3) определяются достаточно хорошо. Например, если в качестве базы используется группа (социальная группа или группа животных, продукция определенного типа или группа стран), множество B_j обычно четко определено. Аналогично хорошо определено множество проявлений A_i для таких признаков a_i как ежемесячный доход человека, цвета светофора, число букв в слове или пассажиров в полете. В науке, однако, во многих случаях эти множества неизвестны и могут быть определены только с помощью философских построений. Тем не менее, независимо от обстоятельств, их можно связать с хорошо определенными множествами с помощью конкретных процедур наблюдения или измерения. Эти хорошо определенные множества представляют собой образы множеств A_i и B_j , и терминах этих множеств и формулируются знания о свойствах.

Само существование свойств, баз и, соответственно, множеств A_i , B_j как атрибутов естественных объектов является предметом философской контрверзы. На этот счет имеются разные точки зрения — от наивного реализма, безоговорочно принимающего их существование, до крайних форм операционализма (или инструментализма), отрицающего их существование и **утверждающего, что содержание любого научного понятия целиком и полностью определяется спецификацией процедуры измерения.**

Мы должны понимать, что независимо от отношения к проблеме,

существования множества A_i и B_j часто бывают неизвестны. В подобных случаях система объекта смысла не имеет и может приобрести содержание только благодаря заданию конкретных процедур наблюдения или измерения, с помощью которых создаются образы свойств. Таким образом, система объекта должна рассматриваться как компонент большей системы; рассматривать систему объекта саму по себе практически бесполезно.

Перейдем теперь к определению переменной и параметра.

Переменной будем называть операционное представление свойства, т. е. **образ свойства**, определяемый конкретной процедурой наблюдения или измерения. Каждая переменная имеет определенное **имя** (метку), отличающее ее от других рассматриваемых переменных, и связывается с определенным **множеством величин**, через которые она себя проявляет. Эти величины обычно называют **состояниями** (или **значениями**) переменной, а все множество — **множеством состояний** (значений).

Аналогично **параметром** называется операционное представление базы. Каждый параметр имеет уникальное **имя**, и с ним связывается некое **множество**; будем называть его **параметрическим множеством**, а его элементы — **значениями параметра**.

По аналогии со свойствами и базами предполагается, что разные наблюдения одной и той же переменной различаются по значениям параметров. Если используются два и более параметра, то их общим параметрическим множеством является декартово произведение отдельных параметрических множеств. Необходимо, чтобы каждое конкретное значение параметра (из общего параметрического множества) идентифицировало одно и только одно наблюдение соответствующих переменных.

На отдельных множествах состояний или параметрических множествах могут быть определены некоторые **математические отношения**, скажем, **отношение порядка или расстояния**. Они отражают **фундаментальные характеристики свойств и баз в той степени**, в какой они присущи соответствующим измерительным процедурам. Различия в подобных свойствах среди переменных или параметров, которые имеют существенное методологическое значение, будем называть **методологическими отличиями**.

В дополнение к **конкретным переменным и параметрам**, представляющим соответственно определенный признак или базу, будем также рассматривать **обобщенные переменные и параметры**. Последние представляют собой абстрактные величины, т. е. величины, не определенные через какие-либо свойства или базы. Их множества

состояний и параметрические множества, а также различные отношения, определенные на этих множествах, представляются неким подходящим стандартным образом.

Обобщенной переменной дается интерпретация, когда множество ее состояний отображается изоморфно (т. е. отображается один в один с сохранением всех существенных математических отношений, определенных на нем) в элементы множества состояний конкретной переменной; то же относится к обобщенным и конкретным параметрам и их параметрическим множествам. Любое изоморфное отображение такого рода будем называть **конкретизацией** обобщенной переменной (или обобщенного параметра), а обратное отображение назовем **абстрагированием** конкретной переменной (или конкретного параметра).

Для формализации понятий обобщенных и конкретных переменных и их параметров введем следующие обозначения в дополнение к введенным в предыдущем разделе; v_i, V_i, V_i означающие соответственно обобщенную переменную, ее множество состояний и множество математических свойств, определенных на v_i . Обозначим через v'_i, V'_i, V'_i те же характеристики конкретной переменной, являющиеся конкретизацией переменной v_i . Обозначим через w_j, W_j и W_j соответственно обобщенный параметр, его множество состояний и множество математических свойств, определенных на параметре w_j , а через w'_j, W'_j и W'_j — те же характеристики конкретного параметра, полученные конкретизацией параметра w_j .

Назовем *каналом наблюдения* любую операцию, вводящую конкретную переменную как образ свойства. Канал наблюдения, с помощью которого свойство a_i представляется переменной v'_i , реализуется функцией

$$o_i: A_i \rightarrow V'_i. \quad (4)$$

Эта функция гомоморфна относительно предполагаемых свойств множеств A_i и V'_i . Аналогичная функция, скажем

$$\omega_j: B_j \rightarrow W'_j \quad (5)$$

задает представление базы b_j параметром w'_j , она также должна быть гомоморфной относительно соответствующих свойств базы (например, времени) и свойств множества W'_j .

Для некоторых свойств и баз каналы наблюдения могут представлять собой явно заданные функции o_i и ω_j . Однако в других случаях, когда множества A и B неизвестны, возможно явно задать эти функции, не прибегая к неким абстрактным допущениям. При этом представления свойств и баз вводятся физически (операционно), а не с помощью математических определений.

За исключением тривиальных случаев, когда функции o_i и ω_i определены ясно, канал наблюдения представляет собой физическое устройство и процедуру, описывающую его применение. Это устройство обычно называется измерительным прибором или инструментом. Процедура представляет собой набор команд, определяющих то, как следует использовать инструмент в разных условиях.

Термин *измерительный инструмент* следует понимать широко. В некоторых областях, таких, как психология, общественные науки или этика, сам исследователь (или его группа) рассматривается в качестве инструмента или вместо него самого для оценки таких признаков, как мнения, позиции или способности людей, используются анкеты или тесты. Любой измерительный инструмент должен уметь взаимодействовать с измеряемым свойством и преобразовывать это взаимодействие в вид, непосредственно представляющий состояния соответствующей переменной (например, показания указателя на шкале буквенно-цифрового дисплея или просто запись значений).

Несмотря на то, что измерительные инструменты и процедуры, образующие каналы наблюдения, должны соответствовать некоторым общим принципам измерения, они существенно зависят от того, что они измеряют. Поэтому их изучением, созданием и использованием занимаются, главным образом, в рамках традиционных научных дисциплин. Теория и практика измерений, как и техника, медицина, управление и т. д., является частью традиционных областей науки и не входит в сферу решения системных задач. Поэтому каналы наблюдения учитываются в схеме решения задач только как компоненты, необходимые для полного определения любой реально существующей системы. Мы считаем, что каналы наблюдения непосредственно связаны с конкретными явлениями и в этом качестве должны изучаться и разрабатываться в рамках традиционных дисциплин.

Как правило, при решении системных задач, дают предпочтение работе с обобщенными переменными и параметрами. Заданная обобщенная переменная v_i конкретизируется переменной v'_i тогда и только тогда, когда функция

$$e_i: V_i \rightarrow V'_i \tag{6}$$

существует и изоморфна относительно математических свойств V_i . Аналогично обобщенный параметр w_i - конкретизируется параметром w'_i тогда и только тогда, когда функция

$$\varepsilon_j: W_j \rightarrow W'_j \tag{7}$$

существует и изоморфна относительно W_j . Каждый конкретный изоморфизм e_i (или ε_j) задает конкретизацию v_i с помощью v'_i (или соответственно w_j с помощью w'_j). Функции, обратные e_i и ε_j , т. е.

$$e_i^{-1}: V'_i \rightarrow V_i, \tag{8}$$

$$\varepsilon_j^{-1}: W'_j \rightarrow W_j, \tag{9}$$

задают абстрагирование соответственно v'_i и w'_j .

Пример 1. Для иллюстрации введенных понятий положим, что a_i — это установленный ежегодный доход налогоплательщика США за последний год, как сообщается в его налоговой декларации за этот год. Тогда A_i — это всевозможные суммы денег (в долларах США) от нуля до максимально представимой суммы, скажем до 100 000.00 дол. Это множество конечно, так как минимальная имеющая хождение денежная единица — 1 цент. Мы понимаем также, что это множество полностью (линейно) упорядочено. Для вычисления подоходного налога достаточно рассматривать только диапазоны облагаемого налогом дохода, где каждому диапазону соответствует определенный процент дохода, который следует выплатить в качестве подоходного налога. Для упрощения будем этими диапазонами считать диапазоны 0—4,999.99, 5,000.00 — 9,999.99, ..., 90,000.00 — 94,999.99, 95,000.00—100,000.00 и пусть множеством состояний V'_i конкретной переменной v'_i , представляющей свойство a_i , будет множество минимальных значений этих диапазонов. Содержательное представление a_i с помощью v'_i можно ввести с помощью функции o_i , которая для каждого диапазона любому значению из диапазона присваивает минимальное значение в этом диапазоне, например $o_i(52357) = 50\ 000$ или $o_i(796) = 0$. Очевидно, что функция o_i гомоморфна относительно полного упорядочения A_i , так как для любой пары $\alpha, \beta \in A_i$, если $\alpha \leq \beta$, $o_i(\alpha) \leq o_i(\beta)$. Из методических соображений обобщенная переменная v_i может быть для конкретной переменной v'_i определена с помощью абстрагирующей функции $e_i^{-1}: V'_i \rightarrow V_i$. Эта функция должна быть изоморфной относительно упорядочения на V'_i . Предположим, что нужно, чтобы множество V_i представляло собой набор значений целых чисел. Тогда e_i^{-1} можно, вероятно, наиболее естественным образом, задать следующим уравнением:

$$e_i^{-1}(5000k) = k \quad (k=0, 1, \dots, 19).$$

Базой в этом примере является множество американских налогоплательщиков определенной категории, скажем множество жителей шт. Нью-Йорк. Данное множество не обладает никакими математическими свойствами. Таким образом, $\omega_j: B_j \rightarrow W'_j$ может быть любой взаимно однозначной функцией, которая каждому налогоплательщику ставит в соответствие уникальный идентификатор,

например номер его страховки. Методологически удобно абстрагирование $\varepsilon_i^{-1}: W'_i \rightarrow W_i$ представить в виде взаимно однозначной функции, ставящей в соответствие целым числам из множества N_n , где n — число налогоплательщиков в этой группе, значения номеров карточек социального страхования.

Остановимся более подробно на понятии канала наблюдения. До сих пор мы его определяли через функции o_i и ω_i , определенные соответственно в уравнениях (4) и (5). Эти функции индуцируют разбиения множеств A_i и B_i , скажем разбиения A_i/o_i и B_i/ω_i . Элементы любого блока в этом разбиении эквивалентны в том смысле, что они не различаются с точки зрения введенной процедуры наблюдения. В таком разбиении каждый блок целиком представляет одно состояние переменной v'_i или одно значение параметра w'_i . Когда наблюдение свойства a_i проводится при некотором значении параметра, то наблюдаемое свойство получает определенное проявление (значение) из множества A_i . Это проявление является элементом одного и только одного блока разбиения A_i/o_i . Функция o_i присваивает его определенному состоянию переменной v'_i . Таким образом, предполагается, что любое наблюдение позволяет нам определить, к какому блоку из A_i/o_i принадлежит данное проявление, даже если отдельное проявление и нельзя идентифицировать.

Предположение о том, что различие блоков A_i/o_i может быть обнаружено по результатам наблюдений, оправдывается только в том случае, когда ошибки наблюдения исключены. Подобные случаи, как показано в примере 1, встречаются, но относительно нечасто. Тем не менее это предположение можно считать практически оправданным и в других случаях, когда блоки A_i/o_i существенно больше ожидаемых значений ошибок наблюдения. При этом блок A_i/o_i правильно определяется во всех случаях, кроме тех, когда фактическое проявление оказывается близко от границы между блоками, т. е. в пределах ожидаемой ошибки наблюдения. Поскольку свойства (по крайней мере некоторые из них) не контролируются исследователем, невозможно предотвратить проявления свойств в нежелательной близости от границ между блоками в A_i/o_i и, следовательно, можно только сократить возможность определения неправильных блоков по наблюдениям благодаря правильному выбору канала наблюдения o_i . Исключить такую возможность полностью нельзя.

В результате появления возможности ошибок измерения с проявлениями возле границ между блоками в A_i/o_i связана определенная недостоверность наблюдения. Имеется два варианта интерпретации этой недостоверности.

1. Блоки разбиения, определенные на множестве A_i , рассматриваются как множества без четких границ. В терминологии теории нечетких множеств эти блоки представляют собой нечеткие подмножества множества A_i . Предполагается, что множество A_i является четким. Каждый элемент множества A_i принадлежит любому его нечеткому подмножеству с определенной степенью принадлежности. Согласно такому подходу подмножества определяются только степенями принадлежности, а не функцией o_i .

2. Разбиение множества A_i задается функцией o_i . Это то же самое разбиение A_i/o_i , что рассматривалось выше. Ясно, что его блоки являются четкими подмножествами A_i . Достоверно неизвестно, к какому блоку A_i/o_i принадлежит заданный элемент A_i . Эта недостоверность может быть задана функцией, сопоставляющей любой паре (элемент A_i , блок A_i/o_i) число (обычно между 0 и 1). Определенное таким образом число в заданном контексте выражает степень достоверности того, что данный элемент принадлежит данному блоку.

В дальнейшем мы будем придерживаться второго варианта. При этом варианте требуется, чтобы сначала была задана функция o_i , как в уравнении (4). Будучи заданной, она определяет на множестве A_i разбиение A_i/o_i . Затем определяется функция

$$\tilde{o}_i: A_i \times A_i/o_i \rightarrow [0, 1], \quad (10)$$

где $\tilde{o}_i(x, y)$ задает степень достоверности того, что x принадлежит y . Однако, поскольку каждый блок A_i/o_i однозначно представляется (помечается) состоянием из множества V'_i (в соответствии с функцией o_i), функцию \tilde{o}_i можно задать в более удобном виде

$$\tilde{o}_i: A_i \times V'_i \rightarrow [0, 1], \quad (11)$$

где $\tilde{o}_i(x, y)$ задает степень достоверности того, что x принадлежит блоку из разбиения A_i/o_i , представляемому состоянием y переменной v'_i .

Определенная в уравнении (11) функция \tilde{o}_i характеризует наблюдения свойства a_i в смысле их недостоверности. Ее также можно рассматривать как функцию степени принадлежности, определяющей нечеткое отношение на декартовом произведении $A_i \times V'_i$. В этом смысле \tilde{o}_i можно назвать *нечетким каналом наблюдения*. Во избежание недоразумений o_i будем называть *четким каналом наблюдения*.

Ясно, что для определения нечеткого канала наблюдения необходимо сначала задать четкий канал наблюдения o_i . Четкий канал наблюдения можно также рассматривать как частный случай нечеткого. В самом деле, если

$$\tilde{o}_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } o_i(x) = y, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

то \tilde{o}_i задает четкую функцию из A_i в V'_i , идентичную o_i .

При рассмотрении баз можно ввести функцию

$$\tilde{\omega}_j : B_j \times W'_j \rightarrow [0, 1], \quad (12)$$

подобную функции (11) и основанную на соотношении (5). Здесь

$\tilde{\omega}_j(x, y)$ — степень достоверности того, что x принадлежит блоку разбиения B_j/ω_j , который представлен значением y параметра w'_j . На практике, однако, эта функция не используется. В самом деле, если B_j — это группа, то функция ω_j является взаимно однозначной, и, следовательно, недостоверность наблюдений отсутствует. Если B_j является временем или пространством, то реальное наблюдение контролируется исследователем, т. е. исследователь принимает решение о том, где или когда должно быть проведено наблюдение. Такой контроль реальных наблюдений, а также относительная свобода выбора соответствующей функции ω_j позволяют исследователю избежать всякой недостоверности, за исключением неустранимых ошибок при измерении времени или пространства. Если, например, он решает, что температура, относительная влажность и т. д. должны фиксироваться на метеостанции 24 раза в сутки, в половине каждого часа, он может задать функцию ω_j так, чтобы любой блок результирующего разбиения B_j/ω_j представлял собой одночасовой интервал [0 ч—1 ч), [1 ч—2 ч),, [23 ч—0 ч). Тогда, если взять конкретное измерение наблюдаемых свойств, скажем в 1 ч 30 мин, то обычно совершенно достоверно можно сказать, что это измерение представляет блок [1—2 ч). В принципе и в этом случае возможны ошибки (такие, как грубое нарушение правила измерения или поломка часов), однако такие случаи для обычного канала наблюдения не рассматриваются.

Можно следующим образом суммировать наши соображения относительно каналов наблюдения. Для любых практических наблюдений достаточно использовать четкий канал наблюдения ω_j для баз, будь то группа, время или пространство. Однако для свойств применимы как четкие, так и нечеткие каналы наблюдения (o_i и \tilde{o}_i), и

при разных обстоятельствах более подходящим может быть тот или иной тип канала.

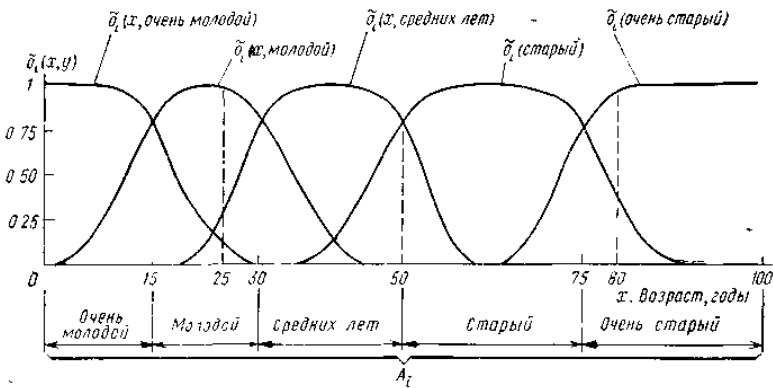


Рис. 36. Четкий и нечеткий каналы наблюдения для полностью упорядоченного признака «возраст человека»

Пример 2. Пусть свойством a_i является возраст человека из группы B_j . И пусть элементами A_i будут номера лет в диапазоне от 0 до 100. Положим, что $V'_i = \{\text{очень молодой, молодой, средних лет, старый, очень старый}\}$, и пусть o_i — это взаимно однозначная функция $A_i/o_i \rightarrow V'_i$, определенная следующим образом:

- $\{0, 1, \dots, 14\}$ — очень молодой,
- $\{15, 16, \dots, 29\}$ — молодой,
- $\{30, 31, \dots, 49\}$ — средних лет,
- $\{50, 51, \dots, 74\}$ — старый,
- $\{75, 76, \dots, 100\}$ — очень старый.

При использовании четкого канала наблюдения очень плохо описываются люди, чей возраст близок к границам между блоками A_i/o_i . Например, 49-летний человек помечается как человек средних лет, а 50-летний, как старый. При использовании нечеткого канала o_i например такого, какой описан на рис. 16, приведен оказывается более подходящим, поскольку не дает таких резких скачков. Важно отметить, что нечеткий канал наблюдения дает не одно состояние V'_i для одного наблюдения, как четкий канал, а набор значений $\tilde{o}_i(x, y)$ для всех $y \in V'_i$. Так, например, при наблюдении 25-летнего человека через нечеткий канал будут получены следующие 5 значений:

$$\tilde{\delta}_i (25, \text{очень молодой}) = 0.1$$

$$\tilde{\delta}_i (25, \text{молодой}) = 0.97$$

$$\tilde{\delta}_i (25, \text{старый}) = 0$$

$$\tilde{\delta}_i (25, \text{очень старый}) = 0.$$

Методологические отличия

Когда мы говорим, что свойство имеет выраженную структуру, то имеем в виду, что структура определена эмпирическими отношениями между эмпирическими объектами. Чем больше отношений принимается во внимание при определении шкалы значений, тем больше значения шкалы говорят нам о реальном мире. Построить шкалу, гомоморфную относительно отношения порядка, но не сохраняющую, скажем, отношение аддитивности, которое можно определить эмпирически, значит потерять информацию.

Рассмотрим понятие термина *«методологическое отличие»*. Этот термин будет использоваться нами для описания особенностей системных задач, по которым различаются равные типы задач внутри одной эпистемологической категории задач. Методологические отличия касаются как систем, так и требований к ним. Такие модификации, как введение в систему нового методологического отличия, его удаление или замена одного методологического отличия другим, не изменяют эпистемологического уровня системы. Однако они могут повлиять на наборы методологических отличий, подходящих к различным требованиям. Таким образом, методологические отличия для систем должны выбираться до того, как такие отличия будут выбраны для требований.

Как нам подсказывает название, типы задач разнятся только некоторыми методологическими отличиями, требуют разных методов решения, но имеют один и тот же статус в эпистемологической иерархии систем. Таким образом, методологические отличия представляют собой вторичные критерии классификации системных задач. Они служат дополнением к первичной классификации по эпистемологическим критериям. Эпистемологических типов задач слишком много для всякого конкретного методологического исследования. Поэтому методологические отличия предназначены для уточнения типов методологически разрешимых задач.

Набор приписываемых в рамках определенной концептуальной схемы методологических отличий систем связан с набором принятых эпистемологических типов систем отношением «применимо к»; аналогичное отношение имеется и для требований. В то время как одни методологические отличия подходят только к определенным

эпистемологическим типам, другие применимы ко всем. В данном разделе рассматриваются методологические отличия, относящиеся к переменным и их параметрам. Так как переменные и параметры являются компонентами любой системы независимо от ее эпистемологического уровня, эти эпистемологические отличия применимы к системам всех эпистемологических уровней.

Методологические отличия для переменных и параметров — это характеристики их множеств состояний и, соответственно, параметрических множеств. Если переменная (или параметр) представляет свойство (или базу), то эти свойства не могут быть произвольными. Характеристики, очевидным образом не подходящие свойству или базе, не следует выделять и в соответствующем множестве состояний или параметрическом множестве. Однако некоторые предполагаемые характеристики свойства (или базы), не имеющие отношения к рассматриваемой задаче, также не следует признавать свойствами соответствующей переменной (или параметра).

Во избежание возможных недоразумений приведем следующее замечание для прояснения смысла методологических отличий для самого нижнего эпистемологического уровня — уровня свойств, баз и их абстрактных аналогов (переменных и параметров). Для решения системных задач методологические отличия определяются на нижнем эпистемологическом уровне только для переменных и параметров (как конкретных, так и общих), а не для соответствующих свойств и баз. Таким образом, на нижнем эпистемологическом уровне методологические отличия определены в терминах математических свойств множеств состояний и параметрических множеств. Нужна, разумеется, гарантия, что выделенные свойства отражают фундаментальные характеристики соответствующих свойств и баз. Это, однако, вопрос эмпирический, связанный прежде всего с методикой измерения и не входящий в проблематику решения системных задач.

Всякая переменная связана с одним или несколькими параметрами, и изменения состояний переменной наблюдаются на полном параметрическом множестве. Таким образом, комбинация свойств множества состояний и полного параметрического множества определяет самый элементарный тип методологических отличий.

Если имеется более одного параметра, то полное параметрическое множество представляет собой декартово произведение отдельных параметрических множеств. Для представления распознаваемых свойств этого декартова произведения свойства отдельных параметров должны сочетаться соответствующим образом. Эти свойства полного

параметрического множества (декартового произведения) совместно со свойствами соответствующего множества состояний используются затем для описания элементарного методологического отличия. Если все отдельные параметрические множества имеют одни и те же свойства, то их легко скомбинировать, и полученные общие свойства будут однородны на всем декартовом произведении. Сложнее, когда отдельные параметрические множества имеют разные свойства. В этих случаях по крайней мере некоторые общие свойства не распространяются на все декартово произведение.

Будем сначала для простоты считать, что мы имеем дело с одним параметрическим множеством независимо от того, является оно отдельным параметрическим множеством или декартовым произведением нескольких, и что выделенными свойствами обладают все это множество.

Одним из фундаментальных методологических отличий является *отсутствие математических свойств* у множества состояний или соответствующего параметрического множества. Это крайний случай, и он плохо подходит для переменной (или параметра), предназначенной для представления свойства (или базы) и имеющей явно выраженные и существенные для задачи характеристики. Однако во многих случаях такое предельное методологическое отличие вполне уместно и даже необходимо. Такие, например, переменные как семейное положение (одиноким, женат, разведен, вдовец), политическая принадлежность (демократ, республиканец, независимый), группа крови (*A, B, O, AB*) или пол (мужской, женский), заданные на элементах некой общественной группы, демонстрируют существенность этого методологического отличия. В литературе по измерениям переменные такого рода обычно называют *переменными с номинальной шкалой*.

Наиболее фундаментальным из выделяемых свойств множеств состояний и параметрических множеств является *упорядоченность*. Методологически следует различать два типа упорядоченности — частичную и линейную.

Частичная упорядоченность — это бинарное отношение на множестве (в нашем случае на множестве состояний или параметрическом), являющееся рефлексивным, антисимметричным и транзитивным. *Линейная упорядоченность* сильнее частичной, так как это частичная упорядоченность, обладающая свойством связности (т. е. любая пара элементов множества так или иначе упорядочена). Формально частичная упорядоченность Q , например, множества V_i — это бинарное отношение

$$Q \subset V_i + V_b,$$

удовлетворяющее следующим требованиям:

1. $(x, y) \in Q$ (рефлексивность);
2. если $(x, y) \in Q$ и $(y, x) \in Q$, то $x=y$ (антисимметричность);
3. если $(x, y) \in Q$ и $(y, z) \in Q$, то $(x, z) \in Q$ (транзитивность).

Если $(x, y) \in Q$, то x называется *предшественником* y , а y — *преемником* x . Если $(x, y) \in Q$ и не существует $z \in Q$, такого, что $(x, z) \in Q$ и $(z, x) \in Q$, то x называется *непосредственным предшественником* y , а y — *непосредственным преемником* x . В дополнение к требованиям рефлексивности, антисимметричности и транзитивности отношение линейной упорядоченности удовлетворяет следующему требованию связности: для всех $x, y \in V_b$, если $x \neq y$, то или $(x, y) \in Q$, или $(y, x) \in Q$.

Примерами переменных с частично упорядоченным множеством состояний являются служебное положение или образование человека (определенные, например, на группе государственных служащих). Примерами переменных с линейно упорядоченными множествами состояний являются шкала твердости Мооса, высота как характеристики звука или экзаменационные оценки, определенные на группе студентов. Примером упорядоченности параметрического множества является время. Хотя в большинстве случаев такое упорядочение линейно, имеют смысл и частично упорядоченные временные множества, например при исследовании отдельных пространственно разделенных процессов (таких, как распределенные вычислительные машины, которые обмениваются друг с другом информацией и для которых задержка при передаче сообщения сравнима со временем изменения состояний переменных из отдельных процессов). Полезно определить упорядочение и для некоторых групп. Например, группа людей может быть упорядочена по таким отношениям, как «быть старше», «быть потомком», «занимать более высокое положение по работе». Обычно частичные упорядочения и их существенность зависят от характера группы и всего контекста задачи. Переменные с линейно упорядоченными множествами состояний называются *переменными с упорядоченной шкалой*.

Кроме частичных или линейных упорядочений существуют и другие математические свойства, определение которых для множеств состояний или параметрических множеств оказывается во многих случаях очень полезным. Одним из наиболее существенных свойств является расстояние между парой элементов изучаемого множества. Эта мера определяется функцией, сопоставляющей любой паре элементов этого множества число, определяющее, на каком расстоянии

друг от друга находятся эти элементы с точки зрения некоторого фундаментального упорядочения.

Для данного множества, скажем множества V_i , расстояние определяется функцией δ вида

$$\delta : V_i \times V_i \rightarrow \mathbf{R}.$$

Однако для того, чтобы эта функция отвечала интуитивному представлению о расстоянии, она должна удовлетворять следующим условиям для всех $x, y, z \in eY, -$:

(δ 1) $\delta(x, y) \geq 0$ (условие неотрицательности);

(δ 2) $\delta(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = y$ (условие нулевого расстояния, называемое также условием невырожденности);

(δ 3) $\delta(x, y) = \delta(y, x)$ (симметричность);

(δ 4) $\delta(x, z) \leq \delta(x, y) + \delta(y, z)$ (неравенство треугольника).

Любая функция, удовлетворяющая условиям (δ 1) — (δ 4), называется *метрическим расстоянием* на множестве V_i , а пара (V_i, δ) — *метрическим пространством*. Метрическое расстояние можно, разумеется, определить как на множестве состояний, так и на параметрическом множестве.

Примерами переменных с выраженными и существенными метрическими расстояниями являются почти все переменные в физике, например длина, масса, давление, электрическая проводимость, напряжение, сила звука, однако и помимо физики есть множество примеров таких переменных, скажем, количество денег, объемы производства, число дефектов, число несчастных случаев и т. д. Совершенно очевидно, что и пространство, и время — это параметры, к которым вполне естественно применимо понятие метрического расстояния. Однако редко удается определить метрическое расстояние на группах. Одним из таких примеров является группа студентов, линейно упорядоченная по показателям их успеваемости. При этом расстояние для каждой пары студентов определяется как абсолютное значение разницы между их позициями в упорядоченном списке. Переменные, с множеством состояний которых связано метрическое расстояние, обычно называются *метрическими переменными*.

Еще одним свойством множеств состояний и параметрических множеств, имеющим большое значение как методологическое отличие, является *непрерывность*. Это понятие хорошо известно из математического анализа, и нет необходимости рассматривать его здесь подробно. Тем не менее уместно будет привести несколько замечаний относительно некоторых аспектов непрерывности, которые будут использоваться нами в дальнейшем.

Необходимым условием непрерывности множества является его упорядоченность. Так как линейная упорядоченность является частным случаем частичной упорядоченности, то предпочтительнее определить непрерывность через частичную упорядоченность. Это можно сделать несколькими способами. Одно из определений непрерывного частичного упорядочения опирается на понятие разреза частично упорядоченного множества: *разрез частично упорядоченного множества*, скажем множества V_i , это разделение этого множества на два непустых подмножества, например X и $Y = V_i - X$, такое, что или никакой элемент X не является предшественником (согласно частичному упорядочению, определенному на V_i) никакого элемента из Y и некий элемент Y является предшественником какого-либо элемента X , или никакой элемент из X не является преемником никакого элемента из Y и некоторый элемент Y является преемником некоторого элемента X . *Непрерывное частичное упорядочение V_i* определяется как частичное упорядочение, для которого любой разрез X, Y множества V_i характеризуется неким элементом из X , являющимся предшественником элемента из Y , такого, что или наибольшая верхняя граница X принадлежит Y , или наименьшая нижняя граница Y принадлежит X .

Наилучшим примером непрерывного частичного упорядочения является отношение «меньше или равно», определенное на множестве действительных чисел или на его декартовых произведениях. Фактически само понятие *непрерывной переменной* (или *непрерывного параметра*) опирается на требование, чтобы соответствующее множество состояний (или параметрическое множество) было изоморфно множеству действительных чисел.

Из этого следует, что множество состояний любой непрерывной переменной или параметрическое множество любого параметра бесконечно и несчетно. Тем самым альтернативой непрерывным переменным и параметрам являются переменные и параметры, заданные на конечных множествах или, возможно, на бесконечных счетных множествах. Последние называются *дискретными переменными или параметрами*.

Непрерывные переменные и параметры представляются действительными числами, а их дискретные аналоги удобно представлять целыми числами. Это особенно существенно, если множество состояний или параметрическое множество значений дискретной переменной или параметра линейно упорядочено и, следовательно, изоморфно соответствующим множествам значений целых чисел. Для работы с некоторыми переменными и параметрами могут быть

использованы метрическое расстояние, определяемое естественным образом как абсолютное значение разницы между целыми, а также целая арифметика.

Такие свойства, как упорядоченность, метрическое расстояние и непрерывность множеств состояний и параметрических множеств, представляют основу для определения наиболее существенных методологических отличий на уровне переменных и параметров. Приведем список перенумерованных альтернатив для этих свойств:

<i>Упорядоченность:</i>	0 — упорядоченности нет
	1 — частичная упорядоченность
	2 — линейная упорядоченность
<i>Расстояние:</i>	0 — не определено
	1 — определено
<i>Непрерывность:</i>	0 — дискретно
	1 — непрерывно

Статус любой переменной (или параметра) для этих трех свойств может быть однозначно охарактеризован триплетом

(упорядоченность, расстояние, непрерывность),

в котором каждое свойство представляется его определенным значением (или его идентификатором). Так, например, триплет (2, 1, 0) описывает дискретную переменную с линейно упорядоченным множеством состояний, на котором определено метрическое расстояние.

Хотя данные три свойства в принципе определяют 12 возможных комбинаций, три из них (0, 0, 1), (0, 1, 0) и (0, 1, 1) смысла не имеют. В самом деле, если на множестве не определена упорядоченность, то на нем нельзя ни содержательно определить метрическое расстояние, ни рассматривать его как непрерывное. Таким образом, имеется девять осмысленных комбинаций. Будем называть эти комбинации *методологическими типами* переменных и параметров. Они могут быть частично упорядочены с помощью отношения «быть методологически более определенным чем». На рис. 37,а это частичное упорядочение, образующее решетку, представлено в виде диаграммы Хассе. Упрощенная решетка на рис. 37,б задает схему для свойств упорядоченности и расстояния, но без непрерывности.

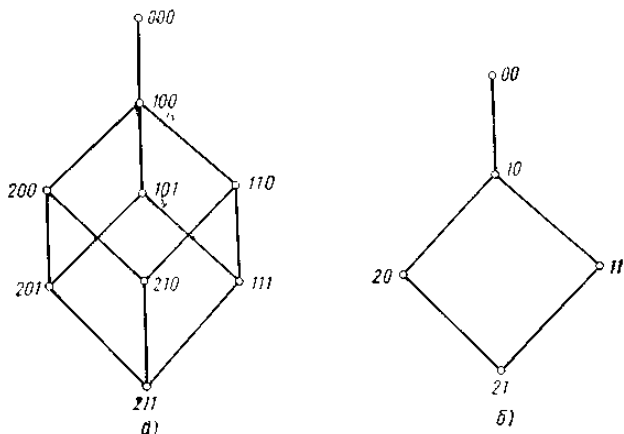


Рис. 37. Решетки методологических типов переменных или параметров

На уровне переменных и параметров методологическое отличие одной переменной представляет собой сочетание методологических типов этой переменной и соответствующих баз. Каждая из них имеет девять типов. Следовательно, если есть только одна база или требуется, чтобы все базы, входящие в комбинацию, имели один методологический тип (наиболее часто встречающийся случай), то число методологических отличий будет равно 81 (так как методологические типы переменных и параметров не накладывают ограничений друг на друга). Если к тому же в нашей схеме будут учитываться только дискретные переменные и параметры, методологические типы которых приведены на рис. 37,б, то число методологических отличий сократится до 25. Решетка методологических отличий для этого случая приведена в таблице.

Теперь предположим, что имеется два или более, например m , параметров. Они могут быть одного, двух, трех (независимо от порядка) и т. д. типов. Предположим, что $m \leq 9$, тогда общее число методологических типов полного параметра определяется суммой

$$\binom{9}{1} + \binom{9}{2} + \dots + \binom{9}{m}.$$

При сочетании этой суммы с девятью методологическими типами переменных мы получим общее число возможных методологических отличий одной переменной и ее параметра, это число определяется формулой

$$9 \times \sum_{i=1}^m \binom{9}{i}$$

Теоретические модели обычно содержат непрерывные функции или бесконечные последовательности, хотя подтверждающие их данные по существу в высшей степени дискретны и конечны.

Т а б л и ц а Р е ш е т к а
методологических отличий для
дискретных переменных
и параметров

Методическое отличие	Непосредственные предшественники в решетке
00/00	10/00 00/10
00/10	10/10 00/20 00/11
00/20	10/20 00/21
00/11	10/11 00/21
00/21	10/21
10/00	20/00 11/00 10/10
10/10	20/10 11/10 10/20 10/11
10/20	20/20 11/20 10/21
10/11	20/11 11/11 10/21
10/21	20/21 11/21
20/00	21/00 20/10
20/10	21/10 20/20 20/11
20/20	21/20 20/21
20/11	21/11 20/21
20/21	21/21
11/00	11/10 21/00
11/10	11/20 11/11 21/10
11/20	11/21 21/20
11/11	11/21 21/11
11/21	21/21
21/00	21/10
21/10	21/20 21/11
21/10	21/21
21/11	21/21
21/21	поле

Как уже говорилось в предыдущем разделе, в формулировку методологических отличий на уровне переменных и параметров входит дихотомия непрерывных и дискретных множеств. В схеме решения задач определены и те, и другие. Однако, если говорить о реализации решаемых задач, то мы будем рассматривать в основном дискретные системы, т. е. системы с дискретными переменными и дискретными параметрами. Мы будем лишь в необходимых случаях касаться вопросов, связанных с непрерывными системами.

Хотя может показаться, что непрерывные системы в равной степени подходят для описания архитектуры решения задач, однако, для этой цели во многих случаях больше подходят дискретные системы. Приведем по этому поводу некоторые соображения:

(I) Независимо от того, считаем ли мы мир по существу дискретным, непрерывным или смешанного типа, факт остается фактом, что с большинством, если не со всеми наблюдениями связана некоторая неисключаемая конечная ошибка. Значение этой ошибки определяет некую конкретную верхнюю границу уровня разрешения для данных, собираемых через определенный канал наблюдения. Это означает, что данные всегда оказываются дискретными независимо от философских убеждений или состояния технологии.

(II) В случаях, когда эмпирические соображения, описанные п (I), оказываются несущественными и желательно использовать непрерывные переменные, всегда можно выбрать определяющий дискретные переменные конечный уровень разрешения, позволяющий аппроксимировать непрерывные переменные с наперед заданной точностью; точно так же можно аппроксимировать и непрерывные параметры. Этот подход был очень наглядно продемонстрирован в ряде работ, в которых показано, что как и классическая, и релятивистская физика могут быть переформулированы в терминах дискретных переменных, и что в этой формулировке могут быть получены результаты, сколь угодно близкие к результатам, полученным в традиционной формулировке, основанной на непрерывных переменных и дифференциальных уравнениях.

(III) В то время как дискретные переменные (и параметры) всегда могут быть заданы так, чтобы аппроксимировать непрерывные переменные с требуемой точностью, непрерывные переменные применимы только к определенному типу свойств (атрибутов). В частности, множество проявлений соответствующих атрибутов должно иметь структуру, изоморфную множеству действительных чисел. Это очень строгое ограничение. Таким образом, область применения

дискретных переменных и параметров оказывается существенно шире области применения их непрерывных аналогов.

(IV) Если явления реального мира и описываются с помощью непрерывных переменных и параметров (обычно в виде набора дифференциальных уравнений), то редко оказывается так, что для работы с этими описаниями удастся использовать методы непрерывной математики. Дифференциальные уравнения, описывающие явления реального мира, обычно или не могут быть решены аналитически (т. е. это нелинейные дифференциальные уравнения), или их аналитическое решение чересчур трудоемко. Следовательно, или по необходимости, или для удобства приходится для их решения использовать численные методы и цифровые вычислительные машины, что, очевидно, требует, чтобы непрерывные переменные и параметры были преобразованы в свои дискретные аналоги.

Обычно при получении научных знаний сначала проводятся эксперименты, дающие дискретные наборы данных. Затем теоретики анализируют эти данные и в классическом духе вводят непрерывные модели. Если уравнения в этих моделях нелинейны, они решаются численными методами на компьютерах, и результатами снова являются дискретные данные. Средний этап этой работы идеологически несовместим с первым и третьим. В самом деле, было бы проще и удобней вывод непрерывной модели заменить выводом дискретной и таким образом совершенно отказаться от понятия бесконечности. Понятие бесконечности и логически следующие из него понятия предела, производной и интеграла приемлемы в чисто математическом исследовании действительных чисел и действительных функций, однако они *не подходят* для моделирования физических понятий и явлений.

(V) Работа с непрерывными переменными и параметрами имеет ряд чисто математических сложностей и ограничений, которые требуют не только более высокой подготовки, но, что еще важнее, затемяют реальные понятия.

(VI) Легко заметить, что характерное для докомпьютерной эры главенство методов непрерывной математики постоянно сокращается с тех пор, как в 1950-х гг. появились первые универсальные цифровые вычислительные машины. Непрерывно возрастающая мощность вычислительных машин превосходит возможности аналитического исчисления. Процесс этот, вероятно, будет продолжаться и дальше, и в результате в системных исследованиях будут доминировать системы, построенные на дискретных переменных.

(VII) В то время как точность созданных человеком непрерывных систем (например, аналоговых вычислительных машин или результатов) ограничена и никакими средствами не может быть поднята выше определенного предела, точность созданных человеком дискретных систем (цифровых компьютеров, регуляторов, систем связи и т. д.) является только вопросом стоимости.

(VIII) Созданные человеком дискретные системы могут быть в силу своей природы спроектированы так, чтобы они обладали свойствами самокоррекции, что невозможно для созданных человеком непрерывных систем.

(IX) Дискретные функции (например, выражающие зависимости переменных от их параметров или от других переменных) более гибки, чем их непрерывные аналоги в смысле способа представления. Это положение хорошо описано Э. Барто: «очень удобно использовать символьные выражения для задания дискретных функций... Можно также определить операторы для этих функций через символьные преобразования этих формул. Однако преимущество использования символьных выражений состоит *не только* в возможности полностью специфицировать функции, как в случае с непрерывными переменными. Дискретные функции могут быть полностью определены списком своих значений, например, с помощью запоминания в памяти ЭВМ так, чтобы «адресам» соответствовали аргументы функции, а «содержанию» — ее значения. Можно также задать алгоритм, входом которого является аргумент функции, а выходом — ее значение... Прimitивные команды, используемые при спецификации алгоритмов (например, цикл или условное ветвление), позволяют кратко определять функции, которые невозможно или очень неудобно определяются с помощью обычных алгебраических средств».

2. Сущность и понятия системологии

В ходе развития научно-технической революции резко возрастает физическое, химическое и биологическое воздействие человека на природу. Чем сильнее такое воздействие, тем эффективнее должны быть и средства управления ими, и первостепенной задачей нашего времени становится уже не только и не столько выбор оптимальных (экономически выгодных) режимов управления, сколько предвидение и предотвращение всевозрастающей опасности возникновения необратимых природных процессов, грозящих существованию человека и вообще жизни на Земле. Едва ли когда-либо ранее перед

человечеством ставилась более сложная и более ответственная задача. Можно спорить о том, когда именно наступят необратимые сдвиги в природе и какими будут их последствия, однако несомненно, что срок, отведенный историей для решения этой сложнейшей проблемы, не так уж велик. В этом свете особое значение приобретают работы по теории систем или системологии (чаще называемой “системным подходом”, который, собственно, и возник в связи с потребностью решения задач подобной степени сложности). Особенно ценны те работы системной ориентации, в которых не только излагаются основные принципы методологии теории систем, но и демонстрируется эффективность системного подхода к решению достаточно сложных и актуальных кибернетических проблем. Излагаемый ниже материал, который базируется на трудах Г.П. Мельникова, является работой как раз такого типа: системной и по предмету, и по духу изложения. Одна из отличительных сторон работ Г.П. Мельникова состоит в попытке изложить суть системологии с единой точки зрения. Для этого он глубоко анализирует понятия, лежащие в основе излагаемой концепции системологии, и показывает, что эти понятия связаны с законами и категориями материалистической диалектики и что системный подход - это лишь доведение до уровня конкретных практических приложений знаний основных законов развития природы.

При изложении системного подхода основное внимание Г. П. Мельников уделяет тому, что объединяет систему в единое целое. Многие авторы при исследовании сложных систем стремятся либо разделить их на более простые части и рассматривать связи между частями как помеху для подобного разделения, либо, наоборот, сосредоточить все внимание лишь на связующих звеньях, на сети отношений (структуре) между частями и элементами целого и объявляют природу связываемых элементов несущественной для становления целостности. В отличие от них, Г. П. Мельников обращает внимание и на структуру целого, и на те свойства, которые возникают в каждом ее элементе благодаря самому факту существования системы как некоторого единства, и на свойства целого, вытекающие из своеобразия свойств элементов, показывая механизмы взаимосогласования всех этих параметров системы, формирующейся при обязательном взаимодействии с внешней средой.

Каждая система, поскольку она существует, должна приобрести свойства, необходимые для противодействия внешним силам (воздействиям других систем), которые стремятся разрушить данную систему. Чем дольше существует система и чем сильнее воздействия,

которым она подвергается, тем в большей мере в системе в целом и в каждом ее элементе должны проявляться свойства взаимосогласованности, выработанные в процессе адаптации. Именно эти свойства имел в виду Гегель, когда говорил, что в капле отражаются свойства океана. Выявление этих общих свойств и обнаружение их первопричины (таящейся в комплексе внешних воздействий), названной Г.П. Мельниковым детерминантой системы, открывает широкие возможности для исследования тех свойств сложных систем, которые, собственно, и делают их “сложными”. Это позволяет по-новому взглянуть на понятие системы и обнаружить такие связи между ее частями и такие особенности ее элементов, о существовании которых нередко трудно и заподозрить. Именно на этом пути Г. П. Мельникову, в результате исследования свойств подавляющего числа языков мира, удалось обнаружить вполне определенные типы зависимостей между грамматикой языка и его фонетикой и создать новую, системную типологию языков, сопоставляя строй языков по особенностям их детерминант.

Подход, развиваемый Г.П. Мельниковым, позволяет достаточно четко определить отличие системного подхода от структурного. **Оказалось, что эти отличия по существу заключены в одном постулате: представления структуралистов базируются на тезисе о том, что существует абсолютно аморфный материал, из которого система (мгновенно) формирует свойства данного элемента системы в соответствии только с его местом в структуре. Согласно системологическим взглядам, абсолютно аморфного материала нет. Каждый материал несет свойства предыдущих систем, в которые он ранее входил и, более того, выработал в процессе адаптации в этих системах способность в той или иной мере сохранять свои приобретенные свойства. Поэтому, когда такой материал служит для образования новой системы, то происходит длительное приспособление старых и формирование новых элементов в ходе адаптации, т. е. в каждый момент времени в каждом элементе системы имеются два рода свойств: первоначальные (материальные), отражающие предысторию материала, и навязанные системой (структурные), определяемые детерминантой системы.**

Затронутые автором вопросы отношений структурного (“логического”, “синтаксического”) и субстанционального (“материального”, “систематического”) в реальных естественных и искусственных системах не только представляют общефилософский интерес, но имеют также весьма важное значение при построении

человекомашинных систем, которые являются основным инструментом решения наиболее сложных научных задач кибернетики.

Для эффективного использования таких систем необходимо прежде всего разделить процесс решения на две части: **предназначенную для машины, формальную, соотносящуюся со структурой исследуемого или конструируемого объекта, с логикой взаимодействия его частей, и содержательную, семантическую, требующую учета не сводимых к структуре особенностей субстанции объекта и поэтому возлагаемую на человека.** При этом главная забота человека заключается в наиболее полном использовании возможностей техники, чтобы оставшаяся на его долю неформализованная часть задачи оказалась посильной реальному коллективу специалистов.

Умение человека неформально выделять формализуемую часть задачи, как и другие способности человека оперировать с неформальными объектами,— одна из величайших загадок природы. Поэтому любая попытка проникнуть в эту тайну или хотя бы наметить подходы к ней имеет большое значение.

Хотя Г.П. Мельников стремится не подчеркивать связь развиваемых им идей с проблемами искусственного интеллекта, однако она вполне определенно ощущается. **При этом Г.П. Мельников концентрирует внимание на центральной проблеме: как мыслит человек, какую роль играет язык в процессе мышления, как мысль облекается в слова в актах общения одного человека с другим, а не на проблемах создания эвристических (человекоподобных) методов решения искусственных игровых задач. В этом отношении проблематика работ Г.П. Мельникова касается разработки принципов построения интегральных роботов (а не эвристического программирования).**

К выявлению этих принципов Г.П. Мельников идет не столько от непосредственного технического экспериментирования, сколько от системной интерпретации богатого семиотического, лингвистического и психологического материала. В связи с этим в работах Г.П. Мельникова большое внимание уделено анализу таких кардинальных вопросов кибернетики, **как истоки способности к формированию механизмов опознания, прогнозирования, знаковой коммуникации и моделирования и оценка возможности использования этих механизмов для содержательного общения человека с машиной и машин между собой.** Для экономного описания типовых компонентов этих процессов Г.П. Мельников **вводит специализированный символический аппарат.**

Изложение предлагаемого в книге содержания отличается фундаментальностью и убедительностью. Однако нужно помнить, что обсуждаемые вопросы относятся к числу достаточно трудных для изложения и понимания, и поэтому читатель должен заранее настроиться на нелегкий труд. Многие места придется перечитывать, над многим поразмыслить, но можно с уверенностью сказать, что усердие читателя по мере углубления в материал книги будет вознаграждено.

Редко встречающийся в научной литературе содержательно-эволюционный, а не формально-логический тип дедукции и вытекающая из него возможность улавливать закономерности там, где раньше виделось лишь случайное нагромождение фактов,— вот далеко не полный перечень того, что может приобрести достаточно усердный и внимательный читатель.

Остановимся теперь подробнее на некоторых частных вопросах, затрагиваемых в работах Г.П. Мельникова, и на оценке методов и результатов их решения.

1. Как ясно из сказанного, методологические аспекты для Г.П. Мельникова не самоцель, он вынужден уделять этой стороне дела серьезное внимание. Именно потому, что достаточно серьезные задачи ставит он перед собой в общекибернетическом плане. Но именно поэтому первая часть работы, посвященная изложению авторской концепции системного подхода, действительно является изложением в достаточной мере целостной концепции.

2. Концепция системного подхода, как уже отмечалось, имеет прежде всего не формально-аксиоматическую, а явно онтологическую, телесную направленность, ориентированную на такую формулировку основных понятий и закономерностей системного подхода, которая допускала бы максимально ясную инженерную, биологическую и психическую интерпретацию и, следовательно, могла быть средством не только описания и осмысления природы реально существующих систем, но и их конструирования, их реализации на вычислительных машинах.

Важно отметить, что диалектическая природа основных законов системологии, представленных в концепции Г.П. Мельникова, не просто декларируется, а демонстрируется.

На основе учета принципов диалектического развития Г.П. Мельников выявляет природу содержательного общения человека с машиной, эти же принципы используются в методологической части

работы при введении исходных понятий системного подхода. Эти понятия не просто берутся в качестве неопределяемых, как это принято при построении аксиоматических теорий, а развиваются и углубляются по мере их использования путем ретроспекции через понятия, производные от первых. Эта творческая кухня, обычно стыдливо скрываемая в публикациях, выглядит очень естественной в рассуждениях Г.П. Мельникова. Это дает ему возможность обрести опору при обсуждении вопроса о том, каковы пределы допустимой формализации системного подхода и что принципиально должно опираться на учет законов развития и законов противоречия, через реализацию которых можно создать автомат, наделенный способностью осуществлять хотя бы элементарные творческие акты, без чего планы на содержательное общение человека с машиной обречены на неудачу.

3. Следует заметить, что если читатель не разделяет исходных диалектических убеждений Г.П. Мельникова, то и полученные на их основе выводы могут показаться неубедительными. Тот факт, что для решения многих кибернетических задач необходимо, чтобы автомат мог осуществлять творческие акты, ни у кого не вызывает сомнения. Менее очевидно, что для этого следует заниматься не столько разработкой чисто формальных алгоритмов поведения автомата, сколько искать пути решения проблемы на пути кибернетизации законов диалектического противоречия.

Однако напомним в связи с этим, что известная серия отрицательных результатов, относящихся к возможностям содержательных аксиоматических теорий, говорит о том, что дедуктивным путем из постулатов таких теорий не может быть выведено содержательно что-либо большее, чем то, что подразумевалось в постулатах. Таким образом, творческий акт принципиально связан с выбором самих постулатов из имеющихся в наличии знаний. Этот выбор осуществляется в рамках индукции.

Как показал в своих последних работах Л. В. Крушинский, изучающий интеллект животных, самым простым творческим актом животного является такое использование наличного опыта, которое приводит к выявлению обобщения типа постулирования элементарного закона природы как нетривиальной гипотезы об устройстве мира, не содержащейся в явном виде в предшествующем опыте, но позволяющей животному взаимодействовать с внешним миром более целесообразно.

Если суть индуктивного творческого акта заключается в этом, а мы, конструируя автомат, желаем, чтобы его интеллектуальный уровень

был по крайней мере равен интеллектуальному уровню животного, то необходимо проверить, можно ли чисто формальным путем, на основе исходной экспериментальной информации, постулировать гипотезу, т. е. выдвинуть постулат, вскрывающий нетривиальную информацию в исходных данных. Положительный или отрицательный результат такой проверки имеет принципиальное значение для выбора путей решения проблемы искусственного интеллекта.

Г.П. Мельников исходит из второго, отрицательного ответа на данный вопрос, формально этого не обосновывая. Но, как выяснилось в дальнейшем, эти, опирающиеся на чисто качественные соображения, исходные представления Г.П. Мельникова справедливы и в некотором точно определенном смысле. К. Ф. Самохваловым доказана теорема, выводы из которой дают прямой ответ на обсуждаемый вопрос.

4. Таким образом, принципиальная необходимость выйти за пределы формальной логики при разработке принципов индуктивного обобщения, без которого невозможно содержательное человеко-машинное общение, имеет строгое обоснование. Однако из этого Г.П. Мельников отнюдь не делает вывода о принципиальной бесполезности использования формального аппарата при решении наиболее сложных кибернетических задач. Напротив, четко противопоставляя телесность, субстанциальность технических и природных систем бестелесности их структурных моделей, он ясно очерчивает тот круг явлений, описание и конструирование которых может и должно опираться, в первую очередь, на строгий формальный аппарат логики и математики в современном понимании этих терминов. Этот круг ограничивается глубоко адаптированными системами. Через это ключевое для излагаемой концепции представление о сущности адаптивности Г.П. Мельников показывает, что само понятие формального имеет немалые резервы расширения без утраты строгости. В связи с этим интересно отметить попытки обогащения оснований математики, разработку более богатых и необычных с традиционной точки зрения теорий, направленных на учет онтологии исследуемых сущностей.

5. Методологическое обоснование и глубокое значение этих работ для обогащения арсенала самих принципов построения формальных теорий ясно интерпретируется в терминах соотношения между формализуемым и неформализуемым, рассматриваемого в системологической концепции. Очень важно, что Г.П. Мельников доказывает физическую реализуемость того, что не доступно строгой формализации, и благодаря этому четко противопоставляет не только телесный объект его структурной модели, по и собственно содержательное в коммуникации — любым техническим

коммуникативным единицам, несмотря на то, что и то и другое воплощено в субстанцию модели или в нейроны мозга. Это даст возможность систематизировать исходные понятия семиотики, показать внутреннюю связь и принципиальную противоположность между знаком и его значением, между значением и смыслом, между мыслительными и собственно языковыми процессами, между естественными и искусственными языками.

Особенно принципиально положение Г.П. Мельникова о том, что чем глубже адаптация даже неживого, физического объекта, тем в большей мере ему присуща природная предрасположенность к такому взаимодействию с внешней средой, которое, может рассматриваться как хотя и примитивный, но акт опознания, акт.

2.1. Исходные понятия системологии

Начальные понятия и представления. Выявим в качестве элементарных начальных те понятия, которые опираются на представления, формирующиеся с первых актов взаимодействия индивида (субъекта) со средой, и подтверждаются и уточняются в течение всей его жизни, так как человеку необходимо регулярно и практически неограниченное число раз повторять эти акты для удовлетворения первейших жизненных потребностей.

Будем исходить из того, что от природы человек наделен рецепторами — органами чувств и что практически даже в своих неосознанных действиях он руководствуется представлениями о том, что возникающие в рецепторах *ощущения* есть следствия определенных *свойств* (например, качеств) того, с чем *взаимодействуют* рецепторы. Благодаря этой врожденной способности обнаруживать *различие свойств* субъект может в большинстве реальных ситуаций отличать, где кончается “Я” и начинается “НЕ-Я”, т. е. *внешний мир*, где проходит граница между “Я” и “НЕ-Я”. Этот еще очень низкий уровень рефлексии достаточен, тем не менее, для того, чтобы во внешнем мире, по различению свойств, субъект мог выделять *объекты*, обнаруживать их границы, противопоставлять *объекты* *среде*.

Этот уровень рефлексии есть, по-видимому, уже у объектов, которые, в привычном представлении, трудно отнести не только к разряду субъектов, но и к разряду существ. Возьмем, например, растения, в частности, вьющиеся, такие как хмель, виноград, огурцы и

т. д. Они не имеют жесткого ствола и поднимаются вверх только за счет того, что цепляются за достаточно прочные высокие предметы (стволы кустов и деревьев и т. д.). Но чтобы зацепиться за них, эти растения сначала выпускают в “разведку” специальные щупальца — “усики”. Эти усики поворачиваются в пространстве как хоботочки, постепенно удлиняясь для “обзора” все большего участка среды, пока не наткнутся в этой среде на объект, за который растение могло бы зацепиться.

Но замечательна при этом не только способность растения отличать объект от среды. Усик постоянно имеет вероятность нащупать объект, который является самим этим растением: основным стволом, веткой, листом, другим усиком. И вот тут срабатывают механизмы; различия “Я” и “НЕ-Я”: если усик наткнулся на “Я”, то он отдергивается от такого “необъекта” и продолжает поиск другого объекта, который действительно есть “НЕ-Я”. Естественно, что у животных, наделенных нервной системой, и, тем более, у человека эти врожденные способности отличить “Я”, “Не-Я”, “среда”, “объект”, “граница” представлены во много раз сильнее. При этом, когда мы говорим о человеке, нельзя забывать, что речь идет не о подкидыше, вырастающем (неизвестно, каким образом) на необитаемом острове, а о социальном субъекте, воспитываемом в человеческом коллективе со сложившейся социальной культурой и техникой.

Поэтому формирующийся человек и во внешнем “вещном” мире встречается с очеловеченной природой: объекты содержат в себе “концентрат” опыта предшественников, зафиксированный результат длительного выявления свойств природы в процессе их согласования с человеческими потребностями. Следовательно, субъективное сознание человека, вырастающего в коллективе, оказывается, несмотря на субъективность, в высокой степени объективным и социальным, отражающим через личный опыт и “снятый” опыт общества.

Это впервые осознанное Гегелем положение получило дальнейшее развитие в материалистической диалектике. Человек и в своей индивидуальности глубоко социален, ибо “даже предметы простейшей “чувственной достоверности” даны ему только благодаря общественному развитию, благодаря промышленности и торговым отношениям”.

Постепенно развивающийся субъект становится способным проводить все более тонкие различия таких характеристик внешнего мира, как “тот же объект”, “другой объект”, “такой же объект”, “не такой (иной) объект”, с учетом обстоятельств, в которых необходимо

это различие. Противопоставление объектов среде, “ощупывание” границ объектов и сопоставление объектов друг с другом обостряет врожденное чувство различения свойств и выявления среди самих свойств двух наиболее сильно различающихся разновидностей: **свойств, на основе которых вскрывается наличие границ, и свойств, которые обнаруживаются только после того, как начинают детально “ощупываться” сами границы.** Первые могут выявляться в отвлечении от показаний тех органов чувств, которые позволяют обнаруживать *пространственно-временные* характеристики внешнего мира, вторые, наоборот, опираются прежде всего на показания пространственно-временных рецепторов и используют показания остальных органов чувств лишь для того, чтобы оставаться на исследуемой границе.

Свойства первой разновидности условимся пока называть *качественными*, а второй - *граничными*, имея в виду, что вторые характеризуют прежде всего пространственные и временные ограничения на определенные качественные свойства, например, ограничения, задающие пространственную форму объекта.

Простейшими видами граничных свойств не одного, а совокупности объектов являются такие, как касание пары объектов (прямой контакт), нахождение объекта между другими объектами, наличие многих объектов между парой других объектов (т. е. *последовательное* расположение объектов во времени или в пространстве), а также касание через посредника (*косвенный контакт*). Очевидно, все эти граничные свойства могут проявлять себя в объектах с различными качественными свойствами.

В философской литературе “качественные свойства” анализируются чаще всего в связи с проблемой различного понимания “вторичных качеств” Демокритом и Локком.

По отношению к учению Аристотеля “качественные свойства” это скорее всего “пассивные качества”, а в диалектике Гегеля этому понятию в наибольшей мере соответствует категория “качества”. Там, где допускает контекст, мы тоже вместо термина “качественное свойство” будем говорить просто о “качестве” объектов.

“Граничные свойства” наиболее близки к “первичным качествам” Демокрита и Локка (но не во всем тождественны им; напомним, что понимание первичных качеств Демокритом и Локком тоже существенно различается). “Граничные свойства” соотносимы с аристотелевскими “общими качествами”, а в гегелевской диалектике они во многих отношениях перекликаются с категориями “количества” и “формы”, поэтому нам еще предстоит более детально рассмотреть

вопрос о том, что такое свойство.

Идя от среды к объекту, **субъект обнаруживает объект как нарушение качественного свойства, как возникновение неоднородности качества.** И в этом случае граница объекта воспринимается как *внутренняя граница среды*, как *граница в среде*. Но после того, как объект выявлен, субъект переходит от объекта к среде, и тогда граница воспринимается как внешняя граница объекта, как *граница на объекте*.

Восприятие объектов только в противопоставлении среде и друг другу является такой фазой их познания и освоения, когда они представляются лишь как неделимые *целостности*, как наличные среде носители своих свойств; **среда** при этом есть только антипод всем объектам, и поэтому она также **неделима**, обладает, как **некоторая целостность**, присущими лишь ей качественными свойствами на фоне свойств находящихся в ней объектов. **Следующим шагом в детализации восприятия мира является, по-видимому, установление того, что и среда — не всегда одна и та же, что существует и “та же среда”, и “другая среда”, “среда такая же” и “среда иная”.** Появляется представление о *внешней границе среды*, причем **отличие, подобие и тождество** сред может быть и качественным и количественным, т. е. и среда может иметь различные внешние границы при совпадении качественных свойств или, наоборот, восприниматься как носитель разных качественных свойств, несмотря на тождество внешних границ. Устанавливается при этом, что не только в одной среде могут быть разные объекты, но и один объект может попадать в разную среду.

Установление этого факта приводит к ослаблению абсолютизации противопоставления объектов среде, и в определенных ситуациях субъект начинает рассматривать целостный объект в среде тоже как среду, но уже как другую среду. Тогда в этой среде, т. е. в границах целостного объекта, могут быть обнаружены различающиеся по своим качествам новые объекты, **“объекты в объектах”**, в которых, благодаря их качественному отличию друг от друга, также выявляются границы. Многократное наблюдение таких “объектов в объекте” приводит к выработке представлений об относительности целостности объектов, о нарушении однородности качеств в объекте, о существовании не только внешней, но и внутренних границ объекта, о необходимости различать в целостности две такие противоположности, как *часть* и *целое*, и о возможности в целом выделять части с их границами, не нарушая целостности. Условием осуществления этой процедуры оказывается осмысление того факта, что **частям целого**

присущи не только качества и границы, но еще и связи, т. е. нарушения границ. Целостность целого оказывается, в различных условиях его нахождения, конкретной разновидностью такой целостности, которая выражает связность частей, и тогда сохранность границ целого осознается как следствие нарушения границ частей. После приобретения навыков обнаруживать целостности в виде связности, выявлять связи, обеспечивающие связность, субъект начинает различать свойства не только у объектов, но и у самих связей, устанавливать, имеет он перед собой “ту же связь”, “другую связь”, “такую же связь” или “не такую (иную) связь”. Следовательно, **представление о качественных и о граничных свойствах распространяется и на сами связи.**

Терминологические уточнения и сложные исходные понятия.

Мы обосновали (но не строго, не формально) выбор понятий “первой необходимости”, элементарных начальных понятий. Эти понятия будут использоваться в дальнейшем не только сами по себе, но и в некоторых часто встречающихся комбинациях, которые так же, как и начальные, послужат средством пояснения других понятий. Но прежде чем переходить к новым, производным понятиям, введем ряд терминологических условностей.

Объекты, о которых можно сказать, что это “такие же” объекты, а не многократное наблюдение “одного и того же” объекта, будем называть *экземплярами объектов одного и того же типа*. Следовательно, если один объект по отношению к другому нельзя назвать “таким же”, а можно считать лишь “иным”, то эти объекты принадлежат к *различным типам объектов*. Соответственно будем говорить об экземплярах и о типах среды, связей и частей объекта. Если объект рассматривается как целое, а в этом целом выделяются части, то условимся говорить о частях как об *элементах* объекта. Так, на рис. 1 части *А, Б, В, Г* и *Д* объекта *М* являются его элементами.

Если нет потребности детализировать что имеется в виду (элементы или связи между элементами объекта), будем пользоваться термином *компоненты* объекта. Состав компонентов на рис. 1: *А, Б, В, Г, Д; аб, ав, вб, бг, вд, гд.*

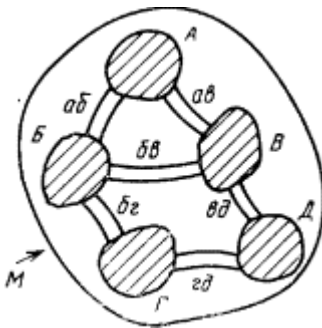


Рис. 1. Объект М, его элементы и связи

Если элементы объекта рассматриваются вне зависимости от того, как они связаны между собой в этом объекте, и поэтому сопоставляются просто как самостоятельные целостности вне целого, то мы будем говорить о *составе элементов* данного объекта. Состав элементов объекта может быть охарактеризован перечнем типов элементов, входящих в данный объект, перечнем элементов каждого из типов либо перечнем элементов, независимо от их принадлежности к тому или иному типу.

Соответственно можно пользоваться понятиями: состав связей объекта, состав качеств, состав граничных свойств и т. д. Связи объекта нередко необходимо рассматривать не просто как сумму *особых компонентов*, а в их непосредственной роли: как связующие компоненты, конкретным образом расположенные между элементами. В этом случае мы будем говорить не о составе, а о *сети связей* объекта, *обеспечивающей* связность.

Ту среду, исследуя которую, субъект воспринимает как неоднородную и обнаруживает в ней, благодаря этому, заинтересовавшие его объекты, удобно назвать *средой нулевого уровня*, или *средой нулевого ранга*. Тогда объекты, рассматриваемые в среде нулевого уровня как самостоятельные целостности, будут представлять собой *объекты нулевого уровня*. Если сами эти объекты нулевого уровня становятся для субъекта средой, то это уже среда *первого (более высокого) уровня*. Объекты, выявленные в среде первого уровня, суть объекты первого уровня, представляющего собой, по отношению к объектам нулевого уровня, элементы первого (более высокого) уровня. В элементах как в среде первого (более высокого) уровня соответственно могут быть выявлены объекты *второго (более высокого) уровня* и т. д. Естественно, что понятие уровня приложимо к любому компоненту

объекта, т. е. не только к его элементам, но и к его связям. Так, в отличие от греческих атомистов, признававших существование буквальных, т. е. далее неделимых атомов, которым отказывали в наличии каких бы то ни было свойств, кроме формы, мы исходим из понятия о *безграничности уровней* материи вглубь, в результате чего, например, “электрон так же неисчерпаем, как и атом”.

Структура и функция объекта.

Связность объекта выражается, как уже отмечалось, в том, что его элементы включены в сеть связей друг с другом. Будем называть *схему сети связей* между элементами объекта *структурой* этого объекта. Так, на рис. 2 представлена структура рассмотренного ранее (рис. 1) объекта М.

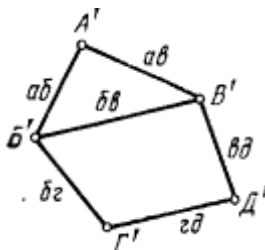


Рис. 2. Структура рассмотренного ранее (рис. 1) объекта М.

Если учесть, что между любой парой объектов могут возникать связи нескольких типов, например, связи разных качеств, то следует признать, что в одном и том же связанном объекте может обнаруживаться несколько структур, в зависимости от того, о сети связей какого из типов идет речь. Сама связь по существу есть не что иное, как *ограниченное* (введенное в границы) *нарушение границ между частями объекта*. Следовательно, сеть связей характеризует качества нарушений границ и граничные свойства этих нарушений. Структура же является *производным граничным свойством* сети связей между частями объекта и, как любое граничное свойство, может рассматриваться в отвлечении от качественных свойств этих границ, т. е. практически на примере границ между какими угодно качествами, только как схема. Следовательно, **два объекта имеют одну и ту же структуру, если неразличимы такие их граничные свойства, как**

схема связей между элементами сравнимых объектов, независимо от того, к одному или разным типам относятся как элементы этих объектов, так и связи по своим качествам. При этом следует обратить внимание на существование по крайней мере двух разновидностей структур как выразителей схемы сети связей между элементами объекта. Если на схеме отражаются и учитываются все пространственные или временные граничные свойства связей, то назовем ее *полной структурой*. Полная структура характеризует полные внутренние пространственные или временные особенности объекта. На такой схеме должна быть отражена и внешняя граница объекта и все его внутренние границы, т. е. границы элементов. Например более полная, чем на рис. 1, структура объекта *М* представлена на рис. 3. Но схема сети связей может также отражать только факты контактирования связей через посредничество элементов. Тогда не будут отражаться границы целого, и каждый элемент на схеме будет рассматриваться как точка, представляющая собой, чаще всего, *узел связей в структуре*. Эту вторую разновидность структур, если не сделаны оговорки, мы будем иметь в виду в дальнейшем. Назовем ее *структурой связности*. Структура объекта *М* на рис. 2 должна расцениваться как структура связности.

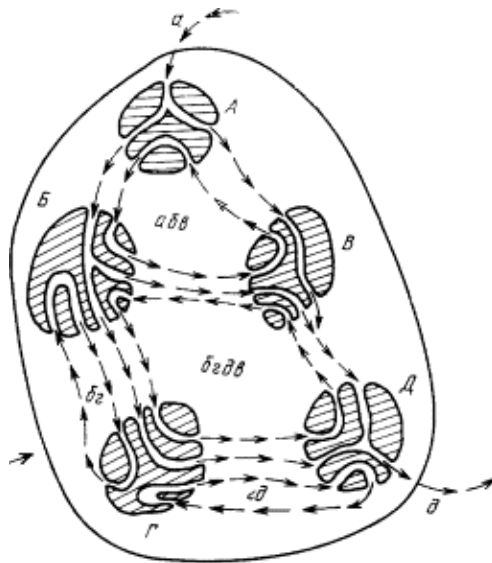


Рис. 3.

Пока в объекте не выделены части и, следовательно, не обнаружена сеть связей между ними, до тех пор в число его свойств, характеризующих целостность, входит только наличие внешней границы, определенной на основе обнаружения однородности качества. Если же части выделены, то кроме такого граничного свойства, как внешняя граница, у объекта появляются внутренние границы и производное граничное свойство — структура.

Но есть ли у объекта производные граничные свойства, если он рассматривается как неделимая целостность? Соответственно имеет ли производные граничные свойства и элемент объекта, если он рассматривается как далее неделимая целостность более высокого уровня? Важнейшим из таких граничных свойств является *функция*. Поясним это понятие, исходя из математического определения функции.

Если воспользоваться представлениями и терминами теории множеств, то, выделив в составе элементов некоторого объекта определенный элемент, мы будем вправе рассматривать его как самостоятельное множество (в данном случае единичное), противопоставленное остальным элементам этого состава как второму самостоятельному множеству. Так как элементы этого состава входят в сеть связей объекта, имеющую вполне определенную структуру, то для любой пары элементов объекта можно установить, связаны они или не связаны. Связанные элементы будем считать “поставленными в соответствие”. Тогда мы получаем возможность определить, какие элементы второго множества поставлены в соответствие элементу первого (единичного) множества, т. е. как на первое множество отображено второе. Как известно, такое **отображение одного множества на другое по определению является функцией**. Следовательно, мы имеем право рассматривать узел связи структуры связности, который соответствует вхождению любого элемента объекта в сеть связей объекта, как *функцию* этого *элемента* в объекте. Например, узел Б' в структуре связности объекта М (рис. 2) отражает функцию элемента Б этого объекта (рис. 1 и 3). Следовательно, если **выявлена структура связности объекта, то тем самым установлены функции всех его элементов**. Однако если известна только функция элемента, то мы еще ничего не знаем о том, сети связей какого качества соответствует эта функция и даже каковы граничные свойства элемента, ибо на структуре связности элемент представлен лишь точкой в узле схемы. Поэтому при решении конкретных задач знания функции элемента может оказаться недостаточно для выявления даже одних граничных свойств, не говоря

уж о качественных. Но в то же время чаще всего знание функции необходимо. Естественно, что понятие функции приложимо к элементам на уровне любой высоты. Но пока менее очевидно, что и объект как целое, как единица нулевого уровня, может иметь свою функцию.

Альтитуда, общая и частные функции объекта

Осознание того факта, что среда бывает “та же” и “не та же”, позволило рассматривать объект как среду, иную, чем та, в которой находится сам этот объект, и выявить **элементы, их границы, связи и функции**. Но не менее обосновано движение мысли и в обратном направлении: не может ли быть среда, окружающая данный объект, просто другим объектом в том же смысле, в каком этот объект нулевого уровня является другой средой по сравнению со средой его окружающей. Иначе, **не может ли среда, окружающая исходный объект, быть тоже объектом, но более высокого уровня, чем исходный?**

По-видимому, это **возможно** при том условии, что существует и среда более высокого уровня, в окружении которой объект более высокого уровня имеет свою целостность. Но такой объект не может быть сведенным к объекту нулевого уровня, ибо тогда и среда более высокого уровня совпала бы со средой объекта нулевого уровня, т. е. ни среды, ни объекта более высокого уровня не было бы. Таким образом, объект более высокого уровня, поскольку он вначале воспринимается как среда, должен включать в себя объект нулевого уровня, но в то же время не сводиться к этому единственному объекту. Следовательно, он должен иметь в качестве своих частей несколько (но крайней мере, два) объекта нулевого уровня. А так как этот объект более высокого уровня оказывается и целостным, и состоящим из своих частей — элементов нулевого уровня, то он не может не быть связным, не может не иметь сети связей, в узлах которой находятся элементы исходного нулевого уровня. Естественно назвать такой более высокий уровень первым и говорить о структуре первого (более высокого) уровня объекта в среде первого (более высокого) уровня и т. д. Поскольку исходный объект нулевого уровня находится в узле связей как одна из частей объекта более высокого уровня, то мы вправе говорить не только о границах, связях и функциях элементов исходного объекта, но и о границе, связях и функции самого этого объекта в объекте более высокого уровня. Таким образом, все введенные понятия получают смысл по отношению к уровням не

только любой глубины, но и любой высоты. В конкретных задачах бывает необходимо рассматривать явление не “вообще”, а на определенном количестве уровней. Поэтому иногда нужно указывать, какова сумма рассматриваемых уровней, как более высоких, так и более глубоких по отношению к нулевому. Эту количественную характеристику суммы уровней условимся называть *альтитудой*. Латинское слово “альтитуда” обозначает расстояние в вертикальном направлении от одной крайней точки до другой независимо от того, измеряется высота или глубина. Поэтому, если рассмотрению подлежит, например, некоторый объект до третьего уровня в высоту и до второго уровня в глубину, то альтитуда его равна шести уровням ($Y_{+3}+Y_{+2}+Y_{+1}+Y_0+Y_{-1}+Y_{-2}$), точно так же, как если бы мы имели дело с явлением от нулевого уровня до пятого в глубину ($Y_0+Y_{-1}+Y_{-2}+Y_{-3}+Y_{-4}+Y_{-5}$).

Очень часто необходимо анализировать явления, ограничиваясь альтитудой в три уровня: нулевой плюс один в высоту и плюс один в глубину. Например, объект рассматривается как единица нулевого уровня в сети связей с другими такими же единицами. Эта сеть связей относится к объекту первого высокого уровня. Если назвать его *над-объектом*, то рассматриваемый объект как целое имеет свою функцию в сети связей между частями надобъекта. Но в то же время элементы объекта являются представителями первого из высоких уровней, и каждый из них имеет в сети связей друг с другом свою функцию. Условимся в этом случае называть функцию объекта в надобъекте его *общей функцией*, а функции каждого из элементов этого объекта - *частными функциями объекта*.

Теперь возникает закономерный вопрос: есть ли какая-либо принципиальная разница между связями, которые задают общую функцию объекта, и связями, которые задают его частные функции? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо углубить наши представления о том, что такое связь и свойство. Но для этого нам придется воспользоваться рефлексивной методикой введения элементарных понятий не только как средством определения того, какие понятия считать начальными, но и как способом уточнения понятий, введенных на более ранней ступени рефлексии, через понятия, введенные на основе первых. С формальной точки зрения такой прием совершенно недопустим, как недопустимо предположить, что камни фундамента строящегося здания, являясь опорой для камней верхних уровней кладки, в конечном счете сами опираются на эти камни верхних уровней. Однако нетрудно заметить, что вводимые нами понятия более высоких уровней в основном не просто

оказывались комбинациями начальных понятий нижележащих уровней, как это имеет место в строгих аксиоматических теориях. Понятия, на которые с формальной точки зрения опираются другие понятия, служат у нас в значительной мере лишь “затравкой” для мобилизации представлений, на которые новые понятия опираются фактически. Следовательно, информация, содержащаяся в понятиях более высоких уровней рефлексии, не исчерпывается информацией, содержащейся в тех понятиях, через которые даются определения и пояснения, и накопленная таким образом новая информация и делает возможным уточнить через “выводимые” понятия сами первоисходные, “выводящие” понятия.

2.2. Рефлексивное развитие введенных понятий

Рефлексивное переосмысление связи как обмена и потоковое истолкование связности.

Для более глубокого осмысления понятия связи следует задуматься над следующим: когда мы начинаем убеждаться в том, что два каких-либо объекта действительно находятся в связи? Представим вначале, что мы наблюдаем за такими объектами, как три племени аборигенов: *A*, *B* и *C*. Если мы говорим кому-либо о том, что племя *A* тесно связано с племенем *B* и почти не связано с племенем *C*, то фактически мы имеем в виду, что племя *A* *обменивается* чем-либо с племенем *B* и почти ничем — с племенем *C*. Например, племена *A* и *B* передают друг другу избытки своей продукции; девушки племени *A* могут стать женами юношей племени *B*; в случае необходимости воины одного племени могут влиться в число воинов другого и т. п., тогда как с племенем *C* племя *A* никаких подобных обменов не производит. Иными словами, все, что мы реально осмысляем как связи между наблюдаемыми объектами, проявляет себя как *обмен* этих объектов элементами своих глубоких (высоких) уровней, как их обязательное *движение*, благодаря которому элементы выходят из границ одного объекта и попадают в границы другого, в чем и проявляется природа связи как нарушения границ. При этом обмен может быть эпизодическим, периодическим или непрерывным, односторонним или взаимным, но все равно он остается **обменом, движением, переходом через границы**. Сказанное в равной мере относится к **связям биологическим, химическим и физическим** ибо и они основаны на обмене по крайней мере фотоном — минимальным квантом энергии. Это дает нам право в дальнейшем опираться на весьма

262

правдоподобную гипотезу, что *любая связь между любыми объектами есть процесс, есть проявление движения как обмена между этими объектами, где обмениваемыми единицами являются элементы определенных глубоких (высоких) уровней связанных объектов.*

Такое представление о причинах связей и взаимодействий явлений фактически опирается, в свою очередь, на гипотезу о том, что все материальные тела являются "искателями" и "втягивателями" тел более глубоких (высоких) уровней. Эта гипотеза прямо перекликается с идеями Демокрита и Эпикура о способности всех объектов к "истечению". Но идеи греческих атомистов не получили широкой поддержки потому, что таинственным представлялось взаимодействие первичных атомов в исходной пустоте. Представления Эпикура о "спонтанных отклонениях" атомов от "прямой линии" не спасали положения, ибо это противоречило исходному положению об отсутствии у атомов каких-либо качеств (кроме тяжести в атомах Эпикура). Признание безграничности числа уровней освобождает идею "истечения" от названных несогласованностей. При этом получает наглядность гегелевское утверждение о "нераздельности" конечного и бесконечного, которое истолковывается как "вообще бесконечность материи вглубь". Идею "истечений" находим мы и у Канта, когда он "определяет силу притяжения как проникающую силу, благодаря которой одна материя может непосредственно действовать на части другой и за поверхностью соприкосновения"... Но, как показал Гегель, эти идеи Канта непоследовательны в том отношении, что "материя" и "силы" противопоставлены друг другу: силы нематериальны, с их помощью материя "уже готовая, лишь приводится в движение". В рассматриваемой схеме **любое истечение материальных объектов есть поток материальных же объектов, а движение, перемещение с полной наглядностью оказывается основой и стабилизации связей, и изменения характеристик объектов**, что соответствует диалектическому пониманию категории движения как неотъемлемого атрибута материи.

Понимание природы **связей как обменных процессов** позволяет убедиться в том, что введенные выше понятия качественных свойств связи и граничных свойств связи — это не просто внешняя аналогия понятию качества объекта и граничных свойств объекта. Так как любой элемент на определенном уровне рассмотрения сам есть объект со своими качествами, и основой связи являются обмениваемые элементы, то связь не может не зависеть от особенностей своих элементов и, следовательно, от их качества. А так как элементы

движутся, перемещаются, занимают на пути от одной границы к другой вполне определенные участки пространства в определенные интервалы времени, то пространственно-временные характеристики связи, т. е. ее граничные свойства, также получают вполне ясную онтологическую интерпретацию. **Связь как нарушение границы может характеризоваться видом нарушения.** Если определенные обменные потоки истекают из объекта, проходя более или менее равномерно через все точки границы объекта (или втекают в любом месте границы), тогда как для обменных элементов другого типа эта граница непроницаема (что и дает основание обнаружить наличие границы объекта в пространстве и во времени), то контуры границы есть одновременно и контуры ее нарушения. Следовательно, **граничные свойства объекта совпадают с граничными свойствами связи.** Так, противоположные явления (граница и “неграница”, т. е. ее нарушение) оказываются представленными в своем единстве. В частности, это **единство разделения и связи** проявляется тогда, когда **два объекта находятся в контакте** и в то же время, благодаря диффузии элементов глубокого (высокого) уровня, они взаимосвязаны обменными элементами. Если же связь осуществляется как следствие не диффузных, а локальных нарушений границ объектов, то граничные свойства объекта и граничные **свойства его связей контактируют в точках превращения одного в другое, но не совпадают.** Именно в этом случае мы можем говорить о контакте связей через элементы объекта и рассматривать структуру связности объекта (рис. 1 и 2).

Но при диффузной связи и при контактировании элементов объекта, когда граничные свойства связей совпадают с граничными свойствами связывающихся элементов объекта, структура связности уже не отличается от полной структуры, т. е. от структуры, отражающей и граничные свойства объекта. На такой схеме можно изобразить, например, способы контактирования клеток в живой ткани, способы кладки кирпичей при сооружении стены и так далее. Условимся называть такие схемы связей между примыкающими друг к другу (как, например, ячейки пчелиных сот) частями целостного объекта *ячейстыми структурами.*

К граничным свойствам связей должны быть отнесены разнообразные параметры связи как **процесса обмена: интенсивность, направленность, взаимность, скорость, закон изменения интенсивности, место истечения объекта обмениваемыми элементами** и т. д. В частности, если в некотором масштабе времени за каждый измеряемый интервал времени между объектами проходит такое количество элементов связи, что целесообразно измерять эти

элементы не числом штук, а числом мерок, но отношению к “объему” которых отдельный элемент может рассматриваться как пренебрежимо малая величина, то связь можно назвать *обменным потоком*.

На основе представлений об обменных потоках вернемся к понятию связности.

Очевидно, мы можем ощущать объект как связный лишь при условии, что обменные потоки, образуя сеть связей между элементами объекта, обладают (в масштабах наблюдаемых интервалов времени и пространства) “балансными” инвариантными характеристиками: потоки должны быть *внутренне замкнутыми*, образовывать *циклы*. Таковы потоки *абв*, *бвгд*, *бг*, *гд* на рис. 3. Если же какие-либо потоки втекают в объект и вытекают из него, то общий приток должен быть сбалансирован оттоком, как например, *а* и *д* на рис. 3. В этом выражается баланс не замкнутых, а проточных потоков. Следовательно, говоря о функции элемента как о структурной характеристике связного объекта, мы подсознательно уже опирались на представление о балансной инвариантности потоков сети связей между элементами этого объекта. Практически невероятно, чтобы совершенно случайные связи объекта, представляющие собой притоки и оттоки соответствующих обменных элементов, оказались также случайно сбалансированными в объекте и поэтому — устойчивыми. Но тогда необходимо предположить, что если такой баланс все-таки имеет место, то он является следствием замкнутости притекающих и оттекающих потоков вне рассматриваемого объекта. А это и должно означать, что существует объект более высокого уровня, надобъект, который, являясь целостным, обладает связностью, и именно поэтому обменные потоки связи его частей должны быть тоже сбалансированы. По крайней мере некоторые из потоков не могут не быть замкнутыми; тогда баланс притоков и оттоков исходного объекта, например *а* и *д* на рис. 3, объясняется прежде всего тем, что исходный объект *М* включен в структуру замкнутых циклов обменных потоков связан частей некоторого надобъекта, и вот в этом смысле объект *М* имеет свою общую функцию и сам представляет часть, элемент надобъекта. Иначе, наличие внешних связей объекта еще не есть его общая функция.

Потоковые характеристики свойств объекта

Если вообразить объект, который не вступает ни в какие связи с внешней средой, с внешним, по отношению к нему, миром, то он практически не существует для этого мира. Он “ни с кем не связывается” и “ни во что не вмешивается”, никак себя не проявляет и,

следовательно, не может быть связан хотя бы временными связями с рецепторами субъекта, так что и субъект не подозревает о существовании такого абсолютно изолированного объекта. Соответственно и наоборот: чем сильнее проявляет себя объект в многообразных видах связи объектов между собой или с внешним миром, тем с большим количеством рецепторов субъекта может он связываться, тем больше свойств обнаруживает субъект в этом объекте. Все сказанное дает нам возможность осознать, что **когда мы стремимся максимально глубоко представить своеобразие какого-либо свойства, его отличие от других свойств объекта, то рано или поздно нам необходимо охарактеризовать это свойство связью определенного вида**. В простейшем случае это будут представления о наблюдаемой или наблюдавшейся связи данного объекта с другими объектами; в более сложном случае мы будем думать о режиме осуществления связи, например, о характере протекания обменного потока, о возможных и невозможных характеристиках протекания. В самом сложном случае мы постараемся представить, как мог бы “вести себя” объект в определенных ситуациях, т.е., в конце концов, в какие виды связи он вступил бы, а в какие не вступил с “компаньонами” по этой ситуации, возникновению каких связей между объектами мог бы препятствовать.

О том, что свойства вещи, например товара, нельзя анализировать в отрыве от ее роли в осуществлении связей, прямо говорит К. Маркс: “сумма всех возможных ее полезных применений заключена в ее бытии как вещи с определенными качествами”.

Но не следует ли из всего сказанного, что термины “связь” и “свойство” (в том числе, качественное), фактически синонимы, обозначают одну и ту же категорию? Тенденция к подобному отождествлению встречается в философской литературе, однако проделанный нами содержательный анализ природы свойства и связи исключает такое понимание. Оно противоречит и положениям диалектики. Ф. Энгельс подчеркивает, что “...существуют не качества, а только вещи, *обладающие* качествами”. Действительно, если связь, в нашем понимании, это нарушение границ как осуществляющееся, протекающее перемещение элементов, которыми обмениваются односторонне или двустороннее связанные объекты, то и до начала процесса обмена, до возникновения условия, приведших к обмену элементами вполне определенного вида (причем диффузно, через вес, протяжение границ, или только через локализованные участки нарушенной границы), объект остается самим собой, носителем своих свойств, хотя и не проявляющихся через реализованные связи. Точно

так же, если роль объекта выражается в таком его “вмешательстве” в осуществление связей между другими объектами, которое препятствует протеканию обменных элементов между этими объектами и, в частности, к отражению потока обменных элементов или изменению направления их протекания, то способность рассматриваемого объекта к осуществлению такого влияния на потоки обменных элементов присуща объекту и до того, как объект вмешается в режим протекания обменного потока. Следовательно, и качественные свойства, проявляющие себя в реализованных связях “положительно”, через способствование поддержанию обменных потоков элементами определенного типа, и граничные свойства, наличие которых обнаруживается “отрицательно”, через препятствия протеканию определенных обменных потоков в конкретных пространственно-временных координатах, присущи объекту и тогда, когда для проявления этих свойств нет благоприятных условий. Таким образом, **свойство объекта можно определить как его внутреннюю способность поддерживать (при определенных условиях) связи одних видов и препятствовать осуществлению связей других видов.**

Хотя свойство объекта определено нами через виды связей, а виды связей зависят и от граничных свойств этих связей, и от качественных свойств элементов, на основе обмена ко которыми осуществляется связь, в этом определении нет тавтологии. **Свойства объекта - явление более высокого уровня, чем свойства связей**, поэтому мы имеем право охарактеризовать свойства объекта через интуитивно ясные характеристики единиц более глубокого (высокого) уровня, воспринимаемых вначале как неделимые. Такое понимание свойств объекта, на основании обнаружения неоднородности которых вначале объект опознается как неделимая целостность, как “вещь в себе”, а потом предстает как влияющий на “жизнь” других объектов, не противоречит определению свойств, предлагаемому Гегелем. “Вещь в себе” есть то же самое, что абсолютное, о котором знают только, что все в нем едино”. “Все вещи суть сначала в-себе, но на этом дело не останавливается, . . . вещь вообще переступает пределы голого в-себе, как, абстрактной рефлексии внутрь себя, переходит к тому, чтобы обнаружить себя также и рефлексией в другое, и, таким образом, она обладает свойствами”.

Соотношение между качеством, количеством, формой, функцией и структурой.

Качественные свойства или, более кратко, *качества* истолковываются в предлагаемой системе начальных понятий прежде всего как проявление “истекательных” характеристик объекта, как проявление его активности включаться в связи, т. е. в обменные потоки с другими объектами. Поэтому, как уже отмечалось, качества могут восприниматься или проявлять себя как различные в зависимости от того, каковы качества элементов, из которых состоят обменные потоки связи. Кроме того, элементы одних и тех же качеств могут быть причиной проявления различных качеств объекта, если существенно различаются режимы потоков обменных элементов. Особенно это относится к ощущаемым качествам. Например, ощущения весьма сильно могут отличаться просто при изменении интенсивности потоков. Если же речь идет о целостном объекте, то анализ его качеств основывается прежде всего на обнаружении тех потоков, в которые он включен как элемент надобъекта, т. е. как “проточный” элемент в сети замкнутых обменных потоков надобъекта. Естественно, что обнаружение этих качеств будет одновременно и достаточно полной характеристикой функции этого объекта, и выразителем его целостности, ибо в качественных характеристиках не может не проявиться в этом случае балансность втекающих и вытекающих потоков.

Граничные свойства объекта, воспринимаемые прежде всего через рецепторы, определяющие пространственно-временные характеристики активности объекта включаться в связи определенного вида или препятствовать определенным видам связи других объектов, **задают “качественную границу” объекта**. И поскольку среди всех качеств, несмотря на их многообразие, удастся выделить те, которые отражают факт целостности объекта, то и среди множественности качественных границ в достаточно целостных объектах оказывается возможным установить такие, которые действительно характеризуют качественную определенность. Если рассматривать целостный объект только как неделимое целое, то в этом случае граничные свойства совпадают с обычным представлением о пространственных формах и временных границах проявления объекта. Так, пространственной формой является внешний контур объекта *M* на рис. 1 и 3. Если уровень рассмотрения более глубок и в объекте выделены элементы, то граничные свойства будут включать и *формы элементов*. Наиболее полно формы элементов представлены на рис. 3, менее полно

на рис.1. Еще более детальное рассмотрение позволяет обнаружить связи объектов с другими объектами надобъекта и связи элементов друг с другом. Следовательно, это будет уже не форма, а новый класс граничных свойств объекта: общая функция объекта, например, объекта *M*, его частные функции, сеть связи элементов объекта и структура этой сети связей, рассмотренных нами на рис. 2 и 3. Из сказанного ясно, что термин “граничное свойство” действительно близок к гегелевскому термину “количество” как антониму термина “качество”, но содержит в себе возможности более тонкой дифференциации: **пространственная форма, функция, структура.**

Как будет показано дальше, понятие “количество” также войдет в число разновидностей граничных свойств. Важно подчеркнуть, что ни качества, ни граничные свойства, при нашем понимании природы связей, не являются более "первичными", более "объективными" друг по отношению к другу. Установление граничных свойств производится на основе различия качеств. Независимость границы от качества и отсюда — “первичность” граничных свойств — кажущаяся. Можно говорить о тождестве граничных свойств “независимо” от качества, если только умалчивать о том факте, что для объективного существования одинаковых граничных свойств различных качеств необходимо, чтобы эти качества отличались от тех сред, в которых устанавливается тождество граничных свойств. Следовательно, при установлении граничных свойств столь же необходимо участие органов чувств, которые улавливают “вторичные свойства”, как и органов чувств, улавливающих "первичные", пространственно-временные характеристики объекта. Легкость абстрагирования от качества при сравнении граничных свойств несколько не выше чем легкость абстрагирования от граничных свойств при отождествлении фактов проявления одного и того же качества. Например, мы одинаково воспринимаем "мокрость", подставив руку под водопроводный кран, опустив ее в ручей или в набежавшую морскую волну.

Когда граничные свойства выявляются как “негативные”, т. е. как препятствующие возникновению связей определенного вида, то через эти свойства “положительно” проявляют себя внутренние замкнутые потоки объекта, обеспечивающие вторую сторону его целостности. **Следовательно, не только качества, но и граничные свойства могут отражать факт целостности объекта.**

При контактной связи между элементами объекта и диффузном проникновении связывающих потоков, через замкнутые граничные потоки проникают одни обменные элементы глубинных (высоких)

уровней и не проникают другие. Возможно сочетание контактности связи с ее локализованностью. Это бывает тогда, когда контактируют не полные границы объектов (т. е. не так, как, например, клетки живой ткани), а частичные, основанные на касании отдельных точек или небольших участков поверхности объектов (как, например, на рис. 4).

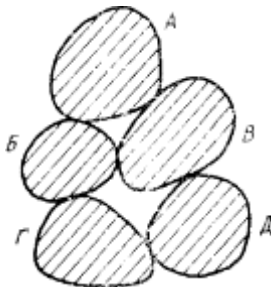


Рис. 4.

Если диффузия идет при этом только через места контакта, то, несмотря на отсутствие связей как особых “перемычек”, можно говорить о структуре связности объектов, (совпадающей в нашем примере со структурой связности объекта М, ср. рис. 4 с рис. 1 и 2).

Связи и отношения как валентности

Выявив соотношение между представлениями о свойствах и представлениями о связях, мы можем охарактеризовать любое свойство (качественное и граничное) через указание своеобразия той связи, в которую может вступить объект или возникновению которой он может воспрепятствовать. Поэтому теперь во многих случаях о свойствах объекта нам удобно будет говорить как о *валентностях*, т. е. именно как о **способностях принимать участие в процессах связывания с другими объектами**. При таком понимании валентности оказываются учтенными и отнесенными к валентностям и те граничные свойства, которые поддерживаются внутренними замкнутыми обменными потоками объекта и поэтому, казалось бы, изолируют объект от вступления в связи с другими объектами, т. е. лишают объект валентности. Дело в том, что **“изолирующие”, “экранирующие” границы объекта четко очерчивают его пространственные формы** и создают условия для пространственного

контакта этого объекта с другими объектами, т. е. снова характеризуют свойства объекта в терминах его валентностей.

Все многообразие свойств объекта можно описать сравнительно небольшим числом типов валентностей. Естественно, что этим будет огрубляться истинная картина, но во многих случаях именно благодаря этому мы сможем избавиться от излишней детализации, заслоняющей главное. **Пока свойство объекта остается только способностью, не проявившей себя в наличной наблюдаемой связи, будем называть его *свободной валентностью* как одной из разновидностей возможности.** Если свойство реализовано в виде связи соответствующего качества, то будем называть его *экстенциальной* или просто *занятой валентностью*; **она представляет собой одну из разновидностей действительности.**

Очевидно, что наличие определенной занятой валентности объекта еще не есть полное проявление соответствующего свойства. Занятая валентность проявляет *качество связи*, к которой предрасположен объект, отражает одну из возможных комбинаций граничных свойств связи этого качества. Но каковы те пределы граничных свойств реализованной связи, в которых объект может поддерживать данную связь, — из наличия реализованной связи еще не вытекает. А эти **пределы также являются характеристикой рассматриваемого свойства объекта.** Как уже отмечалось, **количество свойств любого реального, телесного объекта безгранично.** И тем не менее, в конкретных условиях определенного уровня объект имеет не только практически ограниченное число экстенциальных, занятых валентностей (например, атом в молекуле определенного вида), но и набор наиболее легко обнаруживаемых (и, следовательно, отражающих наибольшую предрасположенность к проявлению) свободных валентностей. Поэтому валентности можно разбить по степени их “силы”. Для **занятых валентностей под силой можно понимать прочность этих связей** (от чего зависит эта прочность — мы еще будем рассматривать), под **силой свободных валентностей — степенью предрасположенности их к проявлению** и, следовательно, возможность их обнаружения. Введя хотя бы три градации силы, можно говорить о занятых валентностях как о *сильных, слабых и отсутствующих экстенциях*, а о свободных валентностях — как о *сильных, или интенциях*, о *слабых, или потенциях*, и, наконец, об отсутствующих свойствах. Можно говорить также о *свойствах явных, скрытых и неприсущих* данному объекту, и это деление, при всей его условности, всеми используется на практике. Смысл такого различения свойств заключается в следующем. Один и тот же вид связи,

отождествляемый, например, на основе его локализации на границе объекта или на основе качества обменных элементов, может во многих случаях быть изменчивым в том смысле, что, в зависимости от некоторых условий, его нужно будет расценивать то как интенцию, то как потенцию или экстенцию. Это значит, что *действительность* может переходить в *возможность*, а *возможность* — в *действительность*. В простейших случаях, при заданных средствах выявления валентностей объектов, может быть обнаружено, что переход конкретной данной потенции в интенцию и интенции в экстенцию или наоборот зависит только от внешних условий и не связан с особенностями всех остальных валентностей объекта (остаются они свободными или превращаются в занятые). Однако в более сложных и в более важных для практики случаях на свойства объекта влияют не только внешние условия, но, возможно, также действие одних валентностей на другие. Например, некоторая данная валентность из потенции превращается в интенцию тогда, когда вполне определенные другие валентности переходят из интенции в экстенцию, т. е. в занятую, реализованную связь. Эти случаи служат примерами **взаимодействия действительности и возможности: действительность подготавливается возможностью, а возможность может изменяться при изменении действительности.**

К факторам такого перехода в пределах данного объекта должно быть отнесено наличие другого объекта в окрестностях первого при заданных внешних условиях. Назовем этот фактор *окрестностными условиями* объекта. Тогда для любой пары (тройки и т. д.) объектов, имеющих вполне определенные валентности, можно экспериментально или теоретически указать те их валентности, которыми они будут обладать, если при заданных внешних условиях эти объекты (например, пара объектов) окажутся в заданных окрестностях друг возле друга. Эти валентности будут характеризовать свойства каждого объекта в соотношении со свойствами другого, и если реально валентности не проявляют себя, а только оцениваются как возможные при соответствующих внешних и окрестностных условиях, то такие свойства сопоставляемых объектов будем называть *отношениями*. Например, **отношение** может иметь такую формулировку: **объект А и объект Б, находящийся от него в окрестностных условиях В, при внешних условиях С вступит в связь Е и при этом будет иметь интенцию К и утратит потенцию М.** Следовательно, отношения, хотя они и не представляют наличных валентностей, также описываются в терминах интенций, экстенций и потенций.

Если рассматривать валентность объекта по отношению к определенной окрестности среди других объектов, то можно говорить и о возможной функции этого объекта, т. е. о той функции, которая была бы у него, если бы он попал в окружение названных объектов. Но это будет функция не реальных валентностей, не функция сети связей, а *функция отношений: экстенциальных, интенциальных и потенциальных.*

Можно рассматривать также *отношение* определенных *окрестностных условий* к тому или иному объекту. Это отношение будет характеризовать те экстенции, интенции и потенции объектов, задающих эти окрестностные условия, которые возникнут, если данный конкретный объект попадет в эти окрестности.

Таким образом, реальный, экстенциальный набор *связей и интенциальный набор предрасположенностей* к другим связям в объектах можно рассматривать как зависящий и от внешних, и от внутренних, и от окрестностных условий, причем сами внутренние условия могут быть следствиями предшествующих внешних, окрестностных и внутренних условий. Несмотря на то, что при таком подходе свойства выражаются в терминах связей, отождествления связей и свойств при этом не происходит, так как учитываются не только экстенции, но и скрытые валентности (интенции и потенции), т. е. **валентности как способности, как возможности, а не как одни лишь явные связи, как наблюдавшаяся действительность.**

Факторы изменения свойств и отношений

Назовем любую комбинацию свойств объекта, определяемую составом занятых и свободных валентностей объекта с их конкретными граничными свойствами в определенных пределах внешних и окрестностных условий, состоянием объекта, а совокупность состояний, возможных в различных условиях, областью возможных состояний объекта.

В терминах состояний постараемся рассмотреть вопрос о факторах изменения свойств объекта. Если зафиксировать **свойства среды, т. е. внешние и окрестностные условия**, то, естественно, резко уменьшится перечень возможных свойств объекта и их комбинаций. Эти свойства образуют уже только *подобласть* области возможных состояний объекта. Точно так же можно говорить о *подобласти возможных состояний*, если зафиксировать занятые валентности, а изменять только внешние условия. Естественно, что некоторые из подобластей этих двух видов пересекаются, т. е. один и тот же состав

свойств объекта, одно и то же состояние (или подобласть состояний) может быть получено разными путями. Например, свойства могут оказаться одинаковыми, когда занятые валентности имеют состав *A*, а свойства среды — состав *B*, или же занятые валентности представлены в составе *C*, а свойства среды — в составе *E*.

Состав свойств можно иногда рассматривать упрощенно, только через состав тех способностей к вступлению в связи, которые представлены экстенциально, т. е. без учета тех изменений в свойствах, которые выражаются в составе скрытых валентностей (интенций и потенций). Например, если в определенном диапазоне внешних и окрестностных условий у двух объектов экстенциальные связи остаются одинаковыми и неизменными, то при упрощенном подходе можно считать, что у этих объектов свойства также остаются неизменными, если даже фактически в разных участках этого диапазона интенции объектов различны, т. е. **объекты имеют разные состояния в области своих возможных состояний.**

Точно так же при упрощенном подходе отношения двух объектов к третьему могут считаться одинаковыми, если в расчет берутся возможные только экстенциальные связи с этим третьим объектом и не оцениваются интенциальные и потенциальные.

Теперь остановимся на случае, когда внешние условия объекта остаются неизменными, а связями с другими объектами можно пренебречь, считая, что окрестности "совершенно пусты". Отчего в этом случае могут быть различными свойства объектов как некоторых целостностей? Естественно, что они будут определяться способностью объектов иметь ту или иную силу связи потенцию, интенцию или экстенцию по отношению к определенным другим объектам, а сама эта способность будет отражать возможность возникновения незамкнутых, проточных потоков связи между элементами объектов при наличных замкнутых связях. Грубо говоря, **свойства объектов как их валентности, при заданных внешних условиях, могут изменяться за счет изменения только внутренних условий, приводящих к перераспределению внутренних, замкнутых потоков связи и внешних "проточных"**. Совершенно ясно, что это соотношение должно зависеть от свойств элементов объекта и от того, какие взаимные окрестностные условия они создают друг для друга. А если так, то понятно, что в ряде случаев уже одно только варьирование относительных окрестностных условий, т. е. сближение элементов, удаление их друг от друга и перестановка в пространстве и во времени, может привести к изменению структуры сети связей между ними и далее к изменению либо качества, либо граничных свойств объекта как

целого. Следовательно, при этом будет изменяться область возможных состояний объекта.

Еще более очевидно, что если просто изменить состав элементов объекта, например, изъять некоторые из них из окрестности, допускающей взаимодействие, то это может привести к изменению структуры внутренних потоков и, следовательно, свойств целого. Иными словами, **если изменять внутренние граничные свойства объекта или качественные свойства его элементов, то будут изменяться качественные и граничные свойства объекта как целого**, что проявится в варьировании состава, качества и граничных свойств валентностей объекта, т. е. в варьировании области его возможных состояний.

Таким образом, хотя и в несколько более детальной формулировке, но мы пришли к известному закону диалектики о переходе количественных (у нас граничных) характеристик объекта в качественные и наоборот. Детализация же выражается в том, что, во-первых, мы можем конкретнее указать, в чем проявляются "количественные" изменения: в перестройке полной структуры сети связей объекта, или только структуры связности, или "ячейковой структуры"; во-вторых, изменение качества целого мы можем охарактеризовать в терминах связей или отношений как экстенции, интенции или потенции, различая внутренние и внешние потоки связи. Это дает нам, в частности, возможность сопоставлять такие, на первый взгляд, разнородные характеристики объектов, как функции и свойства, связи и отношения, и оценивать степень их взаимного соответствия, через которое мы постараемся определить, какой тип объектов наиболее целесообразно отнести к **классу систем**.

Подчеркнем еще раз в заключение, что после уточнения понятий свойства и отношения через понятия потоков и валентностей мы снова приходим к тому представлению о категории свойства, на которое опирается материалистическая диалектика: «...свойства данной вещи не возникают из ее отношения к другим вещам, а лишь обнаруживаются в таком отношении...».

2.3. Системы как адаптивные объекты

Адаптация и адаптивные объекты

Пусть задан надобъект B , в число элементов которого входит объект A , связанный в сети связи с рядом других объектов,

образующих окрестностные условия для объекта *A*. Соответственно и объект *A* входит в параметры окрестностных условий своих компаньонов по окрестности. Функция объекта *A* является одной из частных функций надобъекта *B*, и совокупность всех частных функций элементов объекта *B* обеспечивает выполнение его общей функции, баланс внутренних и внешних потоков связи. Выполняя определенную функцию, т. е. имея, например, вполне конкретный набор явных валентностей, изменяющихся в пределах, в которых этими изменениями можно пренебречь как не влияющими заметно на свойства надобъекта *B*, объект *A* находится в одной из подобластей своих состояний, входящей в область возможных состояний объекта *A*. Функция объекта *A* в надобъекте *B* может выражаться и в некотором *закономерном изменении* его состояния при изменении, скажем, в надобъекте окрестностных условий объекта *A*. Такая функция будет представлять собой в области возможных состояний не просто точку (более или менее размытую в допустимых пределах), а траекторию, скорее всего замкнутую (и тоже более или менее размытую). Следовательно, и при „неизменном“, и при закономерно изменяющемся состоянии объекта *A*, выполняющего свою функцию в надобъекте *B*, эта функция может быть охарактеризована областью *требуемых* функциональных состояний объекта *A*, обязательно включающейся в область возможных состояний этого объекта. Кроме того, неконтролируемые изменения условий не должны выводить объект *A* за границы *допустимого* размытия функциональных состояний. Пределы изменения условий, при которых объект *A* остается в границах допустимого размытия функциональных состояний, можно назвать *границами устойчивого функционирования объекта*. Понятно, что объект *A* должен быть таким, чтобы границы устойчивого функционирования не выходили за границы неконтролируемых изменений условий объекта.

Представим теперь, что по какой-либо причине объект *A* как один из элементов надобъекта *B* вырван из сети связей с другими (окрестностными) элементами надобъекта *B* и вынесен за окрестности надобъекта. Так как в окрестностных элементах разрушаются связи, то нарушается баланс всех потоков связи надобъекта *B*, занятые валентности окрестностных объектов превращаются в свободные, экстенции становятся интенциями, а в соответствующем узле сети связей надобъекта *B* возникает "дырка", незанятое место, а точнее— *вакантный узел* или просто *вакансия*, т. е. область требуемых функциональных состояний для нового элемента, способного войти в этот узел объекта. Представим, что возникшей вакансией

"воспользовался" объект *C*, область возможных состояний которого не совсем тождественна области возможных состояний "предшественника", т. е. объекта *A*. Это значит, что область возможных состояний объекта *C* не полностью соответствует области требуемых функциональных состояний, задаваемых надсистемой.

Несоответствие может выразиться в том, что функция отношений объекта *C* с окрестностными объектами в вакантном узле отличается от функций отношений объекта *A* к этим объектам, причем таким образом, что область возможных состояний объекта *C* в той или иной степени выходит за границы области функциональных состояний, которую имел объект *A* и должен иметь объект *C*. Практически это может привести к тому, что некоторые из интенций окрестностных объектов не найдут выхода на связь с объектом *C*, а некоторые интенции объекта *C* останутся свободными, когда он попадает на освободившееся после *A* вакантное место в узле структуры связей объекта *B*. В подобных случаях мы будем говорить, что *свойства* объекта *C* не согласованы с его *функцией* в структуре надобъекта.

Однако если вспомнить, что **свойства любого объекта (т. е. область его возможных состояний) могут изменяться, если изменяется состав его элементов или их связей, если изменяется структура связей элементов или функции их связей при неизменности структуры**, т. е. за счет изменения внутренних условий объекта, то станет понятно, что благодаря всем этим внутренним изменениям свойства как объекта *C*, так и объекта *B*, а также потенции, интенции и экстенции, свободные и занятые валентности объекта *C* или окружающих его объектов **могут измениться так, что степень согласованности свойств объекта *C* с его функцией может начать уменьшаться или увеличиваться.** В последнем случае область функциональных состояний объекта в данном вакантном узле включится в область возможных состояний объекта. **Процесс увеличения согласованности между свойствами объекта *C* и определенной частной функцией в узле сети связей объекта более высокого яруса (объекта *B*) благодаря изменениям свойств объекта *C* будем называть адаптацией объекта *C* к своей функции в вакантном узле объекта *B*. Соответственно процесс увеличения согласованности между свойствами и функцией объекта *C* в узле связей объекта более высокого уровня (объекта *B*) за счет изменений свойств объекта *B* будем называть *адаптацией* объекта *B* к свойствам своего объекта *C*. В процессе адаптации второй разновидности в объекте *B* формируется такая сеть связей между элементами, в которой узел, включающий элемент *C*, обеспечивает для этого элемента**

наличие такой частной функции, т. е. такой области требуемых функциональных состояний, которая согласована со свойствами элемента, соответствует экстенциальной функции отношений объекта C к окрестностным объектам. Иными словами, область требуемых функциональных состояний изменяется в таком направлении, чтобы "вписаться" в область возможных состояний объекта C .

Если же объект C адаптируется к надобъекту B , то область требуемых функциональных состояний остается неизменной, а область возможных состояний объекта C смещается и деформируется в пространстве состояний до тех пор, пока в нее не окажется включенной область требуемых функциональных состояний. В принципе возможно и взаимное подстраивание: C адаптируется к B , а B — к C . Если надобъект B адаптировался к объекту C , то возвращение A на место C сделает необходимой, для согласования свойств объекта A с областью требуемых функциональных состояний, новую адаптацию: либо A к B , либо B к A . Если же объект A вернуть на место объекта C после того, как C адаптировался к надобъекту B , то свойства объекта A окажутся согласованными с областью требуемых функциональных состояний и объект A сможет нормально функционировать в соответствующем узле сети связей надобъекта B . Однако это еще не говорит о полной заменимости объекта объектом C после его адаптации к B . Объект C можно считать функционально эквивалентным A лишь в том случае, если границы устойчивого функционирования адаптированного объекта C будут не шире и не уже, чем границы устойчивого функционирования объекта A .

Исходя из представлений о многоуровневом строении объектов, мы имеем возможность говорить не только об адаптации объекта к надобъекту или надобъекта к объекту, но и об адаптации элемента к объекту или объекта к элементу и т. д.; на любом уровне ввысь и вглубь.

Но если адаптация возможна за счет перестройки как более высоких, так и более глубоких уровней (по отношению к уровню „вакансий“), то есть ли какие-либо способы понять, в каком же именно из двух „вертикальных“ направлений пойдет адаптация? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим сначала частный случай адаптации адаптации только вглубь, не объясняя пока, чем обеспечивается устойчивость надобъекта, его способность не подстраиваться под свой адаптируемый объект.

Субстанция и материал объекта с требуемой областью функциональных состояний

Проблема согласования свойств объекта с заданной областью требуемых функциональных состояний в некоторой вакансии предстает наиболее полно, если рассматривать замену объекта A , вырванного из определенного узла сети связей объемов в сбалансированном надобъекте B не готовым объектом C , занимающим освободившуюся вакансию, а объектом K , которого еще нет, но который *должен быть создан*. Ясно, что создать его нужно таким, чтобы его свойства обеспечивали наличие особой функции его отношений к вакансии: превратившись в функцию связей, она должна восстановить баланс внутренних и внешних потоков надобъекта: B , нарушенный вследствие исчезновения объекта A .

Что же есть в наличии до того, как создан такой подходящий объект K , и что необходимо, чтобы его создать? До момента создания объекта K есть вакансия, которая, через возникновение интенции окрестностных объектов и через наличие нарушенного баланса потоков связи на место вакансии, непосредственно и материально задает область требуемых функциональных состояний объекта K , т. е. набор его валентностей, а также его внешние проточные потоки. Но поскольку внешние потоки материальны, телесны, то истекать они могут лишь из телесных элементов объекта K , так же как и втекать только в телесные элементы. И чтобы элементы обладали этой способностью, между ними должны сформироваться и поддерживаться внутренние потоки для поддержания внешних, функциональных.

Задают ли вакантные валентности ограничения на структуру и на элементы этих внутренних потоков? Непосредственно, так же, как структуру и элементы внешних, функциональных потоков, они задавать не могут, ибо тут речь идет о „внутреннем деле“ формирующегося объекта K , и свойства поддерживающих потоков, их структура, элементы, а также количество уровней объекта K могут быть конкретизированы лишь условиями, не зависящими от надобъекта, от освободившейся в нем вакансии. Внутренние свойства объекта K , при заданных функциональных свойствах, зависят в первую очередь от того, каковы те объекты, из которых могут быть выбраны такие, чтобы из них могли сформироваться элементы объекта K , способные с помощью внутренних взаимосвязей поддерживать способность объекта K выполнять его функцию в вакантном узле надобъекта.

Очевидно, что нельзя смешивать эти исходные объекты с теми элементами создаваемого объекта K , которые в конечном счете сформируются для того, чтобы объект K имел требуемые функциональные свойства. Поэтому условимся называть исходные „строительные“ объекты резервом *материала* для создания объекта K , а „строящиеся“ элементы всех его уровней, в том числе и элементы обменных потоков, сформированные из тех „строительных“ объектов, которые выбраны для создания объекта K из резерва материала, - *субстанцией* объекта K . Понятия **материала и субстанции нетождественны** даже в том чрезвычайно редком случае, когда весь материал без остатка уходит на создание объекта K , и при этом исходные объекты, представляющие собой материал, не нуждаются ни в какой предварительной переработке, чтобы функционировать в роли элементов всех уровней создаваемого объекта, т. е. в роли его субстанции. Различие в этом случае, хотя оно и минимально, выражается в неполном тождестве исходных объектов, как субстанции объекта K , с этими же объектами, пока они остаются резервом материала: как субстанция эти объекты могут иметь особые свойства, отсутствующие в резерве материала, если эти свойства определяются наличием обменных потоков связи элементов в границах целостного объекта. Или иначе: **они будут иметь различные состояния несмотря на общность областей возможных состояний.**

Это нетождество материала и субстанции еще очевиднее, если представить, что уже созданный объект K по каким-либо причинам окажется „разобраным“ на составные части. Эти составные части изменят свое состояние и превратятся в резерв материала (пусть такого же объекта K), поэтому перестанут быть элементами, т. е. субстанцией наличного объекта K . **Субстанция обеспечивает наличие требуемых внутренних потоков, поддерживающих функциональные потоки, а материал только более или менее предрасположен к этому.**

Из заданного резерва материала можно извлекать различные наборы исходных объектов, из этих объектов можно создавать определенное многообразие более сложных объектов, причем некоторые совокупности таких объектов способны вступать в связи и служить субстанцией объектов более высокого уровня с определенными областями возможных состояний. Следовательно, каждому резерву материала, при заданных изменениях условий, соответствует своя (не всегда полностью известная человеку) совокупность областей возможных состояний, характеризующих свойства тех объектов, для формирования субстанции которых этот резерв материала достаточен.

Мы рассмотрели случаи, когда объекты резерва материала только объединяются в единицы более высоких уровней. Если же допустить и предварительное „расщепление" исходных объектов резерва материала на составные части, то число видов субстанции, резерву которую можно создать из данного резерва, увеличится, следовательно, увеличится совокупность областей возможных состояний, соответствующих этому резерву материала.

Итак, говоря об условиях, при которых возможно создание объекта K со свойствами, соответствующими вакансии в надобъекте B , мы должны прежде всего требовать наличия не просто резерва материала: **материал должен быть таким, чтобы совокупность областей его возможных состояний включала в себя область возможных состояний создаваемого объекта K , которая, в свою очередь, должна включать в себя область требуемых функциональных состояний в данном вакантном узле объекта K .** Кроме того, необходимо, чтобы наличие определенного диапазона изменения границ внешних условий функционирования объекта K приводили лишь к размытию области требуемых функциональных состояний, не превышающему допустимых пределов.

Оптимально адаптированный (совершенный) объект

Резерв материала с совокупностью областей возможных состояний, удовлетворяющей перечисленным выше требованиям, может быть использован для создания большого числа объектов K при наличной вакансии в надобъекте B и при заданных границах изменения условий функционирования объекта K . Можно ли среди этих вариантов установить какую-либо шкалу предпочтительности? Например, что предпочесть, объект K_1 или K_2 , если оба они включают в область своих возможных состояний область требуемых функциональных состояний, но область возможных состояний у объекта K_1 шире, чем у объекта K_2 ? При прочих равных условиях для адаптирующего надобъекта B вакантную функцию выгоднее возложить на объект K_2 , потому что тот более широкий диапазон свойств, которым обладает объект K_1 сверх требуемых функциональных свойств, т. е. его большая универсальность, не может быть получена „даром". Для этой универсальности потребуется и большее количество материала, и более длительное время формирования объекта, тогда как для функционирования при заданной вакансии такая универсальность останется нереализованной, так как она выходит за границы требуемых состояний.

Ну, а если варианты K_1 и K_2 имеют одинаковую область возможных состояний, но отличаются тем, что границы устойчивого функционирования, перекрывая пределы изменений условий функционирования, у одного из вариантов, например, у K_1 шире, чем у другого?

И в этом случае для надобъекта B предпочтительнее вариант K_2 , потому что он, как и вариант K_1 , отвечает требованиям надежности, но избыточная, бесполезная надежность у него ниже, чем у объекта K_1 , и поэтому затраты на создание объекта K_2 меньше, чем на создание объекта K_1 . Отсюда ясно, что из большого числа вариантов объектов K , „претендующих“ на функционирование в вакантном узле надобъекта B , при заданных условиях функционирования наилучшим должен считаться тот, область возможных состояний которого не просто покрывает, а максимально близка к области требуемых функциональных состояний в вакантном узле надобъекта. Точно так же границы устойчивого функционирования объекта должны не просто включать в себя пределы изменений внешних условий функционирования, а по возможности совпадать с ними, в результате чего размытие функциональных состояний объекта не будет превышать допустимых границ, но и не будет меньше допустимого уровня.

Установив характеристики оптимальности объекта с требуемой областью функциональных состояний при заданном резерве материала и условиях функционирования, проследим, как может протекать формирование объекта K со свойствами, приближающимися к оптимальным. При этом совершенно безразлично, идет ли речь об искусственном техническом объекте, создаваемом инженером, о социальном коллективе, во главе которого стоит опытный организатор, о социальной системе, складывающейся стихийно или, наконец, о биологических объектах, формирующихся в процессе естественного отбора.

В простейшем случае, когда среди объектов наличного резерва материала есть такие, которые в их исходном виде более или менее могут выполнять частные функции формируемого объекта K , создание этого объекта должно начинаться с выбора этих наиболее подходящих исходных объектов. Мера их пригодности должна выражаться в выборе исходного состава объектов с такими областями возможных состояний, для которых удастся найти взаимные окрестностные условия, обеспечивающие возникновение определенной сети внутренних связей между этими объектами. При этом структура сети должна создать у формирующегося объекта внутренние условия

наличия такой области возможных состояний, которая покрывает область требуемых функциональных состояний формируемого объекта K в вакантном узле надобъекта B . Для этого должно быть испытано достаточное число вариантов выбора состава исходных объектов из резервов материала, а для каждого состава - множество вариантов структур сети связей между исходными объектами, переходящими таким образом из категории материала в категорию субстанции формируемого объекта K , т. е. в его элементы на всех ярусах. Ближайший к оптимальному, но, скорее всего, еще далеко не оптимальный по своим свойствам, вариант создающегося объекта KC уже может начать функционировать в вакантном узле надобъекта.

Более тонкая “подстройка” свойств формируемого объекта K в направлении увеличения его оптимальности возможна после этого лишь за счет изменения *свойств элементов* объекта K . Благодаря этому могут измениться и качественные, и граничные свойства потоков, определяющих валентные характеристики адаптирующегося объекта K . А это изменение свойств может осуществляться лишь путем изменения состава, свойств и структуры связи элементов следующего, *более глубокого (высокого)* уровня. Таким образом, и элементы элементов адаптирующегося объекта K начнут адаптироваться в том направлении, чтобы объект K все больше “вписывался” областью своих возможных состояний в область требуемых функциональных состояний и чтобы границы его устойчивого функционирования сближались с границами изменения условий функционирования. Назовем такие объекты *оптимально адаптированными* или, кратко, *совершенными*.

В зависимости от того, на сколько уровней вглубь успел распространиться процесс адаптации, можно говорить о *глубине адаптации* как о показателе степени оптимальности адаптирования, т. е. степени совершенства объекта. Чем глубже адаптация, тем на более глубоком уровне каждый элемент в сети связей с другими элементами своего уровня также является оптимально адаптированным объектом.

Мера и степень системности объекта

Если степень оптимальности адаптированного объекта при заданных условиях, т. е. при наличных резервах материала и пределах изменения условий функционирования, достаточно велика, так что свойства объекта остаются в области требуемых функциональных состояний, то это значит, что изменения внешних условий приводят к таким перестройкам внутренних взаимодействий между элементами

совершенного объекта, при которых варьирование внешних потоков остается незначительным, в пределах допустимых размытий. Но если внешние условия, т. е. внешние воздействия на объект, выходят за границы обычного диапазона изменений, а свойства совершенного объекта *K* формировались без учета возможности таких сильных воздействий и поэтому не имеют дополнительных резервов устойчивости для подобного экстремального случая, то ясно, что состав валентностей совершенного объекта *K* может резко измениться, т. е., **произойдет скачок его качественных свойств**, причем благодаря перестройке граничных свойств, например, внутренней структуры связей между элементами объекта, под влиянием внешних воздействий. Но утрата присущих объекту качеств есть, практически, превращение объекта в другой объект, и, следовательно, в таком скачке мы имеем дело с “единством (тождеством) бытия и не бытия”.

Так мы снова пришли к тому, что важнейшие характеристики изменения свойств объектов оказываются проявлением диалектического закона взаимодействия категорий качества и количества. При этом адаптация механизмов такого взаимодействия на основе уточнения того, какие именно граничные свойства влияют на качественные, позволяет не просто констатировать, что непрерывное изменение одного из параметров внешних условий может привести к качественному скачку и проявлению свойств объекта, т. е. что одной из необходимых характеристик объекта является его *мера*. Рассмотрев процесс адаптации, мы имеем возможность сказать, что наличие четко очерченной меры, наличие ярко проявляющихся качественных скачков в свойствах объекта присуще объекту тем в большей степени, чем более длительной и тонкой была его адаптация к определенному функциональному узлу в надобъекте при заданных условиях, определяющих, в частности, и границы устойчивого функционирования. Иными словами, **лишь оптимально адаптированные, т. е. лишь совершенные объекты имеют четко выраженную и не случайную меру, лишь они ярко демонстрируют проявление диалектического закона перехода количества в качество**. Именно такие объекты, **объекты, имеющие ярко выраженную меру, оптимально адаптированные, совершенные, мы и будем называть системами**. А так как четкость границ меры зависит от степени адаптированности объекта, от степени близости результатов адаптации к оптимуму, к совершенству объекта, то мы имеем право рассматривать *любой* объект как систему, если оговорена *степень его системности*. Эту степень системности можно измерять не только глубиной адаптации, но и “местом” на

шкале с градациями от нуля до единицы, где величина, близкая к единице, приписывается оптимально адаптированной, совершенной системе при наложенных определенных ограничениях на условия функционирования, на резерв материала и на время адаптации. Но **поскольку не может быть адаптации безграничной глубины, то не может быть и абсолютной системности.** Что же касается **нижнего предела системности, то “нуля системности”, абсолютной бессистемности, в реальности также быть не может, поскольку если нечто существует, то оно имеет интервал меры,** хотя бы очень размытый и в узком диапазоне внешних условий, и только что-либо не существующее и неспособное к существованию может рассматриваться как **чистая бессистемность, абсолютный хаос.** Этот вывод находится в полном согласии с материалистической диалектикой. “Все налично сущее имеет некоторую меру”, — утверждает Гегель, и эта мера, в отличие от условной меры, выбранной как “общее не в себе, а только по соглашению”, является “естественным масштабом” вещи, одним из параметров граничных свойств, заданных, как и любое другое граничное свойство, качественной определенностью вещи, ее качественным тождеством самой себе. Понимаемая таким образом **мера и системность как показатель четкости границы меры, явно перекликается с понятием сущности объекта.** Однако и этот вывод не противоречит основным положениям диалектики. Гегель пишет по этому поводу: “в мере уже заключена идея сущности, а именно: быть тождественным с самим собой в непосредственной своей определенности”.

Ясно также, что **сущность и мера — категории хотя и взаимообусловленные, но не тождественные.** Их различие мы сможем сформулировать в рассматриваемых системных терминах после того, как уточним некоторые соотношения между понятиями материала. субстанции и системы.

Рассматривая теперь объекты и их взаимосвязи в тех случаях, когда важен учет факта их **адаптированности т. е. учет той или иной степени их системности,** мы имеем право называть объекты одной уровневой **системами,** объекты других уровней, более высоких, **подсистемами,** объекты более глубоких уровней — **элементами и компонентами** систем. Следовательно, все прочие, рассмотренные ранее, характеристики объектов пригодны и для описания особенностей анализируемых систем.

Система как диалектически рассматриваемый объект

Поскольку при диалектическом понимании системы как адаптированного, "сдавшего", приобретшего свою меру объекта ничто реальное не может быть и абсолютно системным и абсолютно бессистемным, то все объекты внешнего мира - это и самостоятельные системы, и резерв материала, т. е. исходные объекты, из которых может формироваться субстанция других систем. Следовательно, всякий резерв материала представлен объектами, которые в определенной степени являются системами со своими мерами, пределами устойчивости, достаточно четко сложившимися граничными и качественными свойствами. Но отсюда и вытекает известная неизбежность наличия у любого объекта "имманентных" ("в себе и для себя" существующих в его изолированном состоянии) валентных характеристик как преимущественных предрасположенностей к вступлению в определенные виды связей "вне себя и для других" при тех или иных внешних и окрестностных условиях. Иными словами, наличие определенных *свойств* у объектов должно расцениваться как *следствие* их предшествующей *адаптации*, как следствие того или иного уровня их системности и как *условие* тенденции, интенции к *восстановлению* тех видов *связей* с другими объектами, которые определялись областью требуемых функциональных состояний данного объекта, когда он формировался как система в функциональном узле некоторой надсистемы, т. е. когда протекало его *становление* как системы, как целого с присущими ему свойствами. Замечательно и то, что к изложенному представлению о соотношении между материалом, его свойствами и структурой целого пришли специалисты, занимающиеся изучением самых сложных систем — биологических. Так, академик В. Л. Энгельгардт заявляет, что "у тех частей, из которые должно образоваться целое, имеется налицо определенная сумма свойств, обеспечивающих возможность возникновения связей". Далее В. Л. Энгельгардт задал вопрос: "А каковы последствия образования связей, объединяющих множество в единство?" И отвечает: "Эти следствия затрагивают как часть, так и целое, ибо образование новых связей влечет за собой определенные изменения свойств". Иллюстрируются эти теоретические положения экспериментальными данными из области молекулярной биологии. Например, было показано, что если разложить такой биологический целостный объект, как фермент на составляющие его компоненты, то в соответствующих условиях "разрозненные части, принадлежащие даже

к разным классам химических веществ, самопроизвольно. . . снова соберутся в строжайше соблюдаемую исходную структуру”.

Нетрудно убедиться, что в предлагаемом толковании понятия системы, безусловно центрального для любой концепции системного подхода, мы имеем дело не с отменой каких-либо положений или категорий материалистической диалектики и даже не с простым пополнением числа ее категорий, а лишь с подчеркиванием того факта, что любой объект, любое явление, если к нему подойти диалектически, позволит обнаружить в нем много таких сторон, которые остаются в тени, если изучать его, не опираясь на учет законов диалектики.

Естественно, что в ряде практических задач, особенно узко утилитарных, учет диалектической природы объекта на каждом шаге решения необязателен и даже нежелателен (точно так же, как в практических измерениях далеко не всегда целесообразно добиваться предельной точности). Поэтому и представляется необходимым ввести термин “система” не просто как стилистический синоним терминов “объект” или “явление”, а для подчеркивания того, что в рамках решаемой задачи этот объект или явление должен рассматриваться и рассматривается с учетом законов диалектики, что он — не просто готовое целое как результат неизвестных нам и не интересующих нас предшествующих процессов становления. Такое определение системы полностью соответствует формуле Гегеля: “...не результат есть действительное целое. а результат вместе со своим становлением ...” . В то же время этот результат вместе со своим становлением оказывается в наших представлениях необходимой предпосылкой новых *становлений* и, следовательно, превращается в источник своего внутреннего *развития*. Этот вывод также не противоречит положениям диалектического материализма, развивающего ту линию в философии, которая, как говорит Ф. Энгельс, “начиная от Спинозы и кончая великими французскими материалистами, настойчиво пыталась объяснить мир из него самого...”. В определении свойств систем как причин наличия интенции и условий возникновения связей между объектами можно видеть конкретизацию идеи о *самодвижении материи*, если рассматривать все реально существующее как резерв материала для поддержания существования и для обеспечения условий возникновения новых объектов и явлений, для чего необходимо “самопроизвольное (самостоятельное), спонтанное, *внутренне-необходимое* движение”. Однако самодвижение как активное начало, эта “субъективность” природы не абсолютизируется при определении системы, ибо оно оказывается следствием предшествующего “пассивного”, подчиненного, адаптированного, “объективного”

состояния. Однако эта пассивность, проявляющаяся на фазе процесса согласования функции объекта с его свойствами, также не главенствует над активностью, ибо согласование не могло бы протекать, если бы материал формирующейся системы не обладал активностью, предрасположенностью к вступлению не в какие угодно, а наиболее благоприятные для функции целого связи. А это есть не что иное, как "признание (открытие) противоречивых, взаимоисключающих, противоположных тенденций" в самом процессе самодвижения.

Важно также еще раз подчеркнуть, что система в предлагаемом понимании — это прежде всего телесный объект, и поэтому вытекающие из определений системы, субстанции и материала представления о внешней действительности вполне созвучны с высказыванием Ф. Энгельса: "вся доступная нам природа образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом тело все материальные реальности, начиная от звезды и кончая атомом, поскольку признается реальность последнего".

Иначе, система - это прежде всего то, что Л. Фейербах называл "действительная, телесная материя, т. е. материя органической химии, физиологии и анатомии. Как мы видели, к телесности у нас сводится и понятие связи и даже свойства, не говоря уже о схеме взаимодействия между системами и элементами систем. А вопрос о том, могут ли быть сведены к телесным образованиям и их взаимодействиям такие объекты и явления, которые называют идеальными, нам предстоит еще рассмотреть достаточно детально.

2.4. Сущность системы, основание ее возникновения и детерминанта

Основание, сущность, существенные и сущностные свойства системы

Адаптация есть процесс, и, как всякий процесс, она требует определенных условий своего протекания. Прежде всего для адаптации необходимо, чтобы было то, к чему адаптироваться, т. е. должно существовать вакантное место в надсистеме, представляющее собой, в конечном счете, заданные надсистемой окрестностные условия для формирующейся системы. Именно из этих окрестностных условий вытекает, какой должна быть область

требуемых функциональных состояний системы, имеющей право быть включенной в надсистему как один из ее элементов, как компонент субстанции надсистемы. Но после того, как определено, что "требуется", необходимо соотнести требования с тем, как можно их удовлетворить, **каковы условия реализации требуемой системы.** Эти условия определяются, во-первых, как мы уже видели, **наличным резервом материала.** Во-вторых, надсистема, и, следовательно, система всегда находятся в **конкретных внешних условиях,** имеющих границы своего изменения и определяющих, какими должны быть границы устойчивого функционирования формирующейся системы, **какой должна быть ее мера.** Эти внешние условия мы назвали ранее *условиями функционирования.* Следовательно, область требуемых функциональных состояний должна быть реализуемой с учетом таких условий, **как резерв материала и условия функционирования,** и пока в процессе адаптации новая система не вошла в границы требуемых функциональных состояний, т. е. **пока не приобрела требуемых функциональных свойств, в ней должны протекать перестройки и подстройки.** Но чтобы в процессе адаптации системы запрос на ее функциональные свойства, материализованный как вакантные окрестностные условия, сам оставался в достаточной степени неизменным, нужно, **чтобы неполнота адаптированности системы не стала причиной изменения режима функционирования надсистемы.** Следовательно, **надсистема** должна нуждаться в **адаптированной системе,** но быть способной в течение времени адаптации системы оставаться достаточно устойчивой и функционировать в надподсистеме, чтобы не только существовать, но и поддерживать стабильным *функциональный запрос* в соответствующем узле сети связей своих частей. Это, по-видимому, возможно, если, несмотря на появление вакансии, в которой начинает адаптироваться новая система, надсистема еще не выходит за границы своей меры, еще остается самой собою, например, за счет мобилизации временных резервов на период адаптации системы. Следовательно, **только глубоко адаптированная, имеющая четкие границы меры надсистема способна в своем вакантном узле адаптировать новую систему с определенными функциональными свойствами в установленных границах меры.**

По-видимому, наличие вакантного узла в глубоко адаптированной надсистеме, продолжающей функционировать и в то время, пока в этом узле, как в заданных окрестностных условиях, формируется новая система с требуемой областью функциональных состояний, должно

быть соотнесено с диалектическим понятием наличия *основания* для появления новой системы. Таким образом, **наличие основания и наличие условий** (как резерва материала и заданности условий функционирования) представляют собой перечень факторов, приводящих к **началу возникновения и становления системы**. Но чем определяется закрепление результатов становления, фиксация функциональных свойств формирующейся системы?

Поскольку система с четкими границами меры не должна иметь, с точки зрения области требуемых функциональных состояний, избыточных свойств, но представляет требуемые свойства в заданных окрестностных условиях, то кроме функциональных свойств, характеризующих прежде всего те потоки, на основе которых осуществляются важные для надсистемы взаимодействия адаптируемой системы с окрестностными системами, в этой системе, как уже не раз отмечалось, должны быть свойства, не являющиеся непосредственно функциональными, но имеющие прямое отношение к функциональным; эти свойства должны служить средством внутреннего поддержания, стабилизации функциональных свойств, пока внешние условия не выйдут за границы меры. Эти внутренние *поддерживающие* свойства (или свойства, поддерживающие эти поддерживающие свойства) могут опираться, в нашем понимании, на закрепление внутренних потоков, а также условий для этих потоков как обуславливающих, в свою очередь, наличие функциональных потоков, задаваемых основанием. В телесном представлении это должны быть каналы для протекания поддерживающих и функциональных потоков, стоки и истоки субстанции потоков, источники, резервуары и преобразователи этой субстанции.

В той мере, в какой формируются все эти закрепленные внутренние условия для внутренних и внешних потоков, система закрепляет свои функциональные свойства, так что даже будучи исключенной из функционального узла, еще долго может оставаться способной снова включиться в соответствующие связи. Она имеет специфический и достаточно ярко выраженный спектр интенций, сохраняет свою индивидуальность как следствие адаптированности к определенным окрестностным условиям и в определенных условиях функционирования.

Но это значит, что **степень адаптированности, степень системности и степень устойчивости оказываются характеристиками одного порядка**. А так как устойчивость достигается благодаря наличию замкнутых потоков, поддерживающих способность включаться в проточные функциональные потоки и тем

самым обеспечивать замкнутость поддерживающих потоков надсистемы, то степень системности одновременно является и показателем *степени целостности* объекта.

Но поскольку замкнутые поддерживающие потоки связи содействуют в процессе адаптации формированию каналов, источников, резервуаров и преобразователей субстанции как функциональных потоков, так и потоков, их поддерживающих, то по мере адаптации эти каналы, резервуары и т. д. все больше превращаются из следствия функциональных запросов, из реакции на наличие заданного основания во внутреннюю причину наличия у системы ее качественных и граничных свойств, и вся эта совокупность складывающихся внутренних причин свойств системы должна, по-видимому, расцениваться как конкретизация диалектической категории *сущности*. Если **сущность — телесный источник свойств объекта**, проявляющих себя через телесные же взаимодействия, то любые из этих проявлений, возникают ли они регулярно или спорадически, прямым или многократно опосредствованным следствием данной сущности, нужно, по-видимому, определить как *явление* данной сущности, ибо “явление есть проявление сущности”.

В такой трактовке **те из явлений данной сущности**, ради наличия или для поддержания наличия которых и формировалась данная сущность в процессе адаптации системы, следует определить как **существенные свойства**. Так, очевидно, что функциональные свойства попадут в число существенных. Но если необходимо выявить сущность системы, то желательно делать это по максимуму ее внешних проявлений, следовательно, в расчет должны браться не только существенные, но и любые другие свойства системы в их явлениях. Когда же есть возможность проникнуть непосредственно внутрь адаптированной системы, изучить телесную основу ее существенных свойств, т. е. рассмотреть компоненты сущности как телесные единицы соответствующих уровней объекта, то **свойства этих единиц лучше называть не существенными, а сущностными**. Например, хромосомный аппарат относится к сущности живой клетки, способность клетки к ассимиляции, диссимиляции и размножению — к числу ее существенных свойств, но изучение самих компонентов хромосом, их химического состава и физических характеристик - **это уже выявление сущностных свойств** клетки. Естественно, что прямое изучение сущности через выявление сущностных свойств— ситуация далеко не типичная, хотя и “желанная” для исследователей. **Но конструктор и создатель может воплотить систему в материальную субстанцию только после того, как через**

сущностные свойства технически реализует сущность системы. Следует также заметить, что степень сформированности сущности является еще одним показателем системности объекта, его целостности, его устойчивости в границах меры, а также четкости границ меры. И, наконец, ясно, что, не упуская из виду динамичность сущности, возможность прослеживания ее становления, мы, тем не менее, на каждой конкретном уровне развития системы говорим о сущности как о “стороне” системы и даже лишь как о “моменте” этой “стороны”, тогда как основание на всех моментах становления сущности может быть неизменным.

Необходимость и случайность во взаимодействии систем

Чем глубже уровень адаптации объекта, т. е. чем ближе объект к оптимальной адаптированности, к совершенному состоянию при данном основании, тем в большей степени он является системой, тем полнее сформирована его сущность, чем определеннее спектр его свойств, область его возможных состояний, его специализация, его интенция, его “привязанности” и “антипатии” к другим объектам. А это значит, что четко ограничена область меры такого объекта, велика предрасположенность, неизбежность его вступления в одни связи и гарантия невступления в другие в каждом конкретном сочетании внешних и окрестных условий. И если эти условия заданы и поддерживаются именно такими, а не иными, то можно говорить о наличии *необходимости* возникновения соответствующих связей объекта, проявления соответствующих свойств или наступления неизбежных событий. А для достаточно надежного поддержания условий нужно, чтобы все соучастники взаимодействия, задающие эти условия, также представляли собой компоненты глубоко адаптированной системы, свойства которых согласованы со структурой этих взаимодействий.

Таким образом, диалектическая категория **необходимости** оказывается связанной с узловым понятием системного подхода — с **системой**. Необходимость представляет собой такую характеристику взаимодействия систем, которая пропорциональна прежде всего степени системности наименее совершенной из взаимодействующих систем (в том числе и среды как системы).

С другой стороны, так как по нашему определению степень системности не может быть предельной равной единице из-за того, что адаптация объекта не может быть бесконечно глубокой, а условия, в которых находится система, также не бывают абсолютно стабильными,

иначе понадобилась бы бесконечная их адаптация ввысь, то, кроме необходимости, всегда существует и случайность, т. е. такие типы взаимодействий и такие процессы, которые, казалось бы, не вытекают из предрасположенностей объектов к взаимодействиям, определяемым сущностью объектов, противоречат их сущности.

Следовательно, и категория случайности связана с понятием системы она также характеризует взаимодействие системы и может быть оценена как величина, пропорциональная в первую очередь степени “недосистемности” (т. е. степени отличия от совершенного состояния) наименее адаптированной из взаимодействующих систем (включая и среду), т. е. снова наименее совершенной из систем.

Противоречие и основание как условие его разрешения

Появление оснований как необходимая предпосылка для начала процесса формирования системы со свойствами, соответствующими требуемой функции этой системы в данном вакантном узле, т. е. в данных окрестностных условиях надсистемы, не обязательно должно быть следствием того, что из надсистемы почему-либо оказалась изъятой система, ранее находившаяся в данном вакантном узле. Соответственно и наоборот: исчезновение, исключение какой-либо системы не обязательно приводит к возникновению вакансии. Чтобы эти утверждения были убедительными, обратим внимание на следующие обстоятельства.

Если надсистема имеет высокий уровень системности и функционирует в над-надсистеме в соответствующем функциональном узле, то внешние и внутренние потоки надсистемы согласованы, и в этом смысле между ними нет *противоречия*. Важно, что противоречие у нас не формально, а онтологично, телесно, как и сущность. Сущность надсистемы служит внутренней причиной как раз тех ее свойств, которые согласованы с основанием, образуют область требуемых функциональных состояний, задают границы меры, обеспечивают наличие поддерживающих потоков. Но ничто не остается абсолютно неизменным. В частности, со стороны над-надсистемы может измениться запрос на границы области требуемых функциональных состояний надсистемы, причем таким образом, что для исполнения новой функции понадобится *упростить* сеть обменных потоков в надсистеме, т. е. структуру взаимодействий составляющих ее систем. Следовательно, между наличными и требуемыми потоками возникнет противоречие. Одним из естественных **вариантов упрощения структуры** является **уменьшение числа узлов пересечений потоков**

взаимодействия. Следовательно, может просто отпасть потребность в системе как специальном элементе, находившемся в соответствующем узле структуры надсистемы, т. е. область требуемых функциональных состояний этой системы может “сжаться” до нуля, и для функционирования надсистемы потребуется избавиться от системы, выполнявшей эту исчезающую функцию. Система не имея основания в данной надсистеме, лишается функции и исключается из надсистемы. Ясно, что в этом случае исключение системы из надсистемы не приводит к образованию вакансии, как раз наоборот, наличие системы, утратившей функцию из-за исчезновения основания, есть противоречие, а исключение такой системы из надсистемы— его разрешение. Но тогда очевидно и обратное: если функциональный запрос к над-надсистеме изменился таким образом, что для наличия свойств, отвечающих новой области требуемых функциональных состояний необходимо *усложнить* взаимодействия между компонентами надсистемы, то **увеличение густоты сети обменных потоков делает необходимым ее разрежение за счет появления новых узлов и, следовательно, элементов, выполняющих роль “перераспределителей”, “коммутаторов” и “диспетчеров” потоков обменных элементов для “снятия” противоречий между ними.** Следовательно, в том участке надсистемы, где произошло наиболее сильное усложнение структуры, возникает *основание, запрос на новую систему,* способную своим наличием снять это противоречие, представляющее собой структурное переусложнение надсистемы. Оно остается не снятым, пока возникшей потребной функции еще не соответствует система со свойствами, делающими ее способной выполнять именно эту функцию.

По-видимому, здесь мы встречаемся еще с одной формой взаимодействия количественных и качественных характеристик развивающихся и функционирующих объектов, еще с одной разновидностью оптимизации качественных и граничных свойств системы. Усложнение структуры в нашем определении соотносимо с количественным ростом, ибо отражает рост роли внутренних граничных свойств объекта. Увеличение числа элементов объекта соответствует *росту удельного веса внутреннего качественного начала,* ибо состав элементов как основы субстанции целого характеризуется, прежде всего, качественными свойствами элементов. Тогда возникновение в надсистеме основания как потребности в новом элементе в связи с изменением запроса на ее функциональные свойства есть проявление внутреннего качественного скачка вследствие роста главного внутреннего количественного

параметра — структуры надсистемы. Но этот скачок имеет одно замечательное свойство. Вначале он представлен только фактом противоречия, выраженного *телесно* как усложнение сети потоков, как переусложненность схемы пересечений потоков, причем не как *освобождение*, а как *рождение* вакансий для нового элемента, который должен ликвидировать эту переусложненность, когда он сформируется.

Такое понимание отношения между основанием и противоречием не может считаться недиалектическим. Как пишет М. Розенталь в предисловии к “Науке логики - Гегеля “противоречие, по Гегелю, разрешается в основании”. Очевидно и то, что, разрешив возникшее противоречие, основание “является,.. как новое противоречие”. Действительно, с момента появления основания оказываются заданными запросы на функциональные свойства новой системы с ее сущностью, но тем острее чувствуется отсутствие такой системы как новое противоречие в надсистеме. **К тому моменту, когда уже возникло основание, новая система предопределена**, “она есть раньше, чем она существует”, и в этом смысле она уже есть; но она еще не начала появляться, складываться, и в этом смысле, ее еще нет.

Аналогичное противоречие, но с “обратным знаком”, имеем мы и тогда, когда противоречие в надсистеме привело к *исчезновению* вакантного узла. В этом случае система со вполне сложившейся сущностью еще есть в рассматриваемых окрестных условиях, но ее уже нет, потому что свойства системы по отношению к этим условиям больше не функциональны, связи с окрестными системами стали невозможными, и поэтому система — не элемент данной надсистемы. **“Нулевое основание” привело к “запросу” на “нулевую сущность”**. Системы **“нет раньше, чем она перестала существовать”**.

Таким образом, основание, разрешая противоречие, противоречиво в самом себе, что и служит движущей силой для разрешения нового противоречия.

Категория условия и система как суть дела

Основание как нечто внешнее по отношению к требуемой системе определяет ее функциональные свойства. Но для закрепления функциональных свойств основание, как мы уже видели, должно привести к возникновению “внутреннего основания” этой системы, к возникновению ее телесной сущности, а для этого, как уже рассматривалось при введении понятия адаптации, нужны *условия*,

сводящиеся к наличию резерва материала и заданности условия функционирования. Следовательно, сущность формирующейся системы получает окончательные свои определения лишь тогда, когда после возникновения основания конкретизируются условия создания и функционирования системы. Ясно, что наличие или отсутствие условий само по себе не зависит от наличия или отсутствия основания, хотя приемлемость или неприемлемость условий задается основанием, а приемлемость основания — условиями. Гегель следующим образом характеризует отношения между этими двумя “началами” всякой вещи, всякого целого. “Нечто есть — не через свое условие; его условие - это не его основание... Кроме своего условия, нечто имеет также и основание”. Эти “обе стороны целого, *условие* и *основание*, .. безразличны друг к другу, не обусловлены друг другом...”. По мере того, как в вакантном узле надсистемы складывается система с потребными функциональными свойствами из наличного материала в конкретных условиях функционирования, исчезает и несогласованность между структурой и субстанцией надсистемы исчезает телесное противоречие, возникшее после возникновения основания; вакансия превращается в узел согласованности, и тем самым снимается функциональный “запрос” на систему с телесной, материализованной сущностью. Но этот запрос снимается не потому, что в системе больше нет потребности, а потому, что по мере адаптации системы потребность получает все более полное *непрерывное удовлетворение*. Так, после уточнения онтологической природы понятия основания и условия мы можем видеть, что наше определение понятия системы не есть аналог понятия вещи, факта, события или объекта как непосредственной данности, наблюдаемой только через те свойства, которые лежат на поверхности, т. е. которые представляют лишь явления некоторой скрытой для нас сущности. Для нас **система** —это и условие, и основание объекта или события, и процесс становления его сущности, и его “выхождение” в телесное воплощение, и тенденции его дальнейших изменений. Следовательно, **система**, в нашем понимании - это внешний, материальный, телесный “оригинал” того, чему в диалектике соответствует понятие **“суть дела”**. Важность этого понятия, которому соответствует гегелевский термин *Sache*, подчеркивал В. И. Ленин: “с этим введением становится не *Dinge*, а *die Sache*, *der Begriff der Dinge* (—вещи, а суть, понятия вещей), не вещи, а законы их движения, материалистически”. Таким образом, **система**, в излагаемой концепции системного подхода-это **онтологический, телесный** аналог не *Dinge*, а *Sache*, во всей полноте его

противоречивых сторон как основы развития. И наоборот, “суть дела” как категория диалектики—это понятие не о вещи, а о системе.

Но если система, в рассматриваемой системологической концепции,—это не абстрактное понятие и даже не просто телесная вещь, а именно “суть дела”, то очевидно, что изучение свойств систем, различение и отождествление систем не может опираться только на те приемы, которые разработаны для сравнения и отождествления вещей как наличных явлений в определенной синхронической плоскости. **Нужны дополнительные специфические приемы работы с объектами как системами, т. е. как с сутью дела. Важнейшим из таких приемов является сравнение систем на основе сравнения их детерминант.**

Принципы сравнения и детерминанты систем

Для установления принципов сравнения систем между собой необходимо ввести ряд новых (и свете изложенного ранее) понятий.

Начнем с понятия *траектории развития* системы, в которое связывается воедино непрерывная последовательность всех ступеней всех “моментов”, всех фаз развития, всех этапов адаптации системы, от момента появления основания до времени, когда система станет практически совершенной (т. е. достигнет заданного порога оптимальной адаптированности). Тогда две системы с одинаковыми основаниями и условиями можно сравнивать по их фазе на траектории развития, определяя, какая из двух систем ближе к совершенному состоянию, глубже адаптирована, имеет более четкие границы меры, более ярко проявляющуюся сущность, чем другая. Если измерять эту фазу в доле траектории развития, то степень системности двух систем можно сопоставлять даже тогда, когда у них — различные основания, например, когда они адаптируются в разных функциональных узлах надсистемы.

Но две системы могут отличаться друг от друга и тогда, когда у них тождественны и основания, и фазы развития, но не совпадают условия. В этих случаях у систем могут быть различными предельные, совершенные состояния и, следовательно, свойства и особенности сущности на всей траектории развития. Это фактически означает, что **различными будут траектории развития в пространстве свойств адаптирующихся систем** и, естественно, конечные точки этих траекторий. Общей окажется только *исходная точка* этих траекторий, ибо она задается тождественным основанием.

Нетрудно установить и причины этих различий: сущности формирующихся систем при тождестве основания не могут быть тождественными тогда, когда различаются либо резервы материала, либо условия функционирования этих систем. При этом функциональные свойства таких систем должны совпадать, следовательно, **различие сущностей проявится только в несовпадении тех конкретных способов, с помощью которых внутренние свойства систем поддерживают функциональные свойства.** Своеобразие условий, в которых складывается индивидуальность двух систем с **одинаковыми основаниями, становится определяющим параметром** для сравнения этих систем. Поэтому такое своеобразие условий было названо *детерминантой* (определяющей характеристикой) системы. А так как условия конкретно зависят либо от особенностей **резерва материала** (“материальные условия”), либо от особенностей **условия функционирования** (“кондиционные условия”), то и **детерминанта** системы может быть либо материальной, либо кондиционной.

При сравнении реальных систем между собой наиболее типична ситуация, когда тождественны и основания, и резервы материала этих систем. Следовательно, отличие между ними заключается, как правило, в несовпадении фаз адаптации (степени совершенства при заданном основании) и условий функционирования. Поэтому, если нет особой оговорки, то под *различием детерминант* будет подразумеваться **различие кондиционных детерминант**, т. е. своеобразие **условий функционирования**. Системы, у которых совпадают основания и условия (и, следовательно, материальные и кондиционные детерминанты), имеют совпадающие полные траектории развития. Следовательно, отличие их может заключаться только в несовпадении фаз развития. Если же у таких систем совпадают и фазы, то мы вправе рассматривать их как *экземпляры* одной и той же системы. Различие детерминант как условий приводит к различию сущностей и, следовательно, к различию существенных свойств, вытекающих из этих сущностей, в той мере, в какой сущность зависит не только от основания. А так как в системе с глубокой степенью адаптации и, следовательно, с четкими границами меры, все **нефункциональные свойства подчинены поддержанию функциональных**, то значение основания и существенного свойства, вытекающего из детерминанты, позволяет понять внутреннюю логику и состояния и развития системы даже в тех случаях, когда еще не найдена формулировка детерминанты. Таким образом, *специфическое существенное свойство*, являющееся прямым следствием

детерминанты, также может быть характеристикой специфики системы и в этом смысле — тоже детерминантом, но **внутренней**.

В ходе развития излагаемой концепции системного подхода термин “детерминанта” был найден не сразу. Сначала речь шла об “определяющем параметре” системы, о “ведущей тенденции”, о “доминанте” системы. Кроме того, не сразу было проведено различие между детерминантой как условием и детерминантой как специфическим существенным признаком, вытекающим из этого условия. И, наконец, необходимо отметить, что системы сопоставлялись почти исключительно на основе выявления кондиционных детерминант. Однако все перечисленные ограничения не препятствовали выработке основных принципов излагаемой концепции системного подхода как прикладной диалектики.

2.5. Сопоставимость, функциональность, существенность и утилитарность систем

Функциональность, существенность и утилитарность

Так как сущность системы, в нашем понимании, формируется для удовлетворения функциональных вопросов надсистемы в ее определенном вакантном узле, то наиболее полно **сущность выявляется** через те существенные **свойства системы**, которые **функциональны**. Прочие существенные свойства системы, как отмечалось, складываются в ней в процессе ее адаптации лишь для поддержания функциональных свойств при данном резерве материала и данных условиях функционирования. Поскольку **абсолютной системности объект никогда не достигнет**, то, кроме существенных свойств, он может проявлять и несущественные. Но они уже не являются функциональными. Следовательно, пока объект функционирует в том вакантном узле, в соответствии с запросами которого формировалась сущность объекта, мы можем говорить, что практически **из функциональности вытекает и существенность**. **Однако, если подходить шире, то нельзя отождествлять эти характеристики системы**. Так, если объект по каким-либо причинам изъят из функционального узла, то набор его свойств, набор его валентностей продолжает определяться прежде всего сущностью объекта, его опытом, но **поскольку объект не функционирует, то**

функциональных свойств у него просто в это время нет, а существенные остались. Если же этот объект, как материал втягивается в функциональный узел какой-либо новой подсистемы потому, что некоторые из его свойств соответствуют запросу образовавшейся вакансии, то функциональными могут оказаться не обязательно те свойства, которые были функциональными, когда формировалась сущность этого объекта в предшествующей надсистеме. В новой надсистеме важными могут быть и те свойства, которые сохранились в нем вопреки сформировавшейся сущности. Следовательно, функциональными бывают и *несущественные* свойства систем в надсистемах.

Условимся называть свойства системы, рассматриваемой лишь в аспекте ее пригодности занять определенный вакантный функциональный узел в надсистеме, *утилитарными* (для надсистемы). Тогда можно говорить, что пока система адаптируется в надсистеме и пока протекает процесс формирования сущности системы и приближения ее к совершенному состоянию, **существенные свойства, будучи функциональными, все меньше отличаются от утилитарных.** Но если эта система попадает в другой функциональный узел, то даже если ее свойства позволяют ей функционировать в этом узле, функциональные свойства, будучи утилитарными, могут значительно отличаться от существенных. И только если начнется процесс адаптации системы к новому вакантному узлу, то сущность объекта будет перестраиваться таким образом, чтобы снова существенные свойства стали и функциональными, и утилитарными. Поэтому и сам *процесс адаптации* объекта к некоторому функциональному узлу надсистемы, процесс утраты этим объектом его исходной сущности и приобретения новой сущности, переводящей адаптируемый объект из разряда материала в разряд компонента субстанции адаптирующей надсистемы, можно теперь охарактеризовать с новой стороны: как процесс *снятия противоречий между утилитарностью и существенностью функциональных свойств объекта и выработки новых существенных свойств, являющихся функциональными и утилитарными.*

Такое, разграничение функциональности, утилитарности и существенности и уточнение механизмов их взаимоперехода в процессе адаптирования системы к надсистеме позволяет нам избежать весьма распространенного, но двусмысленного употребления термина “существенное свойство”. Пока надсистема имеет свою сущность и хорошо адаптирована к над-надсистеме, ее функциональные свойства и существенны и утилитарны по отношению к над-надсистеме.

Если же по какой-либо причине в надсистеме образовался вакантный узел, то для сохранения всех существенных ее свойств и, следовательно, для сохранения ее функциональных свойств, в надсистеме возникшую вакансию должна занять новая система, способная выполнять требуемую функцию, т. е. имеющая в составе, своих свойств такие, которые необходимы для вакантного функционального узла. Без наличия этих свойств в системе надсистема может потерять свои существенные свойства, ибо нарушение режима обменных потоков связи в вакантном узле может неблагоприятно сказаться на сохранении *сущности подсистемы*. Следовательно, требуемые свойства системы имеют отношение к сущности надсистемы, но их нельзя назвать существенными, ибо они — не следствие наличной сущности, а лишь требуемые условия ее сохранения. Что же касается самого носителя этих свойств, т. е. самой системы, включаемой в вакантный узел, то по отношению к ней, как мы уже видели, функциональные для этого узла свойства тоже могут оказаться несущественными для системы. **Поэтому они и названы утилитарными, “потребительными”, не обязательно существенными для системы и наверняка несущественными для надсистемы.** Лишь в процессе адаптации, будучи функциональными, утилитарными для надсистемы, эти свойства должны стать существенными и для адаптируемой системы.

Можно также сказать, что основание как запрос на определенную область функциональных состояний в вакантном узле подсистемы есть обратная сторона утилитарных свойств системы, адаптируемой в этом узле, а когда основание перестает быть “чем-то отличным от основанного”, т. е. от сформировавшейся системы, то это как раз и означает, что **функциональные свойства системы одновременно и утилитарны, и существенны.**

Заметим в заключение, что понятие адаптации, в связи с существующей тенденцией, выводится в рассматриваемой концепции на уровень так называемых “общенаучных понятий”. Более того, адаптация трактуется в данном случае не только в аспекте “приспособления живых существ к условиям окружающей среды” и поэтому представляется не только как “одна из кардинальных проблем биологии”. Адаптация оказывается „относимой с философской категорией развития в живой, неживой природе как конкретизация этого понятия, как попытка дополнительного обоснования тезиса, что в основании всего сущего лежит вещество, материя, которая находится в процессе непрерывного развития. Частным случаем, вытекающим из глубинных свойств самодвижущейся материи, является адаптация в

узко биологическом смысле. Если такое толкование и уточнение понятия адаптации со временем будет подтверждаться то это увеличит вероятность того, что продуктивным окажутся и семиотические, и языковые понятия, которые изложены в последующих главах.

3. Адаптивность и отражение

3.1. Отражение как свойство адаптивных систем

Актуальность проблемы природы отражения

Отметим, что невозможно заниматься поиском путей технической реализации — передачи мыслительного содержания с помощью условных знаков, если не доказано, что хотя бы более низкие уровни отражательных процессов, таких, например, как специфическая реакция на различные физические характеристики объектов, **способность обучиться опознавать эти объекты** и т. д., может в технических устройствах опираться на исходные свойства материи, “родственные с ощущениями”. Уже накоплено немало научных аргументов в пользу того, что нет “непроходимой грани между живой и неживой материей, между материей, с одной стороны, и ощущением и сознанием, с другой”. После предложенного уточнения понятия системы как диалектической категории “сути дела”, после онтологизации ряда иных философских категорий и после введения представлений о процессе адаптации как о материальном согласовании, как о разрешении онтологических противоречий в системе, следует взглянуть с несколько новых позиций на проблему природы отражения и перейти далее сначала к общесемиотическим, а потом и собственно лингвистическим аспектам кибернетики. При этом в чисто физических, химических и прочих объективных процессах неорганической материи мы будем стараться усматривать наличие тех предпосылок, тех субстратных явлений, без которых не могли бы развиваться высшие формы отражения, как не может возникнуть организм взрослого животного, не пройдя через стадии эмбрионального развития.

Природа деформаций как основы отражения

Из того факта, что **текущее состояние объекта как совокупность его свойств, определяющих набор валентностей взаимодействия, зависит от окрестностных условий**, следует, что объекты близких или тождественных сущностей в одинаковых окрестностных условиях имеют **близкое или тождественное деление валентностей на экстенции, интенции и потенции**. Это особенно очевидно тогда, когда такие объекты создают для себя взаимные окрестностные условия. Примером подобного положения могут служить молекулы в кристалле, где из однородности молекул следует и однородность способов реализации их взаимосвязей (экстенции) и однородность предрасположенностей к другим видам связей (интенций и потенций).

Рассматривая проблему природы отражения, сначала будем иметь в виду системы, возникшие на основе связей более или менее однородных компонентов. В этом случае очевидно, что если какая-либо внешняя причина, например, воздействие на данную систему, вызовет изменение структуры уже установившихся, экстенциальных связей между компонентами данной системы, то следствием этого может быть влияние изменившихся экстенции верхних уровней на структуру потоков и на соотношение интенций и потенций компонентов более глубоких уровней данной системы. Это может привести к тому, что компоненты более глубоких уровней начнут адаптироваться под новую структуру экстенции высших уровней.

Однако, как мы видели, адаптация, поскольку она связана с внутренней перестройкой, не совершается мгновенно. Поэтому, если внешняя причина, изменившая взаимные окрестностные условия между однородными объектами надобъекта, исчезает раньше, чем успели произойти заметные глубинные адаптации к новым распределениям потоков связи между компонентами высших уровней системы, то исчезновение внешней причины может сопровождаться восстановлением исходных окрестностных условий между этими компонентами, т. е. восстановлением исходной структуры их экстенциальных валентностей. Однако если внешняя причина поддерживает извне изменение окрестностных условий между компонентами данной системы так долго, что на глубинных уровнях этих компонентов успевает произойти адаптация элементов к новой структуре более высокого уровня, то исчезновение этой причины может оказаться недостаточным фактором для того, чтобы исходная структура экстенций между объектами надобъекта восстановилась полностью. Перестройка глубинных элементов компонентов

рассматриваемой системы приведет в этом случае к изменению валентностей самих этих компонентов, и набор их интенций и экстенций может оказаться другим. А поскольку теперь возникнет новая структура экстенциальных связей между компонентами, то элементы этих компонентов уже не будут находиться в исходных условиях по отношению к потокам связи на более высоких уровнях, и следствия адаптации, вызванные хотя и временным, но достаточно долгим воздействием внешней причины на совокупность объектов, в той или иной мере останутся и закрепятся как новое состояние отражающего объекта, выражаемое в появлении следа воздействия.

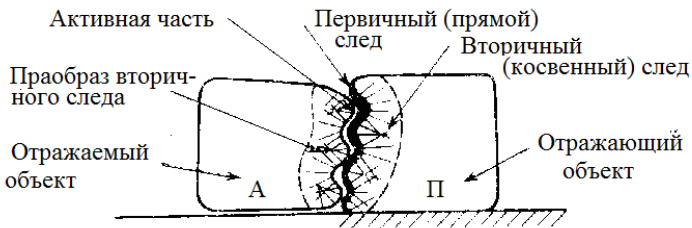


Рис. 5.

По-видимому, рассмотренная картина возникновения следа является иллюстрацией существенных сторон таких изменений состояний сложных объектов под влиянием внешних воздействий, которым в механике соответствуют понятия упругой и неупругой (остаточной) деформации. Условимся процесс изменения любых состояний одного объекта, например *П* (рис. 5), как следствие воздействия на него другого объекта, например *А*, называть *отражением*; результат отражения — *следом*, объект, испытавший воздействие, которое проявляется в виде возникновения следа этого воздействия, назовем *отражающим объектом*, а объект, взаимодействие с которым послужило причиной возникновения следа — *отражаемым* (рис. 5). Таким образом, возникновение упругих или неупругих деформаций должно теперь расцениваться как одна из форм возникновения следа воздействия одного объекта на теле другого объекта, как одна из форм результата отражения.

Объекты в процессе отражения могут взаимно влиять друг на друга, взаимно деформировать друг друга, так что следы после взаимодействия останутся на обоих объектах. Однако для анализа механизмов отражения первоочередной задачей является рассмотрение

таких взаимодействий между объектами, при которых можно считать, что один объект воздействует на другой заметным образом, но воздействием второго на первый можно пренебречь. В этом случае отражающий объект (П на рис. 5) можно называть также *пассивным*, а отражаемый (А на рис. 5) — *активным*. Кроме того, ту часть активного, отражаемого объекта, которая находится с пассивным объектом либо в контакте, либо влияет на пассивный субстанцией потоков связи, т. е. ту часть активного объекта, которая своими экстенциональными потоками непосредственно изменяет структуру потоков связи компонентов отражающего объекта, назовем *активной частью* отражаемого объекта. Тогда ту часть отражающего объекта, в которой произошли те или иные виды деформации непосредственно под влиянием активной части отражаемого объекта, назовем *первичной деформацией*, или *прямым следом* (рис. 5).

Исходя из представлений о потоковой природе взаимодействий реальных объектов и механизмов их адаптации, мы можем не только по-новому истолковать процессы возникновения упругих и неупругих деформаций как условий возникновения следов воздействия отражаемого объекта на отражающем, но и вскрыть потенциальную возможность таких следствий взаимодействий этих объектов, которые уже не соотносимы с привычными понятиями механики, но имеют первостепенное значение для выявления природы более тонких видов отражения.

Факторы наличия подобия отражающего объекта отражаемому и самому себе

Обратим теперь внимание на ряд хотя и очевидных, но требующих подчеркивания фактов.

Во-первых, ясно, что прямой след, будучи непосредственным следствием воздействия активной части отражаемого объекта П на отражающий объект А, не может не иметь некоторых свойств, совпадающих со свойствами активной части отражаемого объекта. Даже если первичный след — это простая механическая вмятина, то определенные особенности структуры активной части отражаемого объекта окажутся навязанными этому следу, и след, в той или иной степени, уподобится активной части. Поэтому справедливо считать, что в определенной мере сам отражающий объект *уподобится* отражаемому. В общем случае **появление прямого следа приведет к изменению не только экстенций, но и интенций компонентов отражающего объекта П в месте следа.** Но это изменение интенций

может привести к возникновению новых экстензий уже за границами *первичного следа*. Отсюда вытекает новое заключение: **если первичный след — это деформация отражающего объекта под влиянием *внешнего фактора*, например, воздействия активной части отражаемого объекта, то, возникнув в теле отражающего объекта, первичный след может сам превратиться в активный *внутренний фактор* последующей, *вторичной* деформации отражающего объекта**, причем эта вторичная деформация, захватив большую или меньшую полосу за границами первичной, т. е. за границами прямого следа, может быть соотнесена с определенной полосой активной части отражаемого объекта (рис. 5). Свойства полосы вторичной деформации, возникающей вокруг прямого следа, могут не иметь ничего общего со свойствами соответствующей полосы вокруг активной части отражаемого объекта, так как **навязываются природой компонентов не отражаемого, а отражающего объекта**, и тогда степень подобия между отражаемым и отражающим объектом останется той же, какой она была до возникновения вторичной деформации в отражающем. “Вмешательство” вторичной деформации выразится в этом случае лишь в степени изменения подобия отражаемого объекта самому себе: без вторичной деформации эта степень изменения была бы меньше, чем при наличии вторичной. В частности, поскольку вторичная деформация может тоже оказаться активным внутренним фактором и т. д., то первичная деформация должна тогда рассматриваться как “спусковое воздействие” для цепи (в том числе и лавинообразной) последующих изменений свойств отражающего объекта. **Многоступенчатые и лавинообразные деформации возможны лишь при наличии резервов внутренней энергии**, обеспечивающей вторичные деформации отражающего объекта. А так как в рассматриваемой концепции все связи и взаимодействия и, следовательно, перестройки структуры объекта истолковываются в терминах потоков субстанции связей, то и *накопление внутренней энергии* следует понимать как *аккумуляцию субстанции связи*, например, в виде циркулирования внутренних замкнутых потоков, а *освобождение* внутренней энергии — как разрыв, *размыкание* таких внутренних *потоков*, их вмешательство в другие потоки связи и, в частности, изменение структуры этих других потоков. Так как и исходные взаимодействующие объекты, и факторы их изменения и взаимодействия при таком потоковом рассмотрении оказываются телесными, то известные физические законы перехода массы в энергию, энергии в массу, освобождения энергии за счет

дефекта массы и т. д. приобретают вполне реальные черты изменения формы существования материи при ее неуничтожимости. С энергетической точки зрения упругая деформация отражающего объекта обеспечивает подобие прямого следа характеристикам активной части отражаемого объекта, и после прекращения воздействия отражаемого объекта след не только исчезает, но и возвращает энергию, потраченную на воздействие; при неупругой деформации след сохраняется длительное время и тем самым сохраняет вызванное воздействием подобие отражающего объекта отражаемому, и при этом энергия деформации не возвращается. При вторичных деформациях эта переданная энергия сама служит фактором начала процесса внутреннего освобождения энергий отражающего объекта и его вторичных деформаций, и в тех случаях, когда внутренняя структура этих деформаций нас не будет интересовать, а будет важен лишь факт наступления деформации, первичное воздействие и его первичный след будем называть *спусковым* по отношению к вторичным процессам деформации. Естественно назвать результаты вторичной деформации *косвенным следом*.

Естественная адаптация

Рассмотрим теперь случаи, когда косвенный след возникает под влиянием воздействий, которые уже нельзя назвать спусковыми. Представим, что и отражающий, и отражаемый объект (П и А на рис. 5) — это глубоко адаптированные системы, причем сформировавшиеся при подобных основаниях и резервах материала. Ясно, что сущности таких объектов и их компонентов будут также весьма близкими. Нетрудно догадаться, как скажется эта близость на особенности вторичной деформации после возникновения прямого следа воздействия отражаемого объекта на отражающий. Компоненты отражающего объекта окажутся подчиненными тем же законам изменения валентностей, тем же внутренним зависимостям перехода интенций в экстенции, потенций в интенции и т. д., что и компоненты отражаемого, активного объекта, и поскольку, как мы установили, прямой след не может не быть в определенной мере подобным (по своим свойствам) активной части отражаемого объекта, то и вторичные последствия этого подобия тоже не могут не быть в той или иной степени подобными. Иными словами, полоса вторичной деформации вокруг прямого следа на отражающем объекте *П* будет также в некоторой мере уподобленной по своим свойствам

соответствующей полосе вокруг активной части отражаемого объекта А, причем тем в большей мере, чем более подобна субстанция объектов, чем ближе были основания, формирующие сущность компонентов этой субстанции, чем более одинаков “опыт материала”, послужившего субстратом формирования субстанции, несмотря на то, что полоса вторичной деформации вокруг следа не испытывала прямого воздействия со стороны соответствующей полосы отражаемого объекта. Очевидно, что вторичная деформация, т. е. косвенный след (рис. 5), увеличивает в этом случае степень уподобления отражающего объекта отражаемому и что рассмотренная разновидность отражения, явно выходящая за рамки представлений о механических деформациях, имеет, тем не менее, *универсальный* характер, **ибо не может быть в природе объектов с такими субстанциальными характеристиками, в которых вообще не содержалось бы ничего общего.** Ясно также, что степень этой общности субстанции может варьироваться в очень широких пределах, и поэтому уподобление взаимодействующих объектов за счет возникновения вторичного, косвенного следа вокруг первичного может быть и таким, что дает заметное добавление к подобию, вызванному возникновением первичного следа, и таким, что фактически является пренебрежимо малым по сравнению с подобием, вызванным первичной деформацией. Естественно, что **механика имеет дело с взаимодействиями второй разновидности: упругими, неупругими и спусковыми, а анализ природы отражения должен быть направлен на рассмотрение взаимодействий первой**, обеспечивающей за счет вторичной деформации заметный прирост к тому уровню подобию отражающего объекта отражаемому, который получен на стадии первичной деформации как подобие характеристик прямого следа характеристикам активной части отражаемого объекта. Поскольку это дополнительное подобие косвенного следа фактически предвосхищает то, что было бы с прямым следом отражающего объекта, если бы расширилась зона, раздвинулись границы активной части отражаемого объекта, т. е. что было бы, если бы воздействие активного объекта на пассивный было в том или ином отношении более полным, то назовем этот вид отражения вторичной, но не спусковой деформации *антиципацией*, т. е. „предвосхищением“, „опережением“ того, что должно произойти при определенных условиях лишь в будущем. Таким образом, косвенный, вторичный след может быть *антиципативным*. По-видимому, возможность протекания антиципации, т. е. антиципативных видов отражения на телесном, физико-химическом уровне в объектах реальной действительности, и

должна расцениваться как то свойство материи, которое „по существу родственно с ощущением" или, во всяком случае, является непременным условием возникновения способности к ощущению и к другим более высоким формам отражения на определенном уровне усложнения систем.

Антиципация сходна с косвенной деформацией при спусковых воздействиях в том отношении, что, будучи также вторичной, она протекает, во-первых, на основе энергии, запасенной отражающим объектом до акта взаимодействия с отражаемым, и, во-вторых, подобие состояния отражающего объекта своему исходному состоянию вследствие вторичной деформации уменьшается. Но при спусковом воздействии отношение между отражающим и отражаемым объектом этим и ограничивается, а при антиципации степень их подобия благодаря возникновению косвенного следа возрастает. По-видимому, трудно было бы прийти к представлениям о **косвенном следе как способности всех телесных объектов к тому или иному уровню антиципации**, если бы мы не имели в своем распоряжении таких конкретизаций категорий материалистической диалектики, которые позволили нам осмыслить понятие системы как телесного аналога диалектического понятия „суть дела".

Теперь, продолжая извлекать содержательные следствия из системы рассмотренных категорий, перейдем к вопросу о важнейших видах самих антиципаций, о разновидностях предвосхищающих косвенных следов.

Виды антиципации, образ и отображение

Антиципация может осуществляться *множественно* или *однократно*, в зависимости от того, какова **деформация отражающего объекта, приведшая к возникновению следа: упругая или неупругая**. Однако в том и другом случае мы пока что рассмотрели *универсальную* антиципацию, если понимать под универсальностью отсутствие каких-либо ограничений на то, осуществлялось или не осуществлялось до данного уникального акта антиципации взаимодействие отражающего объекта с данным отражаемым (или с данной активной частью отражаемого объекта). **Эффективность антиципации, которую можно оценивать по доле прироста подобия отражающего объекта отражаемому** после антиципации по отношению к подобию только в результате возникновения прямого следа, зависит, если она универсальна, только от того, какова степень близости „внутреннего опыта" компонентов отражающего и отражаемого объекта, степень

близости валентных особенностей этих компонентов, глубина уровней, на которых компоненты взаимодействующих объектов остаются носителями близких сущностей. Поскольку понятие антиципации опирается на представления о приросте подобия отражающего объекта отражаемому в результате возникновения вторичного, косвенного следа на теле отражающего, а **подобие характеризуется близостью свойств объектов**, то естественно различать **виды антиципации** и на основании того, какой тип свойств дает наибольший вклад в увеличение подобия отражающего объекта отражаемому после возникновения антиципативного следа. Так мы получаем возможность разделить антиципации по виду отражаемых свойств на две наиболее важные разновидности: *статические (или пространственные) и динамические (или временные)*.

Если по отношению ко времени, в течение которого осуществляется процесс антиципации, отражаемый объект остается более или менее неизменным, статичным, проявляющим свое многообразие лишь в пространственных координатах, то косвенная, антиципативная деформация, распространяясь за границы прямого следа, может увеличить степень подобия отражающего объекта отражаемому лишь в том смысле, что полоса вторичной деформации вокруг следа окажется подобной соответствующей полосе вокруг активной части отражаемого объекта субстанциальными или структурными статическими характеристиками. Иными словами, **вторичная деформация как проявление антиципации будет в этом случае такой, какой она могла бы быть, если бы просто увеличилась активная часть отражаемого объекта**, например, если бы увеличилась поверхность контактирования объектов. Следовательно, **полная, т. е. прямая и косвенная, деформация** при статической, пространственной антиципации восполняет, делает богаче отраженную картину особенностей отражаемого объекта, *проявляет* те свойства, которые в текущий момент времени хотя и присущи отражаемому объекту, но не были запечатлены на прямом следе, т. е. в результате первичной деформации.

Несколько иную роль играет антиципация в тех случаях, когда отражаемый объект, за время, сравнимое с временем процесса антиципации, успевает изменить свои свойства и в этом смысле является динамическим. В той мере, в какой новые состояния отражаемого объекта обусловлены сущностными характеристиками его компонентов, субстанциальная близость отражающего объекта отражаемому становится фактором перехода первичного следа, поскольку он отразил в себе некоторые особенности состояния

активной части отражаемого объекта, в новое состояние, во вторичный след, в той или иной степени соответствующий уже состоянию, в которое еще только *предстоит* перейти активной части отражаемого объекта. А так как подобие субстанции отражающего объекта субстанции отражаемого не полное, то среди антиципации рассматриваемой разновидности могут быть и такие, при которых для перехода прямого следа в новое состояние, т. е. в косвенный след, требуется меньшее время, чем для перехода активной части отражаемого объекта в соответствующее новое состояние. Иными словами, динамическое (временное) предвосхищение, *временная антиципация* содержит в себе зародыши того процесса, который в его наиболее развитой форме именуется *прогнозированием*, хотя у нас пока нет и речи ни о каких **познающих и предсказывающих субъектах**, а рассматриваются **универсальные (хотя и более тонкие, чем просто механические) свойства физических, телесных объектов.**

При пространственной антиципации можно говорить также о том, что результатом отражения является увеличение степени подобия между деформирующим *предметом* и *результатом* вторичной деформации, а при временной антиципации — степени подобия между деформирующим *процессом* и *процессом* вторичной деформации. И, наконец, мы можем разбить варианты антиципации на две разновидности еще по одному признаку, различая *внешнюю* и *внутреннюю* антиципацию.

В случае пространственной антиципации различие по признаку "внутреннее—внешнее" выражается в том, что при **внутренней пространственной антиципации косвенный след получается из прямого** благодаря тому, что граница прямого следа продвигается в глубь уровней, так что степень подобия отражающего объекта отражаемому увеличивается за счет увеличения совпадения характеристик деформации с характеристиками отражаемого объекта в направлении все большей *детализации*, тогда как при внешней пространственной антиципации границы деформации увеличиваются по площади, так что детальность соответствия результирующей деформации свойствам отражаемого объекта не растет, зато увеличивается *число фрагментов* отражаемого объекта, которые соответствуют антиципативному следу.

Такова же природа отличия **внутренних временных видов антиципации от внешних временных**: в одном случае процесс детализируется, но остается в том же интервале времени, в другом — детальность остается неизменной, но интервал отраженного процесса расширяется.

Необходимо еще отметить, что требование полного тождества субстанции отражающего и отражаемого объекта отнюдь не обязательно. Необходимо лишь, чтобы **наборы валентностей компонентов взаимодействующих систем и законы их взаимного перехода в класс экстенций, интенций и потенций были на определенном числе уровней в достаточной мере подобными.** Тогда, каким бы способом отражаемый, активный объект ни навязал некоторые из характеристик своей экстенциальной структуры отражающему надобъекту, после возникновения прямого следа в отражающем объекте могут начаться процессы дальнейшего уподобления его свойств свойствам отражаемого, и, следовательно, процессы антиципации этих свойств. **Ограниченность числа уровней подобия субстанций скажется лишь на глубине возможной детальности отражения.**

Необязательность тождества субстанции отражающего и отражаемого объекта имеет принципиальное значение для кибернетики, ибо подтверждает возможность имитации самых различных процессов, в том числе и протекающих в биологической субстанции, на неорганических субстратах технических устройств.

Введем в заключение этого раздела новые терминологические уточнения. Поскольку все чаще приходится упоминать не только отдельно термин "прямой след", имея в виду первичную деформацию, и термин "косвенный след" для называния вторичной деформации, но и различать результаты спусковых и антиципативных вторичных деформаций, то косвенный след спускового воздействия будем называть *последствием*, а суммарный результат прямой и антиципативной деформации — *образом*. Ту часть отражаемого объекта, характеристикам которой уподоблен образ, назовем *праобразом*, подчеркнув употреблением русской приставки "пра-", входящей в такие слова, как пра-дед, пра-родина, пра-язык, первичную роль праобраза в процессе отражения, приводящего к возникновению следа.

Образ, при использовании такой терминологии, оказывается состоящим из двух компонентов: прямого и косвенного антиципативного следа. Антиципативную составляющую образа будем называть *прообразом*, подчеркивая выбором 'приставки „про-“ (совпадающей в русском и греческом языке) „предвосхитительный“ оттенок ее значения, ярко проявляющийся в русских словах „провозвестник“, „провидец“ или в греческих словах типа “прогноз”, “профилактика”. В случае необходимости можно говорить о *прообразе прямого следа* в отличие от праобраза косвенного.

Сам процесс отражения, если его результатом является образ, можно называть *отображением*. Следовательно, в системе предлагаемых терминов **отображение является одним из видов отражения.**

Интенциональный след и возбуждение образа

Как уже подчеркивалось, мы рассмотрели виды антиципации, исходя из самого общего случая отражения, при котором **образ возникает в силу природной субстанциальной близости отражающего и отражаемого объекта.** Уровень антиципации может быть при этом и невысоким, но такое отображение оказывается наиболее универсальным и содержащим в себе потенции существенного усиления тех или иных отображательных свойств, хотя, естественно, ценой утраты степени универсальности. Теперь мы перейдем к важнейшим специализированным видам отображений, причем убедимся, что, кроме этой специализированности, они ничем больше не отличаются от универсальных, т. е. также распадаются на пространственные, временные, внутренние, внешние и т. д. Специализация этих видов отображений заключается в том, что по мере функционирования объекта в роли отражающего его отображательные способности возрастают по быстрдействию и чувствительности, но сужаются по многообразию допустимых преобразов. Основой специализации служит возможность существования таких деформаций, которые стоят на грани упругих и неупругих (спусковых и неспусковых), и тем самым в них своеобразно сочетаются свойства однократности и многократности отображения, свойства независимости внутренних деформаций отражающего объекта с их обусловленностью характеристиками отражаемого.

В том, что в адаптивных системах возможны и такие, промежуточные виды деформации, нетрудно убедиться. Действительно, если отражаемый объект оказал воздействие на отражающий, и время воздействия было таким, что глубинная адаптация компонентов отражающего объекта началась, но не была доведена до уровня, достаточного для того, чтобы после окончания воздействия экстенциональный прямой след на верхних уровнях остался неизменным, то, вроде бы, мы имеем дело с упругой деформацией. Но если глубинная адаптация к недавним следовым экстенциям еще не до конца исчезла, т. е. если глубинные компоненты еще не адаптировались к факту исчезновения следа, а отражающий объект снова был подвергнут со стороны активного объекта тем же самым

воздействиям, то благодаря глубинной остаточной адаптированности отражающий объект окажется в большей мере, чем при первом воздействии, предрасположенным к антиципации, так как теперь для ее возникновения потребуется либо меньшая интенсивность воздействия, либо меньшая **величина прообраза следа** при той же величине или глубине образа. И эта повышенная способность к отображению будет от раза к разу, до некоторого предела, усиливаться, но, естественно, лишь для одного и того же или достаточно подобных прообразов.

Этот факт можно истолковать как **формирование не только экстенциального, но и интенциального следа в актах взаимодействия с прообразом**. Если после определенного прямого воздействия эти интенции приведут к антиципации и возникновению образа, то на это потратится некоторая внутренняя энергия и субстанция отражающего объекта. Следовательно, в зависимости от того, превратится этот образ в остаточную деформацию, либо, благодаря притоку энергии и утраченной субстанции, отражающий объект сможет восстановить свое исходное состояние, такая антиципация будет однократной или многократной. В дальнейшем нас будут интересовать в первую очередь интенциальные следы, обеспечивающие антиципацию свойств отражаемого объекта многократно. В этом случае прообраз будет существовать в двух формах: в форме интенций до акта прямого взаимодействия отражающего объекта с активной частью отражаемого и в форме экстенций в течение некоторого времени после возникновения прямого следа этой части. По отношению к прямому следу такой прообраз напоминает вторичную деформацию от спускового воздействия, так как развитие вторичной части образа идет за счет внутренней энергии отражающего объекта. Но эта вторичная часть увеличивает степень подобия отражающего объекта отражаемому, и в этом отношении интенциальная антиципация ближе к универсальной.

Легко видеть, что интенциальные следы в определенном смысле неустойчивы. Поскольку в промежутках между взаимодействиями отражающего объекта с отражаемым прямой экстенциальный след исчезает и начинается процесс реадaptации глубинных элементов, то с уменьшением частоты этих взаимодействий интенциальный след начнет уменьшаться, “затухать”, но зато с увеличением этой частоты он снова может восстановиться. По-видимому, есть все основания к тому, чтобы связать факт превращения интенциальной деформации, “дремлющей” в отражающем объекте, в экстенциальную (например, под воздействием соответствующей внешней причины) с понятием

возбуждения этой предшествующей деформации, а обратный переход возбужденной экстенциальной деформации в скрытую, интенциональную — с *затуханием* результата рассмотренного “полупругого” косвенного отражения.

3.2. Антиципация и опережающее отражение

Опережающее отражение

Рассмотрим теперь несколько подробнее способы формирования интенционального следа сначала при пространственной антиципации, потом — при временной.

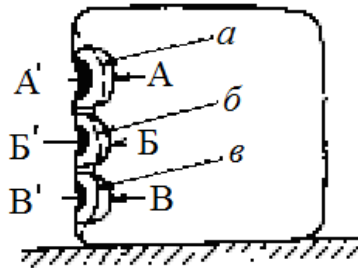


Рис. 6.

Если прямому внешнему воздействию была подвергнута небольшая группа компонентов отражающего объекта, например группа *A* на рис. 6, но в течение времени, пока в элементах этой группы еще не исчезла интенциональная деформация, воздействию оказалась подвергнутой другая группа (группа *B*), элементы которой входят в число окрестностных условий элементов группы *A*, а потом группа *B*, “окрестностная” по отношению к группе *B* и т. д., то благодаря остаточным интенциональным деформациям *a*, *б*, *в* и т. д. во всей этой совокупности групп под влиянием возникновения прямых следов *A'*, *B'*, *B'* сформируется целостная совокупная интенциональная деформация, целостный интенциональный след, состоящий из косвенных деформаций *a*, *б*, *в* и т. д. как из своих компонентов. Следовательно, для превращения интенциональной деформации в экстенциальную интенсивность воздействия на отражающий объект, состоящий из совокупности групп *A*, *B*, *B* и т. д., потребуется меньшая, чем сумма

первичных воздействий, оказанных вначале на всю совокупность групп и оставивших первичные следы A' , B' , V' . Это уменьшение интенсивности может выражаться в том, то если подвергнуть воздействию только часть или даже только *одну* из групп совокупности, например группу A , оставив первичный след A' , то косвенная интенциальная деформация a , перейдя в экстенциальную, вызовет аналогичный переход в интенциальных деформациях b , v и т. д., хотя группы B и V не были подвергнуты воздействию со стороны отражаемого объекта. Иными словами, возбуждение только компоненты a целостного интенциального следа в отражающем объекте приведет к возбуждению остальных компонентов этого следа. Это особенно очевидно, если в процессе формирования целостной совокупной интенциальной деформации a , b , v и т. д., воздействия A' , B' , V' и т. д. многократно следовали друг за другом именно в указанном порядке. Тогда ясно, что после того, как сформировалась совокупная интенциальная деформация из компонентов a , b , v и т. д., **возбуждение**, т. е. **переход компонентов интенциальной структуры b , v и т. д. в экстенциальную** после прямого воздействия отражаемого объекта на группу A , есть не что иное, как снова предвосхищение еще не наступившего факта воздействия отражаемого объекта (точней, той же самой активной части этого объекта) на группу B , V и т. д. Иными словами, **процесс развития возбуждения в компонентах интенциальной структуры способен опережать тот ход возбуждения**, который соответствует закону следования внешних воздействий на отражающий объект, если этот закон является *повторяющимся*. Однако требование повторения закона следования воздействий не обязательно. **Совокупная скрытая интенциальная деформация, т. е. интенциальный след**, может возникнуть и тогда, когда воздействия на разные группы элементов отражающего объекта будут производиться не в строгом временном порядке, а *случайным* образом. При этом **навязанная интенциальная структура, т. е. интенциальный след**, также разовьется, но в тех ее компонентах, средняя частота воздействий на которые не опускается ниже определенного *порогового значения*. В редко возбуждаемых компонентах объекта будут успевать протекать процессы “реадаптации” элементов глубинных уровней. Следовательно, общим для всех этих разновидностей предвосхищения (антиципации) является то, что после многократного сложного, но однотипного прямого воздействия активного объекта на отражающий в отражающем объекте формируется **интенциальный косвенный след**, например, a b v на рис. 6. Благодаря ему под влиянием уже не полного, а лишь

частичного типового прямого воздействия, например, благодаря навязыванию прямого следа A' , отражающий объект получает такую экстенциальную косвенную деформацию a, \bar{b}, \bar{v} , какая при начальных прямых взаимодействиях была лишь при условии, что активный объект оказывал на отражающий не частичное, а полное прямое типовое воздействие в виде деформации A', B', V' . Такая антиципация основана на использовании не только результатов предшествующей адаптации материала как субстрата субстанции, но и как результата **перестройки самой субстанции объекта под влиянием типовых воздействий среды, что по внешней аналогии напоминает индивидуное “обучение” объекта “опознавать” целое по небольшой части характеристик целого**, если это целое уже достаточно много раз встречалось и поэтому хорошо “знакомо” отражающему объекту. Подчеркивая, что речь идет лишь о внешней аналогии обучения, в свете которой рассмотренные ранее неинтенциональные антиципации могли бы быть метафорично охарактеризованы как “интуиция” отражающего объекта, его “внеопытное прозрение”, мы должны не упустить из виду и то, что без подобных природных процессов едва ли могли бы развиваться биологические механизмы собственно обучения, догадки и других высших форм отражения.

Следует еще заметить, что процессы “полной” косвенной деформации (вида A', B', V') отражающего объекта под влиянием прямого частичного типового воздействия (например, A') со стороны активного объекта в кибернетической литературе широко обсуждаются после работ П. К. Анохина, назвавшего этот вид воздействия объектов “опережающим отражением действительности”. Мы будем эту разновидность “обучающейся” антиципации, вслед за П. К. Анохиным, также называть *опережающим отражением*. Однако заметим, что рассмотренный процесс антиципации включает **не только предвосхищение предстоящих прямых воздействий (B' и V') после частичного (A'), но предвосхищение и глубинных перестроек отражающего объекта**, которые в нем должны были бы произойти, если бы активный объект смог действовать на пассивный той частью, которая на рис. 5 названа **праобразом вторичного следа**.

Итак, мы видим, что при формировании интенционального следа, например a, \bar{b} в на рис. 6, как „дремлющего”, затухающего, но не исчезающего до момента очередного прямого воздействия праобраза, например A' , на отражающий объект и содействующего возбуждению его образа, мы снова имеем дело с отображением, с антиципацией. Но это — специфическая антиципация, требующая предварительного “обучения” отражающего объекта, чтобы он на основе опыта не только

материала, но и своего, *индивидуального*, мог развить в себе предрасположенность к возбуждению образа именно данного, а не иного праобраза. Такой вид отображения обеспечивает значительно большую чувствительность и большее быстроедействие, чем универсальный, но за счет утери универсальности; возбуждение образа благодаря наличию интенционального следа хотя и приводит к пространственной антиципации, но она весьма слабо противопоставлена временной антиципации. И, наконец, очевидно, что современной кибернетике и философии известен лишь биологический вариант этой частной разновидности антиципации и называется она „опережающим отражением“. Этот термин принципиально вполне согласуется со значением термина „антиципация“, но мы будем использовать оба термина, понимая под опережающим отражением лишь вполне определенную разновидность антиципации как явления более общей природы. В то же время, чтобы подчеркнуть наличие общих моментов, но нетождественность опережающего отражения с результатом спускового воздействия, будем называть прямой след (например, A'), достаточный для „включения“ процесса возбуждения интенционального праобраза (a, b, v), *запускающим* следом (или воздействием). После “запуска” начинается, хотя и структурированный, сложный, но автономный процесс предвосхищающей деформации в отражающем объекте.

Резонансное опережающее отражение динамических объектов

Хотя мы установили, что при опережающем отражении (в нашем более широком понимании) границы между пространственной и временной антиципацией недостаточно четки, однако в рассмотренном примере отношения между пространственными и временными характеристиками процесса отражения вполне определены: интенциональный след, являясь пространственной деформацией, содействовал возбуждению образа, характеризующего целостное взаимодействие отражающего объекта с праобразом, который сам по себе может быть и предметом.

Теперь рассмотрим случай, где **праобраз является процессом**, так что динамические аспекты отражения играют преобладающую роль.

Праобраз, с которым взаимодействует отражающий объект, может быть *динамическим* в том смысле, что **взаимосвязи** между его компонентами представляют собой не **установившиеся, равномерные потоки**, а **изменяются по определенному (но тоже установившемуся) закону**. Например, окрестностные компоненты

праобраза изменяют с определенной периодичностью свои состояния так, что **группа интенций превращается в экстенции, а группа экстенций — в интенции и потом наоборот**. Следовательно, если даже пространственное расположение компонентов праобраза остается неизменным, фактически происходит периодическое изменение окрестностных условий, так как изменяются валентности компонентов-партнеров в праобразе. Но поскольку в нашем понимании **всякое взаимодействие объектов субстанциально**, то рассмотренный динамический праобраз может оказать динамическое же воздействие на другой, отражающий объект, причем даже не обязательно непосредственно потоками субстанции взаимодействия между своими компонентами, а лишь косвенно, “утечками” и периодическими “брызгами” от этих потоков. Совершенно ясно, что **рассматриваемые периодические воздействия отражаемого объекта на отражающий могут вызвать в определенных случаях неупругие, остаточные деформации**. В этом смысле динамичность внешнего воздействия просто сведется к многократности воздействия, и ничего специфически динамического в результатах воздействия не будет. Что же касается упругих воздействий, то тут факт их динамичности приводит к возможности **двух очевидных разновидностей результатов**.

Во-первых, это упругость, уже рассмотренная для статического случая: в те моменты времени, пока прямое воздействие есть, состояние отражающего объекта изменяется. Но если за время от одного „прилива” периодического прямого воздействия до другого успевает происходить реадaptация глубинных элементов отражающего объекта, то после прекращения этого периодического воздействия отражаемого объекта на отражающий состояние отражающего объекта полностью восстанавливается и отражающий объект не накапливает никакого индивидуального „опыта”.

Во-вторых, поскольку речь идет об определенном законе изменения силы прямого воздействия, например, о периодическом, то нужно учесть, что и объект, который испытывает воздействие, может оказаться динамическим и, следовательно, валентности связи между его компонентами могут также подчиняться определенному закону изменения во времени. И **если эти динамические законы изменения связи между компонентами у обоих объектов близки или одинаковы, то могут возникнуть резонансные явления**. Например, динамические интенции отражающего объекта под влиянием резонансных внешних воздействий могут превратиться в динамические экстенции. При этом важно подчеркнуть, что в случае

резонансного воздействия сравнительно слабые интенсивности потоков прямой взаимосвязи между объектами могут привести к заметным косвенным влияниям на динамическое состояние отражающего объекта.

И, наконец, ясно, что адаптация глубинных элементов отражающего объекта может протекать в направлении *изменения* их динамических характеристик, следовательно, отражающий объект, испытывающий достаточно долго динамическое внешнее прямое воздействие отражаемого, может изменить свои свойства на глубинных уровнях, причем таким образом, что окажется интенционально предрасположенным к динамической реакции на воздействия с определенным динамическим законом изменения, т. е. станет более легко резонирующим на прямые воздействия, протекающие по этому закону. Эта “легкость” может выражаться не только в том, что интенсивность воздействия на отражающий объект, уже адаптированный интенционально к данному закону изменения прямого воздействия, будет требоваться меньшая.

Не менее важным проявлением динамической адаптированности является способность отражающего объекта по начальному характеру изменения воздействия возбуждаться и изменять свои динамические экстенциальные характеристики так, что они начинают соответствовать продолжению этого закона Изменения в отражаемом объекте, если даже прямое динамическое воздействие отражаемого объекта прервалось. Иными словами, **адаптивный динамический объект по части динамической структуры прямого воздействия праобраза интенционально предрасположен косвенно выявлять продолжение этой структуры, т. е. возбуждать продолжение закона изменения праобраза**, причем в некоторых случаях в течение более короткого интервала времени, чем соответствующий ход процесса в праобразе, и тем самым предвосхищать в образе этот процесс. Но предвосхищение можно наблюдать и в случае, если скорость развития процесса в образе не выше, чем в праобразе. Такое предвосхищение бывает тогда, когда начавшееся было прямое взаимодействие отражающего объекта с отражаемым оканчивается до момента окончания процесса в праобразе, и поэтому продолжение хода этого процесса в образе предвосхищает то, что было бы в нем, если бы взаимодействие с отражаемым объектом не прервалось.

Резонансное предвосхищение замечательно еще одной особенностью.

Если сформировался интенциональный образ какого-либо воздействия в определенном месте отражающего объекта, то что будет

с этим образом, если отражаемый объект начал аналогичное прямое воздействие на другой участок отражаемого?

Естественно, что на этом новом месте начнет формироваться прямой след активной части отражаемого объекта. Ясно также, что при таком уникальном, одноразовом воздействии на этот новый участок в нем едва ли сможет формироваться интенциональный след, и поэтому степень антиципации косвенного следа вокруг прямого будет скорее всего незначительной. Но обратим внимание на то обстоятельство, что **формирование прямого следа активной частью отражаемого объекта протекает по тому же закону, под влиянием которого сложился интенциональный образ в другой части отражающего объекта.** Ведь это равносильно тому, что структуризация следа, переключение потоков взаимодействий компонентов отражающего объекта на месте следа, само является внешним (по отношению к интенциональному следу в другом участке отражающего объекта) процессом, параметры которого весьма близки к параметрам процесса, сформировавшего интенциональный след. Отсюда вытекает, что интенциональный след может начать резонансное, косвенное возбуждение потому, что в другом участке отражающего объекта протекает обычная, прямая, первичная деформация, отражающая характеристики той же активной части отражаемого объекта, которая ранее привела к формированию интенционального следа.

Таким образом, **повторному возбуждению, закреплению и поддержанию интенционального следа может содействовать многократное возникновение уникальных прямых следов в различных участках тела отражающего объекта, так что возможна „концентрация опыта“ в одном месте,** хотя навязывается он на различные участки отражающего объекта.

По мере формирования интенционального следа на основе резонансных взаимодействий с уникальными прямыми следами величина прямых следов для возбуждения интенционального может начать требоваться все меньшая. Таким образом и при резонансном возбуждении степень антиципации, опережения также может возрастать. Следовательно, и во всех новых рассмотренных случаях мы имеем дело с опережающим отражением в определенном ранее смысле, но в той его разновидности, которая входит **в число временных антиципаций, предвосхищающих не предмет, а ход процесса, отражаемого образом.** И снова мы видим, что при опережающем отражении, благодаря использованию „опыта“, накапливаемого субстанцией отражающего объекта уже в процессе функционирования и многократного взаимодействия с данным

динамическим праобразом, степень антиципации, ее скорость и чувствительность к воздействию праобраза может быть существенно выше, чем при универсальной антиципации, основанной на той доле близости характеристик субстанции отражающего и отражаемого объекта, которая унаследована субстанцией лишь от материала и не включает в себя „опыта“ типовых предшествующих взаимодействий самого того объекта, субстанция которого воплощена в этот материал.

Идеи опережающего отражения как процесса, способного развиваться и на субстрате неживой природы, фактически содержатся уже в соображениях Декарта о механизмах взаимодействия “духовной субстанции” с “телесной” в человеке. Впечатления от взаимодействия с внешним миром представляются Декарту как уколы на поверхности мозга, через которую просачиваются “животные духи”. Там, где уколы образуют сгустки, “животные духи” не только проходят с большей легкостью, но и увеличивают диаметр отверстий от слабых уколов, в результате чего наиболее типичные последовательности впечатлений оказываются связанными в ассоциации.

Другой вариант чисто механического объяснения предвосхищения в сознании предлагал в свое время Томас Гоббс. Воздействия наиболее часто повторяющихся впечатлений по Гоббсу просто суммировались как однонаправленные удары на инертную массу, и то, что имело близкую интенсивность впечатлений, оказывалось объединенным близостью накопленного движения.

Наименее механистичны в этом отношении были взгляды Спинозы, который считал, что “порядок и связь идей те же, что порядок и связь вещей” в силу глубокого природного единства всей материи, мертвой, живой и мыслящей, “в силу включенности в один и тот же порядок природы”.

Уточняемые в рамках системологии представления о процессах адаптации как универсального механизма возникновения и существования объектов действительности, как конкретизации идей самодвижения материи, развиваемой материалистической диалектикой, являются попыткой более явно сформулировать этот всеобщий “порядок природы” и через него, в частности, объяснить генетические материальные предпосылки антиципации вообще и опережающего отражения в частности. Причем очень важно подчеркнуть, что все без исключения перечисленные подходы к объяснению антиципации на основе механических, химических, биохимических взаимодействий субстрата отражения претендуют на объяснение предвосхищения лишь тех явлений, которые

множественно уже оказывали воздействие на данный отражающий объект, тогда как рассмотренный нами механизм универсальной антиципации позволяет говорить о принципиальной возможности предвосхищения и уникальных явлений, просто в силу того, что **тело отражаемого объекта и тело отражающего включены “в один и тот же порядок природы”**. И виды опережающего отражения в смысле П. К. Анохина, точно так же, как и соображения великих мыслителей прошлого на этот счет, оказываются лишь частной, хотя, в ряде отношений — и наиболее важной формой антиципации.

Косвенным подтверждением **реализуемости опережающего отражения (но не универсальной антиципации)** на *неорганических* объектах служит тот факт, что процесс выработки (в отражающем объекте) способности предвосхищать продолжение типовых прямых воздействий, например. B' и B'' после A' , сравнительно просто имитируется на электронно-вычислительной машине. В 1959 г. Мелников Г. выступал с докладом на эту тему, показывая пути использования опережающего отражения (правда, тогда этот термин еще не был известен) для **автоматического выявления структуры связи единиц печатного текста. Воздействиями на отражающий объект (машину) служат в этом случае символы текста, следом воздействия** — возбуждение ячеек памяти машины, соответствующих этим символам, а **опережающим отражением** — возбуждение группы таких ячеек еще до того момента, как полная цепочка соответствующей комбинации символов (например, представляющая слово текста) поступила на вход машины.

“Если регулярно и часто возбуждается какая-либо комбинация ячеек памяти, а другие ячейки и комбинации возбуждаются реже, то в этой комбинации установится взаимная достаточно сильная связь”. Тогда “...каждое вновь входящее в машину слово уже в значительной мере *предугадывается* машиной”. В этом проекте осуществления опережающего отражения предусмотрено многоступенчатое предугадывание, например, продолжения элементов словосочетания по первому слову и т. д.

Отметим в заключение, что все виды рассмотренной антиципации, в том числе и опережающего отражения, в наших схемах должны пониматься только как *нецеленаправленные* в том смысле, что предвосхищение свойств отражаемого объекта в отражающем остается хотя и опережающей, но просто *деформацией*, ибо само опережение не ведет ни к каким дальнейшим последствиям ни во внутренней перестройке отражающего объекта, ни во внешней перестройке взаимодействий между активным и отражаемым объектом, какова бы

ни была степень предвосхищения. В деформации, в том числе и антиципативной, хотя и проявляется “опыт”, предыстория формирования материала или даже субстанции системы, но проявившись, он остается никак не реализованным, хотя и обеспечивает принципиальную возможность того или иного вида реализации. И этот вывод полностью созвучен с четкой и емкой формулировкой В. С. Тьютина: “Свойство отражения в неорганической природе служит генетической предпосылкой и функциональной основой всех форм отражения в живой природе, обществе, в технике связи и управления. Оно существует объективно, но не используется телами как фактор их самосохранения и развития”.

Направляющее воздействие и интенциональное многообразие как предпосылки механизмов управления и информации

Понятие отражения и его видов представляет для кибернетики большой интерес не только само по себе, но и в связи с тем, что оно тесно переплетено с понятием информации, которая, в свою очередь, является неперменным компонентом процессов управления, т. е. главного объекта кибернетических исследований. Поэтому информация, определяемая А. Д. Урсулом как “отраженное многообразие” или возводимая Б. С. Украинцевым в ранг одного из конкретных проявлений категории причины, причем такого, которое „ можно было бы охарактеризовать как причину *управляющую*”, не может остаться вне поля нашего зрения, особенно если учесть, что нас интересуют, во-первых, семиотические, а значит, и информационные аспекты- и, во-вторых, именно в кибернетике.

Кроме потребности рассмотрения отношений между понятиями отражения, управления и информации, у нас есть и возможности сделать это, причем без обычного перечисления многих точек зрения, когда выбор наиболее ценной или выработка новой точки зрения, лишенной недостатков перечисленных, чаще всего предоставляется самому читателю. Вытекают наши возможности из **уточнения понятия отражения, опирающегося на уточнение понятий системы и адаптации.** К понятиям управления и информации, которые будут подведены под категорию отражения как формы его протекания, мы перейдем не непосредственно, а через промежуточное понятие направляющего воздействия.

Обратим еще раз внимание на тот факт, что **любое отражение** включает в себя по крайней мере **две фазы развития**, и следовательно,

два вида результата: **первичную деформацию, навязанную отражаемым объектом, и вторичную, развивающуюся под влиянием возникновения первичной, но протекающую уже без вмешательства отражаемого объекта.** При простейшей, упругой или неупругой деформации доля вторичной фазы может оказаться пренебрежимо малой по сравнению с полной деформацией, но именно **вторичная деформация является основой всех остальных** и, в частности, может **протекать как универсальная антиципация, опирающаяся на опыт материала.** Кроме того, поскольку первичный след всегда более или менее уподобляется свойствам активной части отражаемого объекта, то он, тем самым, уподобляет и весь отражающий объект отражаемому, а универсальная антиципация увеличивает это уподобление, если свойства отражаемого объекта отражены в опыте материала. Если возникновение прямого следа высвобождает так или иначе накопленную деформирующую энергию отражающего объекта и оказывается в связи с этим спусковым или запускающим воздействием, то, как уже отмечалось, степень изменения состояния отражающего объекта по отношению к исходному состоянию в этом случае становится существенно более высокой, но степень уподобления отражающего объекта отражаемому или вообще не возрастает (при пусковом воздействии), или возрастает очень сильно, но лишь при условии, что первичный (запускающий) след является началом воздействия уже много раз протекающего ранее и поэтому закрепленного как опыт отражающего объекта. Но во всех видах вторичной деформации ее характеристики не являются отражением актуальных, фактически наличных к моменту прямого воздействия характеристик отражаемого объекта, как это имеет место при формировании прямого следа, когда можно говорить о протекании „прямого причинения“, в отличие от „косвенного причинения“ при вторичной деформации.

Степень деформации отражающего объекта при прямом причинении, т. е. при прямом воздействии отражаемого объекта, определяется энергией и субстанцией, потраченной отражаемым, активным объектом. Вызванный этим воздействием переход отражающего объекта в новое состояние хотя и определяется областью его потенциалов, но является вынужденным, навязанным только извне, это — **переход возможности в действительность без внутренней необходимости, без интенции к такому переходу, без предрасположенности к нему. Другими словами, это чисто пассивное подчинение.** Вторичная же деформация от косвенного причинения, после того, как первичная стала действительностью,

возникает уже по внутренним причинам, под влиянием перехода интенций в экстенции, т. е. перехода не просто возможности, а уже назревшей необходимости в действительность. Если при этом первичная деформация относится к спусковой или запускающей, то энергия и субстанция, потраченные на результирующую деформацию отражающего объекта, уже существенно больше энергии и субстанции, потраченных отражаемым, активным объектом на первичную деформацию. Эта энергия и субстанция вторичной деформации черпается из внешних (по отношению к активному объекту) источников. Таким источником служат либо внутренние накопления самого отражающего объекта, либо накопления, способные откуда-либо перетекать в отражающий объект. Следовательно, **отражающий объект при спусковом или запускающем внешнем воздействии уже сам предрасположен к переходу в другое состояние**, его не нужно навязывать, а достаточно оказать отражающему объекту небольшое содействие, „подтолкнуть“ его, дать начальное направление, а дальше процесс перехода в такое состояние развивается самостоятельно, **не нуждаясь ни в энергии, ни в субстанции отражаемого объекта, ни вообще в его наличии**.

Таких предрасположенностей в простейшем случае у отражаемого объекта только две: **исходное и возбужденное состояние**, в общем же случае **этих состояний может быть несколько**. Но независимо от числа таких состояний отражающий объект предрасположен ко всем из них; лишь они входят в узкую подобласть его интенций из широкой области потенциалов, они представляют перечень вызревших необходимостей, и поэтому спусковое или запускающее воздействие превращает уже не просто возможность, а одну из необходимостей отражающего объекта в действительность. Назовем в связи с этим спусковые и запускающие воздействия *направляющими*.

В кибернетике, в теории управления и в теории информации одним из важнейших понятий является понятие „разнообразия“. Но до тех пор, пока под разнообразием понимают вообще всякую неоднородность или любое из возможных состояний рассматриваемых объектов, понятие управления и понятие информации остается настолько общим и неопределенным, что законно ставится под сомнение их научная продуктивность. В этом отношении предлагаемая схема более конкретна. Мы еще не анализировали понятий управления и информации и вообще рассматриваем пока лишь генетические предпосылки соответствующих видов взаимодействия в самоуправляемых системах, проявляющиеся в неживой природе лишь в форме направляющих воздействий и их следствий, но используемые

нами представления о потенциях, интенциях и экстенциях, соотносимых с представлениями о возможных, необходимых и действительных связях объектов, позволяют уточнить и кибернетическое понятие **разнообразия**. **Разнообразие** тоже должно быть разделено на три разновидности: **потенциальное, интенциональное и экстенциональное**, причем при рассмотрении влияния направленных воздействий на отражающий объект речь идет лишь о многообразии интенциональных, необходимых (а не вообще потенциальных, возможных) состояний и о превращении в экстенциональное состояние (в действительность) лишь одного из интенциональных.

Примером использования **потенциального многообразия** для превращения одного из потенциальных состояний в экстенцию, в действительность, может служить **появление прямого следа на теле отражающего объекта**, т. е. навязывание свойств активной части отражающего объекта отражаемому, и в этом случае нет оснований говорить о направляющих воздействиях. Естественно, что понятие направляющего воздействия, поскольку оно само не связано ни с какими требованиями к конечному результату воздействия, не может отождествляться с понятием „управляющего воздействия“. Но в то же время ясно, что без использования направляющих воздействий едва ли можно осуществить даже самые простые акты управления.

Отчужденные свойства, информирование и его виды

Как отмечалось, при косвенном причинении, возникающем под влиянием прямых направляющих воздействий отражаемого объекта, большая часть деформаций, которые приводят к появлению образа в отражающем объекте, протекает без непосредственного участия отражаемого объекта как пробраза этого образа. Данное обстоятельство позволяет увеличивать степень неучастия отражаемого объекта в процессе отражения. Так как для **формирования прямого следа (как спускового или запускающего воздействия)** отражаемому объекту нужно навязать свойства лишь активной части отражаемого объекта, то это можно сделать и через объект-посредник, если навязать этому посреднику сначала свойства активной части, чтобы потом он как носитель этих *отчужденных свойств* отражаемого объекта выступил в роли функционального заместителя активной части отражаемого объекта, т. е. навязал, в конечном счете, отчужденные свойства отражаемому объекту. А поскольку доля отчужденных свойств отражаемого объекта по

отношению к полному составу свойств, отражаемых в образе, невелика, то и объект-посредник, переносящий эти свойства от активной части отражаемого объекта к отражающему объекту, **может иметь существенно меньшее потенциальное многообразие, чем отражаемый объект** и, тем не менее, в актах косвенного отражения быть полностью эквивалентными отражаемому (пока, конечно, фактические свойства отражаемого объекта не вступят в противоречие со свойствами, запечатленными в интенциональном следе отражающего объекта). Иными словами, возможно протекание косвенного отражения и при условии, если в качестве направляющего воздействия выступают отчужденные свойства активной части отражаемого объекта, подводимые к отражающему объекту с помощью объекта-посредника. Посредник может быть существенно более простым (по потенциальному многообразию, массе, запасу энергии и т. п.) в сравнении с отражаемым объектом. Такой опосредованный процесс направляющего воздействия на основе отчужденных свойств активной части отражаемого объекта назовем, за неимением готового термина, *информированием*. Естественно, что и в этом случае мы имеем дело только с физической предпосылкой того явления, которое связано с понятием информации, а не с самой информацией, ибо **информирование — это лишь специфическая форма направляющего воздействия**, которое, как мы уже отмечали, также является лишь физической предпосылкой осуществления процесса управления, но не самим управлением. Но, тем не менее, введя понятие информирования, наряду с понятиями отражения и направляющего воздействия, мы получаем представление о внутренних связях между всеми этими понятиями и подготавливаем базу для установления связи между общефилософским понятием отражения и семиотико-кибернетическими понятиями многообразия, информации и управления. Однако прежде чем пытаться это сделать, обратим внимание на некоторые важные для дальнейшего особенности условий протекания направляющих воздействий и, следовательно, условий протекания информирования.

Поскольку направляющее воздействие в акте косвенного отражения требует навязывания свойств активной части отражаемого объекта телу отражающего объекта, то ясно, что это воздействие возможно лишь тогда, когда отражающий объект по отношению к отражаемому имеет не какие угодно, а вполне определенные, ограниченные субстанциальные характеристики, если даже ширина этих границ довольно велика. Иначе и быть не может, поскольку, в нашем понимании, **любое воздействие** в конечном счете **является телесным**

и, следовательно, требует хотя бы минимального средства по крайней мере на уровне субстанции потоков связи. Лишь при наличии такой субстанциальной **согласованности между характеристиками направляющего воздействия и отражающего объекта** возможно навязывание свойств отражаемого объекта отражающему. Эти свойства могут быть, например, граничными, т. е. представлять особенности структуры активной части отражаемого объекта, и тогда навязывание этих свойств отражающему объекту должно выражаться в структуризации его субстанции в соответствии с особенностями структуры активной части. Однако **своеобразие свойств активной части может выражаться не в специфике структуры, а в особенности состава**, например, в наличии каких-либо химических примесей в активной части. Тогда навязывание свойств активной части отражаемого объекта отражающему будет заключаться просто в перетекании этой специфической субстанции из тела отражаемого объекта в тело отражающего.

Все сказанное **сохраняет силу и для информирования**, следовательно, и объект-посредник, чтобы выполнить свою функцию, не может иметь какую угодно субстанцию, а отчуждаемое от отражаемого объекта и навязываемое отражающему объекту свойство может быть как **структурным (граничным), так и субстанциальным (качественным)**.

Виды многообразия при информировании

Не говоря пока об информации, мы можем теперь вполне согласиться с тем, что в процессе формирования мы имеем дело действительно с „отраженным многообразием“, однако в свете ранее сказанного такое понимание приобретает более конкретный смысл, поскольку у нас появились основания говорить о *многообразии* самих *многообразий* и о способах их сопоставления.

Во-первых, как мы только что видели, **субстратом разнообразия могут быть не только структурные, но и субстанциальные вариации свойств реальных объектов и явлений**. Во-вторых, как будет показано ниже, многообразия, учет которых необходим в актах информирования, могут сопоставляться на основе особенностей их локализации, и лишь специфическое соотношение между многообразиями различных видов обеспечивает протекание информирования. Так, следует особо выделить **многообразие вариантов действительных, экстенциальных состояний активной части отражаемого объекта**; лишь они должны учитываться как

прямая причина многообразия и отчуждаемых свойств отражаемого объекта, и направлений развития интенций отражающего объекта по некоторому конкретному пути перехода (из всего многообразия необходимых путей) в возбужденное состояние. Эти многообразия по своей величине (в простейших случаях равной одному биту) не должны существенно различаться и в отражаемом, и в отражающем объекте, и в объекте-посреднике, и собственно лишь об этих разнообразиях идет речь, когда говорят об измерении количества информации в шенноновском смысле. При этом ясно, что хотя рассматриваемое многообразие в своем истоке связано с особенностями активной части отражаемого объекта, но для процесса информирования значимо оно лишь постольку, поскольку ему соответствует многообразие интенциональных состояний отражающего объекта. Как бы ни изменялись состояния активной части отражаемого объекта, количество вариантов возбужденных образов в отражающем объекте не может оказаться большим, чем это определено предшествующим опытом взаимодействия этих объектов. Этот вид многообразия, проявляющегося в разнообразии отчуждаемых свойств отражаемого объекта, назовем *селектирующим*, ибо варьирование в границах этого многообразия определяет в конечном счете то, какой из интенциональных образов будет „выбран“, т. е. фактически возбудится в отражающем объекте.

Теперь обратим внимание на то, что каждый **такой образ также представляет собой вполне определенное многообразие действительных, наличных свойств, отражающих многообразие свойств праобраза, т. е. свойств основной (а не одной лишь активной) части отражаемого объекта.** Это многообразие, хотя оно тоже — отраженное, может не иметь ничего общего с многообразием отчужденных свойств отражаемого объекта ни по свойствам, ни по величине. Для оценки этого **второго вида многообразия** необходимо учесть предысторию взаимодействий между отражающим и отражаемым объектом, опыт их взаимодействия, наблюдение же только за объектом-посредником в актах информирования ничего не скажет нам об этом опыте и, следовательно, о втором виде многообразия. Каждое такое многообразие можно назвать *селектированным*.

И, наконец, можно выделить по крайней мере еще один важный вид многообразия, **мощность которого (в теоретико-множественном смысле), по-видимому, наименее ограничена, потому что лимитируется лишь временем протекания информации,** в связи с чем У. Эшби формулирует даже специальную теорему: "действуя

достаточно долго, любой преобразователь может передать любое количество многообразия", хотя и не связывает это с необходимостью классификации видов многообразия. Природу этого вида многообразия мы рассмотрим сначала на простейшем примере, когда направляющее воздействие сводится к спусковому и, следовательно, **селектирующее и селектируемое многообразие равно лишь одному биту: возбуждено—не возбуждено**, так что последствия спускового воздействия не сопоставимы со свойствами активного объекта и не отражают его актуальных характеристик. Но представим, что такие воздействия многократны и осуществляются с переменным периодом или с переменной средней частотой, а отражающий объект при этом успевает после каждой спусковой реакции восстановить свое состояние и, тем самым, способность реагировать на следующее спусковое воздействие. В этом случае ряд характеристик вторичной деформации, например усредненная интенсивность притока энергии на восстановление исходного состояния отражающего объекта, окажется пропорциональной средней интенсивности (например, усредненной частоте) воздействия отражаемого объекта на отражающий.

Поскольку эта усредненная частота является уже актуальной характеристикой отражаемого объекта, то несмотря на спусковой характер вторичной деформации она, как и первичная, оказывается способной воспринять, отразить свойства отражаемого объекта, причем степень возможных изменений свойств отражающего объекта оказывается в этом случае существенно большей, чем при отражении актуальных свойств отражаемого объекта только за счет первичной и одноразовой вторичной деформации. Следовательно, в этом случае можно говорить об **отражении нового вида многообразия, складывающегося из всех вариантов последовательных во времени интервалов спусковых воздействий на отражающий объект**, т. е. из комбинаций этих интервалов, если эти комбинации действительно специфичны для состояний отражаемого объекта, т. е. являются его свойствами. Важно при этом и то, что такие комбинации легко могут отчуждаться от отражаемого объекта, переноситься к отражающему объекту с помощью объекта-посредника.

Назовем этот вид многообразия, отражаемого в процессе информирования, *комбинационным*. Нетрудно видеть, что на отражении именно этого многообразия основаны механизмы модуляции и усиления в регулирующих звеньях автоматов и живых существ. Понятно, что комбинационное многообразие может быть отражено не только в случае спускового, но и запускающего

воздействия на отражающий объект. Если при этом селективируемое многообразие представляет собой совокупность интенциональных образов, праобразами которых являются состояния отражаемого объекта, причем каждое из состояний имеет свою активную часть, то элементами комбинационного многообразия могут служить все возможные комбинации чередования этих состояний с разнообразными вариантами интервалов между переходами из одного состояния в другое, и каждый такой комбинационный элемент будет отражаться в форме закономерного чередования запусков соответствующих интенциональных образов отражающего объекта. Ясно, что для отражения такого комбинационного многообразия в процессе информирования объект-посредник в качестве отчужденных свойств отражаемого объекта должен переносить только единицы селективирующего многообразия, т. е. **свойств активных частей каждого из селективируемых состояний**. Варьирование закона чередования единиц селективирующего многообразия позволяет при этом воспроизводить сложнейшие результирующие отраженные многообразия, состоящие из комбинаций единиц селективируемых многообразий, т. е. **из комбинаций интенциональных образов**.

Важно также отметить, что при отражении любых **трех видов** многообразия и **их сочетаний** путем информирования легко осуществляется задержка процесса отражения по отношению ко времени реального протекания отражаемого процесса.

3.3. Адаптивное усиление отражательных свойств

Условия облегчения адаптивных процессов за счет отражательных потенциалов материала

Когда мы рассматривали низшие формы отражения, то исходили из того, что отражающий объект, взаимодействуя однократно или многократно с одним отражаемым объектом или с несколькими и деформируясь упруго или неупруго, осуществляет внутри себя антиципацию той или иной глубины, но лишь потому, что таково внутреннее строение субстанции объекта, и факт антиципации в свою очередь никак не отражается на внешней среде или на воздействующем объекте. Для учета этого обратного влияния результатов отражения на сами отражаемые объекты необходимо привлечь выявленные ранее представления об адаптации системы в

вакантном узле над-надсистемы. Чтобы эффективность такого учета была возможно более высокой, желательно сначала пересмотреть сами механизмы адаптации и становления систем, используя те новые понятия, которые сложились на первом этапе анализа процессов отражения и видов отражаемых многообразий, и в первую очередь **понятия интенциональных следов, антиципации и направляющих воздействий**. Это позволит нам внести дополнительную ясность в представления о природе таких категорий, как **необходимость, причина, условие и следствие**, а также обнаружить предпосылки таких явлений, которые в развитой форме связываются с понятиями **потребности и цели**.

Итак, ранее уже было показано, что если в над-надсистеме возник вакантный узел, то это значит, что внутренние противоречия в этой над-надсистеме привели к появлению в этом узле такого пересечения потоков взаимодействий, которое **превращается в основание для формирования и адаптации в нем новой системы, способной упорядочить, упростить пересечение потоков, восстановить требуемую структуру взаимодействий с другими системами, окрестностными по отношению к данной вакансии**. Важно лишь, чтобы над-надсистема имела высокий уровень адаптированности и, следовательно, высокий уровень сформированности своей сущности, обеспечивающей ей устойчивость на время отсутствия и формирования новой системы в вакантном узле, иначе наличие неразрешенных противоречий грозило бы над-надсистеме разрушением. Кроме того, естественно, должны быть и условия формирования новой системы, заключающиеся в первую очередь в **наличии резерва материала**, из которого могла бы формироваться субстанция новой системы. Но **материал**, в нашем понимании, также **систем** в том смысле, что **представляет собой компоненты, осколки и подсистемы существовавших ранее систем**, имевших некогда определенный уровень адаптивности, вследствие чего эти компоненты, осколки и подсистемы достаточно долго функционировали в сравнительно единообразных окрестностных условиях в узлах адаптировавших их систем, в типовых взаимодействиях с другими подсистемами над-надсистем. Следовательно, в этих системах, подсистемах и частях систем не мог не отложиться опыт их типовых взаимодействий в форме наличных интенций и той или иной степени способности к антиципации и, в том числе, к пусковым воздействиям и к опережающему отражению.

Теперь обратим внимание на следующее. Когда такой материал

попадает в окрестностные условия вакантного узла над-надсистемы, он оказывается в пересечении не каких угодно потоков взаимодействий, а лишь вполне специфичных для данной адаптированной над-надсистемы. Но это значит, что субстанция и структура потоков в вакантном узле будут действовать на попавший туда материал тоже не как угодно, а лишь некоторым преимущественным способом, и те компоненты материала, для которых эти воздействия окажутся наиболее подобными воздействиям, адаптировавшим эти компоненты в прошлом, имеют повышенную вероятность отреагировать на новые воздействия как на направляющие. Но тогда интенции и вторичная деформация именно этих компонентов окажутся наиболее соответствующими их месту в новом вакантном узле без больших затрат энергии и субстанции от над-надсистемы. Свойства же других компонентов материала, адаптированных в условиях, мало похожих на те, которые представлены в вакантном узле новой для них над-надсистемы, будут испытывать лишь первичную, прямую деформацию и максимально противоречить оказываемым на них воздействиям, что увеличивает вероятность либо разрушения этих компонентов, либо исторжения их из вакантного узла. Этот этап **первой естественной фильтрации компонентов материала**, наиболее подходящего для возникновения **новой системы в вакантном узле**, увеличивает концентрацию интенций и экстенций лишь некоторой разновидности. Так растет вероятность взаимосогласованности свойств оставшихся в узле компонентов, их вступления в сепаратные связи, что, в свою очередь, приводит к возникновению *блоков компонентов* с новыми, но опять же **не случайными для данных вакантных условий свойствами, к возникновению вариантов структуры блоков и ко вторичной фильтрации уже на уровне этих блоков**. Все это увеличивает устойчивость складывающихся взаимодействий между компонентами и блоками и тем самым облегчает формирование новых, значимых уже для над-надсистемы, интенциональных следов и ведет к увеличению доли взаимодействий, связанных не с прямой, “силовой” деформацией, а с косвенной, использующей интенции и направляющие воздействия, подготавливая этим и базу для информирования. Но теперь и антиципация опирается не только на предшествующий опыт материала, но, в связи с первыми этапами стабилизации типов взаимодействий между формирующимися подсистемами и блоками системы, начинает складываться уже как **опыт этой новой системы, как следствие ее адаптации к новым, в той или иной мере, условиям**.

Как известно, существует немало попыток объяснить на основе

чистой случайности процесс связывания компонентов в сложные и устойчивые агрегаты, свойства которых согласованы с их местом в некоторой над-надсистеме и тем самым, в свою очередь, содействуют их устойчивости. Вероятность таких случайностей чрезвычайно мала, и тогда приходится допускать, что природа “ожидает” таких случаев миллиарды лет. Если же исходить из **безграничности материи в пространстве, во времени и в числе уровней**, то из понятия адаптированности и “преформированности” материала естественно вытекает “невероятно” **высокая степень предрасположенности материи к самодвижению и приобретению сложных форм**. И тогда многие новые факты, такие как, например, высокая концентрация органических веществ в межзвездном пространстве, перестают быть удивительными.

Необходимость, условие, причина, повод

Проводимое нами различие потенции, интенции и экстенции и соответствующее ему различие возможности, необходимости и действительности, при котором следует говорить отдельно о действительности, обусловленной возможностью, и о действительности, обусловленной необходимостью, позволяет нам считать, что возникновение в над-надсистеме противоречий и далее — **вакантного узла как основания для новой системы** — это одна из **форм необходимости, повышенной вероятности начала формирования новой системы в вакантном узле**. По отношению к этой системе над-надсистема с возникшим в ней основанием может рассматриваться как *внешняя необходимость*, а формирующаяся система по отношению к над-надсистеме будет тогда *внутренней необходимостью* над-надсистемы. Так как **превращение этой внутренней необходимости в действительность** связано с условиями сохранения наличного в над-надсистеме высокого уровня адаптированности и, следовательно, с условиями ее существования, то такой вид внутренней необходимости над-надсистемы естественно рассматривать как **физическую предпосылку явления, которое в живых системах понимают как “потребность”**. **Потребность, таким образом, есть одна из форм внутренней необходимости как физической если не неизбежности, то, во всяком случае, высокой интенции к иным типам взаимодействий, чем те, которые представлены экстенциями, т. е. реальными, наличными потоками взаимодействий**. Но тогда можно говорить и о предпосылках потребности как о **внутренней необходимости** и по

отношению к материалу, так как он представляет собой осколки и компоненты систем, имевших ранее высокую степень целостности и адаптированности, в силу чего вне своих целостностей эти осколки и компоненты включены в потоки взаимодействий, не согласованные в достаточной мере с интенциями. Без наличия этих интенций материала не могло бы возникнуть предрасположенности некоторых из его компонентов к вступлению в те виды связи, которые задаются интенциями, т. е. внутренней необходимостью разрешения противоречий в вакантном узле над-надсистемы. Следовательно, **не просто наличие материала, а наличие в нем таких именно компонентов, которые имеют внутренние необходимости (“потребности”), близкие к внутренним потребностям (“потребностям”) над-надсистемы, является обязательным условием зарождения, становления и адаптации системы с нужными свойствами в вакантном узле над-надсистемы.**

В этом проявляется требование не абсолютной аморфности, пассивности материала (материя — это “чистая потенция”), как истолковывал идеи Аристотеля Фома Аквинский, а существование в нем и “преформы”, и “проформы”, как и в самой “креативной” форме — в формирующей систему над-надсистеме, т. е. **в основании, сложившемся в вакантном узле над-надсистемы.** Противоречивость в границах над-надсистемы и противоречивость среди компонентов материала приводит к “антипротиворечивости”, к появлению согласованности между внутренними необходимостями основания и материала, так что обе эти стороны, по меткому выражению Гегеля, “отсвечивают каждая в другой”. **Несимметричность такого “отсвечивания” приводит к неравенству степени активности партнеров. Активное начало в большей мере проявляет не материал, а над-надсистема,** и объясняется это тем, что в ней ниже уровень противоречивости: противоречивость над-надсистемы сосредоточена лишь в вакантном узле, тогда как материал, представляя случайный конгломерат осколков и компонентов былых систем, является почти “сплошным противоречием”, что и делает уже физически неизбежным концентрацию в вакантном узле тех компонентов материала, “которые,— как говорил К. Маркс, объясняя, почему именно благородные металлы стали использоваться в денежном обращении, — по самой своей природе особенно пригодны для выполнения... функции”. В этом смысле можно сказать, что более активная внутренняя необходимость выступает по отношению к более пассивной как “внешняя активная необходимость”, или *причина*, тогда как пассивная внутренняя необходимость по отношению к активной

оказывается “внешней пассивной необходимостью”, или *условием*. Так мы снова пришли к тому, что **условие — это условие**, но по пути выведения этой тавтологии обнаружили, что категория основания соотносится с категорией причины как одна из ее форм.

При таком понимании отношения между причиной и появлением адаптивной системы как ее следствия сохраняется очевидность **невозможности следствия без соответствующих условий**; в то же время появление этих условий как первой более или менее случайной порции материала не может быть истолковано как причина, а должно быть отнесено к гегелевской категории *повода*, “внешнего возбуждения внутреннего духа”, т. е. к **активной внутренней необходимости над-надсистемы**, приведшей к возникновению **основания**. Приобретает ясный смысл утверждение Гегеля, что “только самим этим внутренним духом события нечто само по себе мелкое и случайное было определено как его повод”.

В свете сказанного представляется справедливым утверждение Б. С. Украинцева о том, что Гегель трактует категорию причины очень узко, только как механическую причину, “в следствии которой не содержится ничего такого, что не содержалось бы в самой причине”. По-видимому, изложенные выше представления о прямой, первичной деформации как о следствии прямых воздействий также должны быть отнесены к категории причин вот в этом узком гегелевском смысле. Однако едва ли правомерно делать из анализа взглядов Гегеля на категорию причины вывод о том, что арсенал гегелевских причинных категорий беднее, чем аристотелевских. Различие тут скорее терминологическое: Гегель вводит специальные термины для понятий основания, повода, “внутреннего духа”, цели, хотя мог бы назвать их все “причинами” с тем или иным “эпитетом”, как это делает Аристотель.

Отметим еще, что проводимое нами **различение переходов к действительности** либо от **возможности**, либо от **необходимости** позволяет понять, что когда рассматриваются только возможности, только глубинные потенции материала, то степень его самодвижения минимальна, формирование его основано прежде всего на “силовых”, первичных деформирующих воздействиях. В этом случае материал максимально пассивен к внешней причине, а **перечень свойств, которые можно навязать материалу** (или, точнее, **извлечь из спектра его потенций**), **фактически безграничен**. Именно этот вид воздействий на материал наиболее глубоко изучен современной наукой и техникой, что привело к сужению понятия причины и детерминированности и к переоценке роли пассивности материала.

Как мы видели, переход к действительности не от возможности, а от необходимости, демонстрирует несравненно большую бедность многообразия форм необходимого по сравнению с многообразием форм возможного, но одновременно показывает столь же несравненно большую силу необходимости по сравнению с силой возможности (как степень ее непредотвратимости и, следовательно, вероятности). Теперь мы можем сказать, что когда многообразие необходимого близко к единице, увеличивается многообразие вариантов-условий, задающих начало перехода от необходимого к действительному. Эти варианты и должны рассматриваться как более или менее равноценные поводы, как варианты *спусковых воздействий*, приводящих практически к одной и той же действительности, которую можно назвать *эквивинальной*. Но необходимость может иметь хотя и небольшое (в сравнении с возможностью), но все-таки действительно многообразие, например, **некоторый спектр вариантов**. В этом случае внешняя активная необходимость как причина выступает уже в роли **не повода, а направляющего воздействия** на полифинальный процесс, и варьирование параметров причины, несмотря на их незначительную энергетическую мощность, может влиять на то, какой именно вариант из нескольких необходимых окажется действительностью, так что принцип “малых причин” в этом смысле справедлив. Но при **направляющих воздействиях возможна не только полифинальность, но и эквивинальность**, если причина окажется **одновариантной**. Последовательная цепь эквивинальных процессов такого рода, направляемых над-надсистемой, “ведет” систему к вполне определенному конечному состоянию предельной адаптированности, т. е. к совершенному состоянию, и в этом случае внешняя причина по отношению к интенциям материала как условий процесса оказывается физической предпосылкой такого явления, которое в своих высших формах превращается в **целенаправленную деятельность по созданию объектов с требуемыми свойствами**. Если же при этом направляющие воздействия не задаются непосредственно основанием, а осуществляются через информирование, то лишь в этом случае появляются условия для закрепления **потребности** в форме собственно цели.

**Простейшие субстанциальные свойства адаптируемой системы.
Зоны рецепции**

В простейшем случае, когда противоречия в вакантном узле над-надсистемы выражаются лишь в отсутствии “диспетчера” потоков, более или менее стабильных по интенсивности, направлению и субстанции и протекающих между окрестностными системами, закрепленными в пространстве, **формирующаяся адаптируемая в этом узле система превращается в конечном счете в субстанциально закрепленную сеть каналов для этих потоков и тем самым содействует беспрепятственному протеканию потоков в определенных направлениях к нужным окрестностным системам и предотвращает недопустимые смешивания субстанции потоков.** В системе с подобной функцией все взаимодействия стабилизированы, и условия для развития сложных отражательных свойств — минимальны.

Но представим, что система должна функционировать в таком вакантном узле, где места окрестностных систем слабо фиксированы, обменные потоки не непрерывны, а осуществляются в форме концентрированных дискретных порций передачи элементов субстанции связи, да к тому же и нерегулярным во времени образом. Кроме того, представим, что в этом же пространстве между окрестностными системами, также нерегулярно, появляется субстанция некоторых “чужих” потоков, и нельзя допустить их смешивания с потоками взаимодействия окрестностных систем. Так как в подобных обстоятельствах для устойчивости над-надсистемы, нужно, чтобы адаптируемая система обладала способностью диспетчеризации потоков связей в вакантном узле над-надсистемы, пропускала через свои каналы потоки одного вида и предотвращала связи при появлении потоков “чужой” субстанции, то такая система должна, по крайней мере, обладать способностью различать определенные разновидности субстанций, иметь повышенную чувствительность к “своим” и наиболее недопустимым “чужим” разновидностям. Лишь адаптируясь в направлении обострения такой чувствительности, система имеет шанс закрепиться в вакантном узле над-надсистемы.

Таким образом, ясно, что следствием адаптации системы в таком вакантном узле будет увеличение ее предрасположенности хотя бы к спусковой деформации в ответ на взаимодействие с субстанцией определенных видов. А так как субстанция, в нашем понимании, представляет собой множество элементов с определенными свойствами, а в потоке субстанции индивидуальность каждого ее элемента не имеет значения, то в конечном счете опознание субстанции как той же самой основано на таком опознании ее

элементов, которое не требует различения, где обнаружен такой же элемент, а где — тот же самый элемент. Если связать сказанное с понятиями теории множеств, то опознание субстанции определенного вида основывается на способности адаптируемой системы путем физико-химического взаимодействия относить некоторые телесные образования к одному и тому же универсальному классу, универсуму, т. е. осуществлять исходную неформальную процедуру включения элементов в универсальное множество, быть “индикатором принадлежности” элемента классу, причем не обязательно индикатором индивидуализации элементов в этом множестве или хотя бы индикатором принадлежности к подмножеству универсального множества. Принадлежность к подмножеству или к более мелкому единству иерархического деления универсума может осуществляться с помощью дополнительных физико-химических взаимодействий с элементами субстанции потоков путем выявления их качественных свойств или же установления отличий в граничных свойствах потоков, например, в законе изменения их интенсивности. Обнаружить эти изменения адаптивная система может тогда, когда длительность последствий спусковой деформации окажется существенно меньше средней частоты появления элементов субстанции потока, приводящих к спусковой деформации. В этом случае адаптируемая система, выступая в роли отражающего объекта, способна по средней частоте спусковых воздействий различать интенсивность потоков и, следовательно, реагировать на их не только качественные, но и количественные граничные свойства. Так в системе могут начать закрепляться участки с повышенной чувствительностью либо к качественным, либо к граничным свойствам элементов субстанции связей, т. е. формироваться участки, которые в технических устройствах называются датчиками, а в биологических — рецептивными органами, рецепторами. При этом важно подчеркнуть еще раз, что если субстанция регулируемых системой потоков нестабильна и по составу, и по интенсивности, и по местоположению, то без учета граничных характеристик показания рецепторов качественных свойств столь же бесполезны, как и показания рецепторов граничных свойств, когда последние не соотнесены с наличием реакции на качественные характеристики. Иными словами, с позиций представлений об адаптации нет оснований рассматривать либо качественные, либо граничные свойства внешней среды как более объективные. Этим снимается давний спор “первичные” или “вторичные” свойства важнее.

Назовем *зоной рецепции* те внешние пространственные и временные границы, в пределах которых рецептивный участок формирующейся системы реагирует на те свойства внешней среды, которые необходимы для функционирования системы и для обнаружения которых сформировался этот рецептор в процессе адаптации системы. Важно при этом лишний раз подчеркнуть, что **рецепторы формируются в адаптивной системе потому, что, во-первых, материал к этому предрасположен и, во-вторых, что они нужны для нормального функционирования над-надсистемы и лишь вследствие этого и для самой адаптивной системы**, причем тем в большей мере, чем глубже адаптируется система к данному функциональному узлу, чем надежнее поддерживаются в ней функционально значимые свойства за счет становления новой сущности этой системы.

Отметим в заключение, что поскольку не только потоки взаимодействия, но и сами окрестностные системы могут рассеивать в вакантном узле некоторые элементы субстанции истечения, то при достаточно большом различии качества этих истечении у различных окрестностных систем адаптируемая система с помощью рецепторов хотя бы лишь рассмотренного, простейшего вида, сможет различать не только потоки связи сами по себе, но и окрестностные системы, а также “чужие” системы, оказавшиеся в зоне рецепции. Еще более богаты возможности субстанциального различения окрестностных систем в том случае, если эти системы отличаются законом изменения интенсивности истекающей субстанции. Однако опознание этих систем по такому признаку возможно лишь при условии, что в адаптируемой системе как в отражающей, в результате предшествующего опыта, сформировались механизмы развития процессов, *резонирующих* на определенные виды комбинаций интервалов спусковых воздействий. Сами элементы субстанции, испускаемые окрестностными системами выполняют в этом случае роль направляющих воздействий отражаемых систем на отражающий адаптируемый объект, спусковое воздействие от каждого воспринятого элемента истечения оказывается первичным следом, а их совокупность запускает, возбуждает, приводит к резонированию интенциональный вторичный след — **закон изменения интенсивности, характерный для опознаваемого окрестностного объекта**. И в этом случае сам закон изменения, отражая некоторые из граничных свойств объекта, должен рассматриваться как “первичное свойство”, но опознать его не было бы возможным без наличия реакции на субстанцию вполне

определенного качества, т. е. на “вторичные свойства” этого внешнего объекта.

Узуальные и окказиональные комбинационные интенциональные образы, адаптация становления и функционирования

Чем сложнее элементы той субстанции, которая должна диспетчеризироваться адаптируемой системой и обеспечивать требуемые для над-надсистемы обменные потоки взаимодействий ее систем в вакантном узле, чем эти элементы функциональной субстанции многообразнее и менее регулярны, тем меньше у системы шансов обеспечить требуемую функцию лишь посредством обнаружения определенных, специфичных для этих элементов и окрестностных систем, их качественных и граничных свойств. Это связано с тем, что увеличивается доля ситуаций, при которых в поле рецепции системы оказываются элементы и объекты, хотя и имеющие в составе своих характеристик названные качественные и граничные свойства, но отличающиеся от элементов субстанции функциональных потоков связей и окрестностных систем особенностью *соотношения* составляющих свойств, структурой их комбинирования. Следовательно, адаптивные системы, формирующиеся в таких функциональных узлах, уже не могут удовлетворительно функционировать, обнаруживая с помощью своих индикаторов только принадлежность элементов субстанции потоков, а также окрестностных систем, к универсуму определенного вида. Недостаточным для этой цели может быть и разбиение такого универсального множества на подмножества на основе учета различий законов изменения интенсивностей потоков субстанции. Тогда более глубокая детализация и видов субстанций, и подклассов окрестностных систем может быть достигнута путем выявления тех характеристик, которые в теории множеств описываются в терминах задания сети отношений, “структуры на элементах множества”. Для этого адаптируемая система должна развить в себе еще один уровень отражения: **отражения структуры смены реакций различных рецепторов, приводящего к выявлению структур, которые присущи лишь “своим” окрестностным системам, а также элементам субстанции лишь “своих”, функционально важных потоков связи**. При этом выгодно опознавать такие структуры смены реакций при *минимуме* взаимодействий отражающей адаптивной системы с окрестностной средой. Отдельные реакции каждого рецептора могут быть чисто спусковыми, но сами структуры смены

реакций должны существовать в отражающей адаптивной системе в виде интенциональных образов, возбуждаемых, например, резонансным способом. Тогда отдельные взаимодействия с окружающей средой, приводящие к возбуждению таких образов, следует расценивать как **направляющие спусковые воздействия**, приводящие к простейшему комбинационному отражению, **но уже не только интервалов, но и состава рецепторов**. При таком виде отражения, как и при комбинации интервалов возбуждений единичного рецептора, новая комбинация, не представленная среди интенциональных образов структур смены реакций рецепторов, т. е. не имеющая уже регулярно использовавшегося ранее *узального* интенционального образа, не будет никак опознана. Но если сами реакции рецепторов являются запускающими и, следовательно, последствиями запусков оказываются возбуждения вторичных, интенциональных следов, соотносимых с характеристиками отражаемых объектов и их компонентов, не принимавших участия в запускающих воздействиях, то комбинационное возбуждение таких интенциональных образов имеет существенное отличие от комбинационного возбуждения спусковых воздействий. Отличие это выражается в том, что если даже в числе уже **сложившихся и используемых, т. е. среди узальных интенциональных образов структур смены реакций рецепторов**, нет такого образа, который совпадает со структурой данной совокупности реакций, то все равно запуск группы интенциональных образов имеет определенную вероятность объединиться в *целостную* сеть взаимодействий. Так образуется **сложный совокупный возбужденный образ**. Все его компоненты имеют достаточно сложное строение и отсюда — индивидуальные разновидности *интенций связи* с другими образами, которые могут вступить в резонансную связь с наличной структурой текущей смены реакций рецепторов, несмотря на то, что такая структура создается лишь на данный конкретный случай, ранее она на отражающий объект воздействия не оказывала и в этом смысле является для него *окказиональной*.

Таким образом, комбинационное возбуждение может обеспечивать протекание опережающего отражения не только в смысле П. К. Анохина, но и в смысле универсальной антиципации, хотя в роли ее компонентов могут выступать акты опережающего отражения. Однако, чтобы они были возможны, чтобы существовали интенциональные следы, направляющее возбуждение которых приводит к возникновению сложного *окказионального комбинационного* образа, **необходимо предварительно сформировать эти интенциональные следы как узальные компоненты окказиональных образов**. Для

этого отражающая адаптируемая система должна так или иначе получить опыт взаимодействия с соответствующими праобразам — окрестностными системами и элементами субстанции их связей.

Как мы видели, предпосылкой к приобретению этого опыта для любой данной системы является наличие некоторого аналогичного опыта у ее материала, после чего, адаптируясь в определенном вакантном узле над-надсистемы, она приобретает способность увеличивать долю интенционального следа по отношению к первичному, запускающему и обходиться в процессе функционирования восприятием лишь минимальных направляющих воздействий со стороны окрестностной среды. Это увеличивает скорость ее функциональных реакций, предотвращает сближение с системами, воздействия которых грозят целостности адаптируемой системы и ее функционированию, и все это оказывается благоприятным для целостности адаптирующей над-надсистемы. При этом мы не должны смешивать процесс *приобретения* способности системы к опережающему отражению и антиципации, т. е. **этап адаптации системы в соответствии с потребной функцией над-надсистемы, этап становления адаптивной системы, с процессом использования этой способности для сохранения целостности над-надсистемы, т. е. с этапом функционирования в той или иной мере уже сформировавшейся адаптивной системы.** Однако сама необходимость в возникновении адаптивной системы, функционирующей в вакантном узле надсистемы, связана с тем, что над-надсистема должна иметь способность перестраивать свои свойства при изменении внешних условий, следовательно, приспособляться, адаптироваться к этим изменяющимся условиям.

Таким образом, **функционирование адаптивной системы есть одновременно процесс адаптации,** хотя совершенно ясно, что это уже не та адаптация, которая протекала во время становления системы. Поэтому, чтобы не смешивать эти два вида адаптации, мы, когда это нужно, будем говорить отдельно об *адаптации становления* (и в основном ее мы рассматривали до сих пор) и об *адаптации функционирования*. Ясно, например, что **результаты адаптации становления превращаются в необходимое условие протекания адаптации функционирования.** Адаптация становления приводит, в частности, к запечатлению, в форме интенциональных следов, опыта весьма тесного взаимодействия адаптивной системы с другими системами, а адаптация функционирования требует лишь возбуждения этих следов под влиянием направляющих (спусковых или запускающих) воздействий со стороны этих окрестностных систем.

Следует, наконец, обратить внимание на то обстоятельство, что для поддержания функционально важных свойств системы могут возникнуть потребности в таких взаимодействиях системы со средой, которые не предопределены самим основанием данной системы, но, тем не менее, должны закрепиться в системе, иначе она не сможет осуществлять и функциональные процессы. Такие виды взаимодействий представляются нам как удовлетворение чистых “эгоцентрических” потребностей системы, однако, как следует из анализа источников этих потребностей, и они, в конечном счете, обусловлены потребностями над-надсистемы и поэтому для системы не являются чисто утилизаторными. Напомним, что нас интересуют механизмы развития высших форм отражения в системах, адаптивных не только в том смысле, что их субстанция использует в качестве своей основы материал, несущий в себе последствия былых адаптаций, но и в смысле глубокой адаптированности самой данной системы к выполнению определенных функций в над-надсистеме. Поэтому нам будет удобнее исходить из наличия внутренних потребностей этой системы и не всегда акцентировать внимание на “над-надсистемном” происхождении не только рецепторов системы, но и ее “эгоцентрических” потребностей функционирования, тем более, что они действительно становятся таковыми, когда адаптированная система, способная выполнять сложные функции в над-надсистеме, по тем или иным причинам оказывается “выбитой” из адаптировавшей ее над-надсистемы.

Функциональные состояния, управление, передача информации

Рассматривая важнейшие стороны процессов отражения, мы главное внимание уделяли пока лишь **следам воздействия отражаемого объекта на отражающий: прямому (первичному) и косвенному (вторичному)**. При этом само собой разумелось, что след представляет собой лишь частичное, местное, локальное изменение на теле отражающего объекта, точно совпадающее с местом контакта или связи отражающего объекта с отражаемым при формировании первичного следа или распространяющееся некоторой полосой вокруг первичного следа при формировании как спускового, так и запускаемого или универсального антиципативного. При этом вопрос об изменениях за границами следа не рассматривался, хотя некоторые такие изменения и имелись в виду, когда мы говорили, что после возбуждения того или иного следа отражающая адаптивная система

должна осуществлять определенную функцию в вакантном узле над-надсистемы.

Очевидно, что для **осуществления хотя бы некоторых из своих функциональных реакций на изменения внешней среды адаптивная система должна изменять свои свойства**, во-первых, не только в границах следа и, во-вторых, эти изменения могут быть и не узко локальными, а более или менее обширными, интегральными, приводящими к заметным перестройкам качественных свойств почти всех частей тела адаптивной системы. Если адаптивная система состоит из иерархически организованных элементов и связей между ними, то перестройка системы может выражаться в **изменении структуры связей этих элементов**. По так или иначе, если система функционирует в над-надсистеме, то именно для **осуществления своей функции она должна переходить в различные состояния**, которые естественно называть **функциональными состояниями**. **Изменяя функциональные состояния, система изменяет свои свойства**, которые в данном случае также следует называть **функциональными**. а имея различные *функциональные свойства*, она приобретает способности вступать в те или иные, соответствующие этим свойствам взаимодействия с окрестными объектами, т. е. **в те взаимодействия, которые и составляют функцию этой системы в надсистеме**.

Функциональные состояния отличаются от изменений состояний, связанных с процессом отражения, не только тем, что одни чаще всего интегральны, а другие — всегда локальны. Более существенное различие заключается в том, что в процессе отражения изменение состояния отражающего объекта по некоторым своим свойствам *уподобляется* отражаемому объекту. Степень этого подобия растет по мере совершенствования механизмов отражения (вплоть до уподобления отражающего объекта предстоящему состоянию отражаемого, например, **при окказиональном комбинационном отражении**), тогда как функциональная перестройка хотя и должна в некоторой мере основываться на учете параметров внешней причины (например, характеристик нового объекта, появившегося в зоне рецепции отражающего объекта), вызвавшей переход в новое функциональное состояние, однако в конечном счете нередко направлена на навязывание определенных свойств этой причине (например, на придание внешнему объекту таких свойств, которых ранее у него не было или которые он утратил, но должен приобрести снова).

Но есть между функциональными состояниями отражающего

объекта и состояниями следов отражения определенные общие особенности.

Если условия функционирования объекта содержат большую долю типовых, часто повторяющихся ситуаций, то эффективность функционирования объекта будет выше, если он будет находиться в повышенной готовности перехода именно в эти, наиболее вероятные состояния. Для этого объект должен содержать в себе не только те компоненты в своем строении, без которых эти функциональные состояния осуществить невозможно или трудно, но и интенции к соответствующим внутренним взаимосвязям своих компонентов. Следовательно, в этом случае мы должны говорить о **возможных интенциональных функциональных состояниях, а для приведения того или иного из них в действительное, экстенциальное функциональное состояние достаточно лишь направляющего воздействия**. По-видимому, направляющие воздействия, приводящие адаптивную систему в определенное функциональное состояние из числа возможных интенциональных функциональных состояний и следует понимать как *управляющее* воздействие, а процесс комбинирования интенциональных функциональных состояний этой системы путем комбинирования управляющих воздействий — как процесс *управления*.

Ясно, что в механизмах интенций, в особенностях многообразия возможностей и способов превращения одной из них в действительность при переходе адаптивной системы из одного интенционального функционального состояния в другое, мы имеем много общего с механизмами возбуждения в ней того или иного интенционального образа. Как и в интенциональном образе, в интенциональном функциональном состоянии должен содержаться лишь минимальный компонент, возбуждение которого приводит к возбуждению *целого*, т. е. компонент, являющийся аналогом прямого следа при возбуждении в спусковом или запускающем режиме отражения. Как и при возбуждении образов, при запускающем режиме перехода в определенное экстенциальное функциональное состояние запускающий компонент является *начальной фазой* самого этого состояния как целостного *процесса*, а при *спусковом* режиме связан с возбуждаемым состоянием лишь по *смежности*, не являясь его действительным компонентом, а представляя собой одно из звеньев в последовательной цепи. Ту фазу спускового или запускающего возбуждения интенционального функционального состояния, после которой объект уже не может не перейти в это состояние, назовем *исходной функциональной фазой* этого состояния. **Ясно, что как и при**

спусковым или за пускающим возбуждении образов, доля исходной функциональной фазы, подобно доле необходимого первичного следа во вторичном следе, тем меньше, чем более типовые, часто повторяющиеся, узуальные состояния принимает система.

Точно так же по отношению не только к образам, но и к функциональным состояниям приложимо понятие *комбинационного возбуждения*. При этом могут быть как типовые, *узальные* наборы составляющих состояний и структуры их связей, так и уникальные, неповторимые, *окказиональные*. Поэтому даже при ограниченном наборе интенциональных функциональных состояний число возможных узуальных комбинационных функциональных состояний может быть очень большим, а число *окказиональных* функциональных состояний едва ли поддается ограничению, если иметь в виду цепи переходов в эти состояния с варьированием интервалов времени между ними.

Функциональные состояния, как и образы, могут запускаться либо через непосредственное взаимодействие с объектами среды (праобразами), либо путем *информирования*, т. е. через объекты-посредники, несущие на себе только те свойства объектов-праобразов, которые могут возбудить исходную фазу функционального состояния объекта. Едва ли это будет противоречить тем кибернетическим представлениям о природе информации, к которым приходит все большее число ученых, если мы определим *процесс передачи информации* как управление на основе информирования (в определенном ранее смысле). Из такого определения следует, в частности, что *процессы передачи информации могут протекать и внутри адаптивной функционирующей системы, причем активную роль в этих процессах могут играть образы внешней действительности, складывающиеся благодаря взаимодействию этой системы с окрестными объектами.* И, наконец, ясно, что можно говорить об *образах самих функциональных состояний* и, тем более, об *образах структуры связи* этих состояний в целостной комбинационной функции.

Различение опыта материала и опыта формирующейся из него субстанции, а также различение опыта становления (включившего опыт материала) и опыта, накопленного уже в процессе функционирования адаптивной системы (и опирающуюся на опыт становления), позволяет сделать вывод, что **если в достаточной мере глубоко адаптированная система, функционирование которой опирается на механизмы отражения, так или иначе воспроизводится в новых экземплярах** (в биологических объектах—

размножением, в кибернетических — повторным изготовлением такого же автомата), то адаптация становления не должна полностью повторяться в этих новых экземплярах. Все те свойства новой системы, которые соответствуют ее функции в вакантном узле новой надсистемы, в той мере, в какой его наличие вызвано аналогичными причинами, должны, по возможности, быть **воспроизведены в новой системе, а не формироваться заново, в процессе длительной адаптации становления**. В частности, в биологических системах они должны быть врожденными, и лишь при таком условии время адаптации системы может превышать время существования отдельных ее экземпляров. При каждом новом воспроизведении не будет утрачиваться *опыт вида* (а будет даже накапливаться), если степень его адаптированности к функции еще не достигла совершенства или если совершенство перестало быть таковым в связи с некоторой перестройкой характеристик противоречий в узле над-надсистемы, в котором должна функционировать система.

Этот факт выглядит тривиальным, пока речь идет о внешних особенностях воспроизводимой системы и, в частности, об особенностях и наборе тех рецепторов, которые она наследует из опыта вида при воспроизведении. Но наши рассуждения заставляют признать справедливость мнений тех ученых, которые признают наследование не только средств, но и наиболее значимых результатов отражения и истолковывают понятие “априорных знаний” не в кантовском духе, т. е. не как отрицание опытного происхождения этих знаний, а лишь как *индивидуально внеопытных*, передаваемых новым индивидам или экземплярам вида как готовые интенциональные образы тех сторон среды, опознание которых безусловно необходимо любому представителю вида. Проявляется наличие такого априорного знания не только в форме так называемых инстинктов, но и в способности новых индивидов опознавать довольно сложные ситуации и объекты. Так, например, установлено, что только что вылупившиеся в инкубаторе цыплята по очертаниям и направлению движения отличают силуэт утки от силуэта коршуна, на первый смотрят спокойно, а от второго стремятся убежать. Тот внутренний врожденный (или встроенный в автомат) интенциональный образ, который позволяет опознавать определенные внешние объекты без предварительного научения, только благодаря правильной работе рецепторов, назовем *априорным гештальтом*. Как мы увидим далее, **наличие априорного гештальта позволяет не только обеспечивать отнесение внешних отражаемых объектов к определенному универсальному**

множеству, но и ускорять процесс выработки новых интенциональных образов для различения подмножеств этого множества и даже индивидуальных его представителей. Такие образы можно было бы назвать *апостериорными гештальтами*.

И, наконец, отметим, что если рассматриваются адаптивные системы, допускающие воспроизведение, то этап их адаптации становления следует разбить хотя бы на две более частные разновидности: на адаптацию становления вида (*филогенез, эволюция вида*) и адаптацию становления индивида (*онтогенез*), в последнем же можно выделить *эмбриогенез* и собственно *обучение*.

3.4. Символика для обозначения объектов и их свойств в актах отражения и функционирования

Способы обозначения статических характеристик образов и праобразов

Поскольку дальше речь пойдет о различных аспектах проблемы отражения, которая подразумевает обязательное наличие отражающего объекта и отражаемых объектов, то условимся называть отражающий объект более кратко, одним словом: *интерпретатор*. Тогда отражаемые объекты мы будем иметь возможность, не опасаясь двусмысленности, называть чаще всего просто *объектами*. Объекты будем обозначать большими буквами: *A, B, C* и т. д.

Любые компоненты, составные части объектов тоже будем обозначать буквами, например, *X, Y, P*, а тот факт, что они являются составляющими того или иного объекта, например, *A*, отразим с помощью логического знака включения — \subseteq , напоминающего арифметический знак “меньше или равно”. Например, выражение $X \subseteq A$ будем понимать как утверждение, что *X* включено в *A*, т. е. *A* включает в себя *X*, *X* включается в *A*.

Так как в актах отражения для нас важны прежде всего не сами отражаемые объекты и не их части, например, активные, а *свойства этих объектов и их частей* в той мере, в какой результатом отражения является навязывание *свойств* отражаемых объектов отражающему объекту (интерпретатору), то условимся не проводить различия между *свойствами* и *носителями свойств* при обозначении их с помощью букв. Например, *A* — это и объект, и совокупность свойств этого объекта; *X* — это и часть объекта *A*, и часть совокупности свойств объекта *A*. В этом случае выражение $X \subseteq A$ можно понимать и как

констатацию того факта, что X —это некоторые свойства, входящие в совокупность свойств, присущих объекту A .

Обратим внимание на одну двусмысленность таких выражений, как “часть X ”, “свойство X ”, возникающую из-за того, что слова “икс”, “а” и т. д. при произношении не склоняются.

Что такое “свойство X ”? Либо это свойство, которым обладает нечто, названное словом “икс”, т. е. имеется в виду “свойство икса”, либо это то из свойств (некоторого нечто), которое названо словом “икс”, т. е. не “иксово”, а “иксовое” свойство этого нечто. Иначе остается непонятным, обладаемое или обладающее обозначено знаком X . Чтобы избежать подобной двусмысленности, условимся, как это делают нередко математики, **когда нужно понимать букву как атрибут, как определение, ставить ее перед определяемым**. Тогда мы будем иметь дело с фразами такого типа: “ X -свойство A -объекта”, т. е. “иксовое свойство, принадлежащее объекту по имени A ”. После этого у нас останется лишь такая неоднозначность: $X \subseteq A$ будет использоваться как утверждение: 1) что X -часть включена в A -объект; 2) что X -свойство (или X -совокупность) входит в число свойств A -объекта. Аналогично и во всех других случаях. Например, если $x \subseteq X$, то это значит, что x включено в X , т. е. либо x -часть включена в X -часть A -объекта, либо x -свойство входит как составная часть в X -свойства полной совокупности свойств A -объекта. Естественно, что в этом смысле транзитивность отношения включения сохраняется, т. е. если $x \subseteq X$, а $X \subseteq A$, то $x \subseteq A$. Членение объекта на части и разбиение его свойств на группы может осуществляться различными способами, среди которых нас будут интересовать прежде всего две разновидности: с “пересечением” и “без пересечения”.

Например, если X -часть A -объекта — это его активная часть в одном взаимодействии с интерпретатором, а Y -часть — это активная часть при другом взаимодействии, то возможно такое положение, что X и Y частично перекрываются, т. е. есть такая часть этих частей, например, такая p -часть, что $p \subseteq X$ и $p \subseteq Y$. В символах логики это можно было бы обозначить как $X \bullet Y = p$ (где “точка”—знак конъюнкции).

Если же такого перекрытия между X и Y нет, то в логической символике это запишется как $X \bullet Y = \subseteq$. Но при этом, естественно, не только $X \subseteq A$ и $Y \subseteq A$, но и дизъюнкция этих частей входит в A , т. е. $(X+Y) \subseteq A$ (где “плюс”—знак дизъюнкции).

Условимся след как результат *первичной* деформации, навязанной

интерпретатору активной частью отражаемого объекта, т. е. *прямой след*, обозначать по возможности той же буквой, что и саму активную часть, а для отличия знака активной части от знака следа ее активности — добавлять два штриха к знаку прямого следа. Например, если X -часть A -объекта оставляет прямой след, которому навязаны X -свойства этой активной X -части, то такой след будем обозначать как X'' . Так как мы понимаем первичные следы как результат навязывания интерпретатору (активной частью отражаемого объекта) свойств активной части, то прямые следы, как и сами активные части, могут иметь *общие* компоненты. Например, если $p \subseteq X$ и $p \subseteq Y$ и эти две активные части A -объекта оставляют в интерпретаторе прямые следы, т. е. X -след и Y -след, то в каждом из этих следов представлен и p'' -компонент, такой, что $p'' \subseteq X''$ и $p'' \subseteq Y''$.

При этом нужно обратить внимание на одну тонкость. Если X'' -след оставлен на интерпретаторе активной X -частью A -объекта, а Y'' -след — активной Y -частью A -объекта, то p -часть X -части и p -часть Y -части — это одна и та же часть A -объекта, хотя и рассматриваемая в двух актах воздействия на интерпретатор. Что же касается p'' -компонента X'' -следа и p'' -компонента Y'' -следа, то поскольку это самостоятельные следы, самостоятельные деформации, раздельно существующие на теле интерпретатора, то p'' -компоненты в этих следах — не те же самые, а *такие же самые*, они имеют лишь “общность предка” — p -часть A -объекта, но существуют уже независимо. Поэтому точнее было бы писать, что $p''_x \subseteq X''$ и $p''_y \subseteq Y''$, отражая принадлежность p'' -компонента определенному прямому следу. Но в тех случаях, где этот факт очевиден, добавление индекса к символу компонента следа для напоминания символа такого целого, в которое входит этот компонент, не обязательно.

Естественно, что могут встретиться и два самостоятельных объекта, которые не имеют общей той же самой части, принадлежащей им обоим, но имеют такую же часть. Если это необходимо, то подобное соотношение между объектами также можно отразить в символах совершенно точно. Например, есть A -объект и B -объект, и в каждом из них есть C -часть, такая же, как у “партнера”, но не принадлежащая одновременно A -объекту и B -объекту. Тогда мы тоже должны записать $C_a \subseteq A$; $C_b \subseteq B$, однако если контекст достаточен, то можем и упростить запись: $C \subseteq A$ и $C \subseteq B$, где C — такие же, но не те же части объектов.

Введя понятие рецептора как некоторой части отражающего объекта, имеющей повышенную чувствительность к определенным характеристикам (свойствам) отражаемого объекта, мы, по существу,

признали возможность того, что один и тот же отражаемый объект или одна и та же активная часть отражаемого объекта может оставить *различные следы* на теле интерпретатора (отражающего объекта), в зависимости от того, через *посредство каких* именно рецепторов осуществлялось взаимодействие отражаемого объекта (или его активной части) с интерпретатором. Но это значит, что след взаимодействия интерпретатора с одним и тем же объектом может быть различным, если этот объект оказывается в различных *зонах рецепции* интерпретатора. Когда это различие понадобится отражать символически, будем вводить *нумерацию зон рецепции* и ставить в виде индекса возле символа следа (спереди вверху) соответствующую цифру. Например, след *X*-части *A*-объекта, находящегося в зоне рецепции № 3, т. е. в зоне чувствительности рецептора № 3, будем обозначать так: 3X ". Соответственно след этой же *X*-части *A*-объекта, находящегося в зоне рецепции № 1, будет обозначен как 1X " и т. д.

Возможен и иной случай. В одной и той же зоне рецепции находились различные объекты, и поэтому следы взаимодействия интерпретатора с этими объектами также различаются. Однако очень часто важен факт, что эти различные следы имеют некоторую общность своего происхождения, а именно, сформированы на основании сигналов с одних и тех же рецепторов, например органов чувств. Назовем такие следы или образы *изэстетическими*, подчеркнув выбором этого греческого термина ("из (о)" — одинаковый, "эстетикос" — чувствующий) единый чувственный источник таких следов. Априорный гештальт, поскольку он существует в интерпретаторе как уже готовый, сложившийся и поэтому не требующий наличия взаимодействия интерпретатора с реальными внешними объектами в определенной зоне рецепции, будем обозначать как соответствующий "нулевой зоне", например, как 0X (или 0Y и т. п.). Однако соотносительность априорного гештальта с конкретными рецепторами все-таки имеется, так как в процессе эволюции вида, т. е. филогенеза, он формировался под влиянием сигналов вполне определенных рецепторов. Если это, например, обоняние, и зона обонятельной рецепции получает при описании некоторой отражательной ситуации определенный номер, предположим, № 2, то априорный обонятельный гештальт можно обозначить как ${}^{02}X$ ". Следовательно, понятие изэстетичности некоторого образа априорному гештальту имеет совершенно определенный смысл. Естественно, что априорный гештальт, представляя отражательный опыт вида в индивиде, не имеет праобраза в виде конкретного объекта, т. е. уникального объекта в уникальных обстоятельствах (более кратко

будем называть такие объекты *оказиональными*, от латинского “оказио” — случай, стечение, совпадение конкретных обстоятельств). Являясь обобщенным и не возникающим, а лишь воспроизводимым для определенного функционального использования, априорный гештальт должен быть отнесен к числу *узуальных образов* (от латинского “узус”—употребление, обычное использование). Однако среди *оказиональных* следов (т. е. следов *оказиональных* объектов), а также обобщенных следов, ставших *узуальными* образами, выработанными в практике самого интерпретатора и поэтому уже не априорными, а *апостериорными*, априорные гештальты остаются полноправными членами во всех отношениях.

Понятию *оказиональности* нам потребуется противопоставлять не только понятие *узуальности*. Мы уже говорили о том, что **адаптивный объект может в определенных случаях изменять свои состояния не только локально, под влиянием воздействующего на него отражаемого объекта, но и интегрально, переходя из одного состояния в другое, изменяя соотношения между многими или всеми своими компонентами.** Ясно, что **функционально важные перестройки** подобного рода также могут отражаться с помощью **рецепторов**, но следы показаний этих рецепторов могут быть **различными**. Одни из них отражают только внутреннее состояние интерпретатора, безотносительно к тому, каково взаимодействие интерпретатора с внешней средой. Но другие следы отражают те внутренние перестройки интерпретатора, которые обусловлены текущим взаимодействием интерпретатора с внешним объектом, и, следовательно, представляют собой компоненты единого целостного события более высокого уровня. Такие следы (вместе со следами объекта) будем называть *конказиональными*, так же как и соответствующие им внутренние и внешние *состояния* интерпретатора.

Отношения сходства и смежности и способы их обозначения

Условимся любые два объекта, если в определенном аспекте их рассмотрения необходимо учитывать наличие в них той же самой части или такой же самой части, называть *сходными*, или находящимися в *отношении сходства*. Ту же самую или такую же самую часть этих двух объектов будем называть *основанием сходства* и обозначать символически наличие отношения сходства между объектами, например, *A* и *B*, следующим образом: *A-pp-B*, где символ *p*, повторенный и со стороны *A* и со стороны *B*,

должен указывать наличие p -основания сходства и в A и в B . Если это будет необходимо, то мы можем отразить в символах и то обстоятельство, что основанием для отношения сходства является наличие именно такой же, но не той же p -части в A -объекте и в B -объекте: $A-p_a p_b-B$. Однако такое уточнение будет использоваться лишь в редких случаях, где контекст не исключает двусмысленностей. Поскольку следы на интерпретаторе имеют самостоятельное существование, то понятие отношения сходства распространяется и на них. Пусть X -часть и Y -часть A -объекта включают в себя один и тот же p -компонент. Поэтому они находятся в отношении сходства: $X-pp-Y$. Тогда, как мы уже говорили, X'' -след X -части и Y'' -след Y -части, если они находятся в одной и той же зоне рецепции, имеют такой же p'' -компонент, и это дает нам возможность точно описать вид отношения сходства между такими следами: $X-p''_x p''_y-Y''$. Но мы условимся, если позволяет контекст, записывать наличие сходства между следами также без индексов принадлежности основания к тому и к другому следу, т. е. в форме $X''-p'' p''-Y''$. Более того, будем считать необязательным писать штрихи у символа основания сходства следов, т. е. условимся, где допустимо, считать равноценной приведенным и такую запись отношения сходства между следами: $X''-pp-Y''$, где p -символ лишь напоминает “генезис” основания сходства между следами — наличие основания сходства между активными частями, навязавшими рассматриваемые следы интерпретатору.

Теперь перейдем к уточнению того, что мы будем понимать под *отношением смежности*, начав снова с отношения *включения*, т. е. с отношения “часть — целое”. Часть любого целого может иметь такой состав свойств, в котором очень мало свойств, сходных со свойствами других частей. В этом случае нет возможности считать, что части целого находятся в отношении сходства, как мы его определили. Но зато они связаны между собой в *структуре связей целого*, могут иногда даже непосредственно контактировать друг с другом в пространстве или, если это события, — сменять друг друга во времени, также представляя собой аспекты одной целостности, ее компоненты. Будем говорить, что такие объекты или события находятся в *отношении смежности*. Из этого определения следует, что если два объекта, например два следа, X'' -след и Y'' -след, существовали в интерпретаторе независимо, а потом между ними возникла связь (назовем ее s -связь), например, в форме перемычки или контакта, то это дает нам право рассматривать X'' -след и Y'' -след как части единого целого, включающего, кроме этих следов, и s -связь.

Теперь остается условиться о способах обозначения отношения смежности.

Рассмотрим сначала “чистый” случай смежности, когда соотносящиеся объекты не имеют “внутри себя” основания сходства. Например, X -часть и Y -часть A -объекта не перекрываются, т. е. $X \cdot Y = \underline{\quad}$, или, в случае следов, в X'' -следе также нет одинаковых компонентов, $X'' \cdot Y'' = \underline{\quad}$. Несмотря на полярность отношений сходства и смежности, они имеют каналы и для переходов друг в друга. Мы воспользуемся этим обстоятельством, для того чтобы выбрать способы обозначения отношения смежности, в достаточной мере согласованные со способами обозначения отношения сходства.

Если сравнивать объекты, находящиеся в отношении смежности, например, X'' -след и Y'' -след, то c -связь (в виде перемычки или контакта между объектами) оказывается общей и притом той же самой частью каждого объекта. Поэтому она может расцениваться как специфическое, но все-таки *основание сходства* между объектами. А этот факт мы можем записать с помощью уже введенной символики: $X''-c_{x,y}-Y''$. Но так как c -связь — это внешний компонент по отношению и к X'' , и к Y'' , в частности, он может вообще соответствовать простому контакту, соприкосновению X'' и Y'' , то условимся обозначать (при обозначении отношения смежности через отношение сходства) не посредник-контакт, не c -связь, а только символы контактирующих, связанных объектов. Тогда констатация наличия отношения смежности между X'' и Y'' будет изображаться так: $X''-x''y''-Y''$. Если и в данном случае опускать штрихи в обозначении отношения, то формула смежности между X'' и Y'' будет выглядеть так: $X''-xy-Y''$, в отличие от формулы сходства (например, по основанию p): $X''-pp-Y''$.

В частном случае, когда один из объектов, например следов, полностью либо включен в другой, либо совпадает (является таким же), как часть другого, отношение сходства будет записано так: $X''-xy-Y''$ (если $X'' \subseteq \subseteq Y''$), а отношение смежности не изменит формы записи: $X''-xy-Y''$. Одновременное наличие обоих этих видов отношений можно записать так: $X''-(xy, \quad xx)-Y''$.

На этом мы кончаем перечень способов обозначения объектов, их свойств, их отношений и их отражений в интерпретаторе, рассматриваемых как неизменные, статические характеристики компонентов ситуаций отражения, интересующих нас в связи с проблемой отражения и ее кибернетического осмысления, а также с необходимостью иметь удобные средства описания этих характеристик.

Обратимся теперь к динамическим аспектам процессов отражения, начав с описания наиболее простых, элементарных актов.

Естественно, что мы не можем и не должны рассматривать конкретные физико-химические процессы, протекающие в отражающем объекте, но моменты начала и окончания этих процессов, возникновения результатов, становления структуры связей *элементарных актов* в целостном сложном событии, представляющем интерес с точки зрения формирования механизмов отражения — все это желательно представить в виде описаний, широко использующих символы, если содержание их достаточно стабильно и может быть оговорено заранее.

Введем ряд новых символов для элементарных актов в процессах отражения.

Вместо слов “появляется *A*-объект” (или “появление *A*-объекта”) будем писать $!!A$, имея в виду, что речь идет о *появлении A-объекта* в определенной *зоне рецепции интерпретатора*. Если необходимо, можно указать и номер зоны рецепции, например: $!!^3A$. Однако, когда имеется в виду изэстетическое отражение, можно говорить и о появлении активной *X*-части *A-объекта*, о появлении прямого X'' -следа этой *X*-части в интерпретаторе, следовательно, выражения $!!X$ или $!!X''$ — не бессмысленны в системе наших символов. В частности, может появиться прямой след лишь компонента активной *X*-части *A-объекта*, например: $!!p''$, где $p'' \subseteq \subseteq X''$. Точно так же может быть записано появление другого компонента этого же следа, например $!!x''$ где $x'' \subseteq \subseteq \subseteq X''$, как следствие того факта, что $x \subseteq X$.

Когда мы вводили понятие интенционального следа, то нам понадобилось отличать факт *возникновения*, формирования этого следа от факта возбуждения после того, как он уже сформировался. Естественно, что пока интенциональный след не возник — он не существует, а когда возник — то появился. Поэтому для акта возникновения интенционального следа мы сможем воспользоваться тем же знаком, что и для *появления* прямого следа, т. е. знаком $!!$. Но акт *возбуждения* в механизмах отражения играет особую роль, и его требуется обозначить отдельным символом. Условимся вместо слов “интенциональный X'' -след возбуждился” (или “возбуждение интенционального X'' -следа”) писать $!X''$. Тогда формула $!^0X''$ должна пониматься как описание факта возбуждения априорного гештальта.

Пока мы рассматриваем конкретные изолированные акты отражения, нам может понадобиться отличать их друг от друга. Простейшее из отличий — это указание порядкового номера события.

Например, можно говорить о первом, втором и т. д. появлении A -объекта в рассматриваемой зоне рецепции интерпретатора. Краткая запись таких отличий одного появления от другого может быть такой: $!!_1A$; $!!_2A$; .. .; $!!_kA$. Еще более кратко эту же информацию можно представить так: $!!_{1-k}A$. Соответственно можно различать акты появления следа, например: $!!_1X''$ и т. д., или возбуждение следа: $!_1X''$; $!_2X''$; ...; $!_kX''$ и т. д., или в самой краткой форме: $!_{1-k}X''$. Иногда важен не порядковый номер акта и не число актов, а лишь подчеркивание того, что акт совершается *множественно*. Условимся использовать для этой цели намек на многоточие. Например, выражение $!..X''$ означает, что X'' *множественно возбуждается*, а выражение $!!A$ — что A -объект *множественно появляется*. Соответственно $!!X''$ говорит о множественном появлении X'' -следа. Событие $!!^0y''$ и, тем более, $!!^0Y''$ невозможно, так как априорный гештальт не может появиться, он дан в готовом виде априорно.

И, наконец, иногда бывает важно подчеркнуть, что рассматривается такое же, но не то же самое явление, т. е. лишь вариант явления одного и того же класса. Например, если по отношению к интерпретатору отражаемый объект появляется в одной и той же зоне рецепции не совсем в одинаковых ракурсах либо это фактически разные экземпляры объектов одного класса, то, когда это необходимо, будем обозначать факт варьирования объекта буквенными или цифровыми индексами у знака объекта. Например, A_1 ; A_2 ; A_3 или $!!A_1..!!A_2..!!A_3$. Это же можно записать еще короче: для разных экземпляров A_{1-3} , а для появления $!!A_{1-3}$.

Способы обозначения того факта, что один и тот же объект попадает в различные зоны рецепции и именно поэтому отражается в “разных ракурсах”, т. е. в виде отличающихся следов, в нашей символике тоже очевидны. Формула $^2A''_1..!!^3A''_1..!!^4A''_1$ говорит о том, что объект A_1 попал в зоны рецепции с номером 2, 3 и 4 и в интерпретаторе появились соответственные следы. Более краткая форма записи этой последовательности событий может быть такой: $!!^{2-4}A''_1$.

Так как нередко нам нужно будет подчеркивать, что несмотря на различие рецепторов, т. е. несмотря на *неизэстетичность*, **различные следы имеют общность, выражающуюся в тождестве или одинаковости прообразов** и в этом смысле также могут рассматриваться как одинаковые по “происхождению”, условимся называть такие образы *изогенными* (от греческого “из (о)” — одинаковый, “ген” — род, происхождение). При этом можно говорить о степени изогенности, в зависимости от того, на основании чего считаем мы прообразы образов одинаковыми: являются ли они одним и

тем же состоянием одного экземпляра или разными видами его состояния, разными экземплярами одного вида, разными видами одного типа и т. д.

И, наконец, условимся о способах обозначения *соотнесения* событий и явлений. Соотносятся они могут различными способами и если необходимо, некоторые из этих различий мы будем отражать в символах. Так, тот факт, что одно событие, явление или результат в качестве своей *причины* имеет другое, обозначим “толстой стрелкой” \Rightarrow . Например, $!!A \Rightarrow !!X$ обозначает, что появление X -следа имеет своей причиной (является следствием) появление A -объекта в первой зоне рецепции интерпретатора.

С помощью “тонкой” стрелки, стрелки импликации, будем обозначать *гностическое* (“логическое”) следование, отражающее тот факт, что из знания об одном явлении мы делаем заключение о существовании другого. Например, из того, что в некоторой зоне рецепции появился A -объект, мы делаем заключение, что в этой же зоне находится и любая другая его часть, например X -часть, хотя A не есть причина X . Гностическое следование будет изображено в этом случае так: $!!A \rightarrow !!X$. Направление стрелки гностического следования может как совпадать, так и не совпадать с направлением причинно-следственной стрелки. Например, если мы на основе знания причины делаем вывод о существовании следствия, то направления совпадают, но если, обнаружив следствие, мы делаем вывод о том, что была или наличествует причина, то стрелки не совпадут. Иными словами, если $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow !!X$, то возможно и $!!A \Rightarrow !!X$, и $!!X \Rightarrow !!A$.

При рассмотрении сложных событий важно бывает учитывать их *временные* соотношения: *предшествование* и *следование во времени*. Для обозначения этого отношения воспользуемся изображением следования событий через аналогичное следование символов этих событий в тексте, а между символами будем ставить дефис. Например, $!!A-!!X$ обозначает, что *сначала* появился A -объект, а потом его X -след.

Введем еще одну условность: если это не приводит к двусмысленности, везде, где можно, будем заменять и причинно-следственные, и гностические знаки следования знаком следования во времени, если даже некоторые из событий имеют иные временные соотношения, например возникают одновременно. Так, цепочка $!!A-!!X-!X$ могла бы быть обозначена и с помощью стрелок: $!!A \Rightarrow !!X \Rightarrow !X$, поскольку из факта появления A -объекта лишь гностически следует факт появления X -свойства A -объекта, во времени же эти события не разнесены, а появление X -свойства служит

причиной появления X^n -следа. В этом случае причинно-следственная стрелка не противоречит направлению следования событий во времени. Однако поскольку все сказанное очевидно, то мы и имеем возможность описать рассматриваемое сложное событие упрощенной формулой: $!!A-!!X-!!X^n$.

Как мы уже установили при рассмотрении различных режимов отражения, принципиальную роль имеют такие события, когда многократное повторение одного и того же процесса приводит к постепенной глубинной перестройке субстанции отражающего объекта (интерпретатора), и через некоторое время интерпретатор начинает реагировать на те же самые воздействия качественно по-иному. В этом случае можно говорить, хотя и несколько условно, о **пороговых событиях**, которые наступают после того, как некоторые предшествующие события числом своих повторений превысят определенный критический порог, который мы будем обозначать буквой P с тем или иным индексом: P_1, P_2 и т. д. Запись $((!!_{1,k}^2 A_3-!!_{1,k}^2 X^n_3); (P_1 \subseteq k))$ всегда будем читать так: k раз появился во 2-й зоне рецепции 3-й экземпляр A -объекта и соответственно появлялся каждый раз его $^2X^n_3$ -образ; при этом число появлений (число k) превысило порог P_1 . Точка с запятой здесь обозначает сочинительный союз: “и”, “а также”, “и при этом”, и т. п. Аналогично для возбуждения. Например, формула $((!_{1,k}^1 x^n-!_{1,k}^1 X^n); (P_2 \subseteq k))$ означает, что k раз возбуждался x^n -образ и каждый раз в результате этого возбуждался X^n -образ, причем число таких событий превысило пороговое значение P_2 . Можно таким же способом отразить и тот факт, что *очередное одиночное* событие произошло после того, как некоторый пороговый процесс уже осуществился. Например, выражение $((!!^2_k A; P_1 \subseteq k)$ говорит о том, что это появление A -объекта во 2-й зоне рецепции произошло после того, как число предшествующих появлений превысило порог P_1 .

Типы и способы обозначения ассоциаций

Условимся теперь о приемах обозначения специфически отражательных актов, а именно, актов *взаимосвязи возбуждений* между прямыми и косвенными следами в интерпретаторах, **учтя, что эти следы могут находиться в отношении сходства или смежности**. Начнем с отношения смежности. Так как c -связь между двумя следами,

например X'' -следом и Y''' -следом,— это тоже деформация на теле интерпретатора, то, как и любая другая информация, она может просто появляться впервые либо существовать в виде интенциональной деформации и тогда лишь возбуждаться при тех или иных обстоятельствах. Сам же акт ее возникновения или возбуждения может послужить причиной возбуждения того или иного следа, связанного с этой c -связью. Все это дает нам возможность пользоваться значками появления, возбуждения и следования не только для символов следов, но и для символов c -связи между ними. Например, формула $!X''!/xy-/Y''$ должна читаться как краткая запись о том, что после возбуждения X'' -следа возбуждается его c -связь с Y'' -следом, приводящая к возбуждению Y'' -следа, причем c -связь является основой отношения смежности между этими двумя следами.

Формула $!X''-/!xy-/Y''$ говорит о подобной же цепочке событий, но с той разницей, что c -связь, служащая основой отношения смежности, не возбуждается, а возникает, появляется, т. е. в форме интенциональной перемычки ее еще не было. В принципе можно представить и такое положение, когда существовал интенциональный Y''' -след, но не было еще X''' -следа, и когда он только *появился* в виде первичной деформации, этот факт привел к *появлению* связи между новым, экстенциональным и уже имевшимся, интенциональным Y''' -следом. В результате этого интенциональный Y''' -след возбудился: $!!X'''-/!xy-/Y'''$. Уже из того факта, что для объяснения содержания формулы из небольшого числа условных символов нам приходится тратить очень большое количество слов, вытекает целесообразность использования подобной символики.

Если два следа находятся в отношении *сходства*, т. е. содержат в своем составе одинаковые компоненты, то при *резонансном* взаимодействии следов именно эта общность компонентов играет решающую роль для возбуждения одного следа под влиянием возбуждения, возникшего в другом следе. Поэтому мы имеем возможность отразить символически не только то, что, например, Y''' -след возбудился после возбуждения A''' -следа, т. е. $!X'''-/Y'''$, но и то, что причиной передачи возбуждения было отношение сходства, выражающегося в наличии и в X''' -следе, и в Y''' -следе некоторого общего p -компонента.

Итак, если $X'''-pp-Y'''$, а возбуждение X''' -следа на основе отношения сходства привело к возбуждению Y''' -следа, то можно эту цепь событий записать так: $!X'''-pp-/Y'''$. Если же нужно, мы можем подчеркнуть, как и для отношения смежности, возникла ли эта цепь возбуждений впервые, и тогда формула будет такой: $!X'''-!!pp-/Y'''$, или же эта резонансная причина воздействия одного следа на другой *воспроизводится* всякий

раз, а не появляется заново, т. е. $!X''-!pp-!Y''$. Возможность возбуждения одного следа другим в результате наличия между ними отношения сходства будем рассматривать как наличие *ассоциации по сходству* между этими следами. Если же возбуждение одного следа может привести к возбуждению другого в результате наличия отношения смежности между ними (как следствия наличия *c-связи*), то будем говорить, что эти следы вступают в *ассоциацию по смежности*.

Рассмотрим формулы ассоциаций следов, учитывая, что эти следы являются результатом взаимодействия интерпретатора с объектом, находящимся в определенных зонах рецепции и, следовательно, эти следы изогенны. Формула $!!^2X''-^2x^!X''$ говорит о том, что после появления X'' -следа в результате местонахождения праобраза этого следа во второй зоне рецепции этот новый след вступил в ассоциацию по смежности со следом этого же объекта, оставленного при нахождении того же праобраза в первой зоне рецепции. Формула $!!^2X''-xx-!^{02}X''$ описывает наличие ассоциации того же следа с изоэстетическим априорным гешталтом, т. е. гешталтом “своей” зоны рецепции, причем ассоциации по сходству.

Особый интерес представляет случай, когда **объект проходит последовательно зоны рецепции интерпретатора (вследствие приближения объекта к интерпретатору или интерпретатора к объекту), пересекая, например, зрительную, слуховую, обонятельную, осязательную и вкусовую зону. Такой объект отразится интерпретатором в виде последовательности изогенных изэстетических следов**, которые фактически будут в той или иной мере перекрываться во времени и иметь некоторые черты сходства, несмотря на то, что они воспринимаются различными рецепторами. Но упрощенно можно считать, что это — **смежные по времени появления “кадры” или зоны целостного следа одного и того же праобраза (зонные следы)** рассматриваемого при последовательном изменении “фокусного расстояния” того инструмента, через который “рассматривается” объект интерпретатором. В кино и телевидении такой прием рассмотрения (и демонстрации) объекта называется *трансфокацией*, поэтому последовательность зонных следов одного окказионального объекта, проходящего через смежные зоны рецепции, мы можем назвать *трансфокальным следом*. Ситуацию возникновения трансфокального следа мы можем изобразить, например, так: $(!!^4A-!!^3A-!!^2A-!!^1A)---(!!^4X''-!!^3X''-!!^2X''-!!^1X'')$. Но можно эту запись и упростить, отмечая лишь начальную и конечную трансфокальную зону: $(!!^4A-...!!A^1)---(!!^4X''-...-!!^1X'')$. Этот же прием можно сохранить лишь на уровне индексов трансфокальных зон, соответствующих

зонам рецепции, которые проходит объект: $!!^{4-1}A-!!^{4-1}X^n$.

Если необходимо, то в формуле трансфокального следа можно отразить и конкретные виды ассоциации между составляющими зонными следами. Мы уже использовали такую, например, запись двухзонного трансфокального следа с отражением факта ассоциации между зонными следами: $!!^2X^n-2^1x-!^1X^n$. Условимся упрощать эту запись, если необходимо отразить факт ассоциированности изогенных неизстетических зонных следов в едином трансфокальном следе, когда эта ассоциированность вызвана именно смежностью зон рецепции. Упрощение будет выражаться в том, что в символе ассоциации мы будем оставлять только номера соответствующих зон рецепции. Тогда рассматриваемая формула примет такой вид: $!!^2X^n-21-!^1X^n$. Как и любые следы, трансфокальные следы после определенного многократного окказионального появления могут послужить основой формирования интенционального образа, имеющего определенную частную функцию для выполнения интерпретатором его общей функции в над-надсистеме. Следовательно, трансфокальный след может превратиться в *трансфокальный образ*, который уже не появляется окказионально, а *возбуждается узואльно*.

Объективность и субъективность ассоциации

Из всего вышесказанного ясно, что **понятие ассоциации имеет смысл только в отношении следов, образов, результатов отражения**. Нельзя сказать, что **праобразы, т. е. отражаемые объекты**, если они сами не являются следами, находятся в той или иной ассоциации. Но, тем не менее, для нас не всегда безразлично, каковы сами праобразы или отношения между состояниями одного праобраза, если рассматривается вопрос о типах ассоциаций между образами этих праобразов. Например, если праобразы имеют хотя бы одинаковые компоненты и характеристики этих одинаковых компонентов отразились в интерпретаторе в виде наличия одинаковых компонентов в следах или в образах этих праобразов, то очевидно, что причиной ассоциации по сходству между результатами отражения, т. е. между следами или образами, является наличие отношения сходства между праобразами этих отражений. В этом смысле **ассоциация между образами объективна**.

Точно так же праобразы могут иметь не только сходство, но и связь (перемычку или контакт). И если эта связь отразится в виде связи между следами или образами праобразов (в виде связи или контактов отражения), то такие отражения, во-первых, окажутся находящимися в

ассоциации по смежности и, во-вторых, причиной возникновения этой ассоциации будет наличие *отношения* смежности между праобразами, так что снова **такая ассоциация между образами не противоречит нашим представлениям об объективности отражения**. Несколько более далекую, но, тем не менее, закономерную и поэтому объективную, зависимость между отношением и ассоциацией наблюдаем мы при формировании трансфокального образа. Пространственная ассоциация по смежности между зонными образами трансфокального образа отражает факт предшествующей временной ассоциации состояний праобраза, проявляющихся в различном отношении праобраза к зонам рецепции интерпретатора.

Но из всего сказанного вытекает и то, что **параллелизм между отношениями праобразов и ассоциациями их образов не всегда имеет место**. Например, если отражающий объект, т. е. интерпретатор, не отразил связь, существующую между праобразами, то отношение смежности между праобразами от этого не исчезнет, но ассоциации по смежности между их образами не будет, она не найдет объективного отражения. Аналогично и для отношения **сходства**.

И для сходства, и для смежности возможно и такое положение, когда ассоциация образов есть, но она вызвана внутренними причинами работы интерпретатора, а не отражением соответствующих отношений между праобразами. В этом смысле такая ассоциация не объективна, и условно ее можно назвать *субъективной*.

И, наконец, возможны и иные **виды субъективности, т. е. несоответствий между отношениями отражаемых объектов-праобразов и ассоциациями между отражениями этих объектов, т. е. между следами и образами**. Например, ассоциация по смежности между следами может возникнуть как результат наличия отношения сходства между праобразами этих следов. Нам еще предстоит рассматривать подобные случаи при анализе сложных актов отражения, поэтому в заключение лишь подчеркнем еще раз, **что все названные и упоминавшиеся ранее несоответствия и параллелизмы являются генетической предпосылкой возникновения различия субъективного и объективного отражения действительности**.

Нетрудно понять соотношение между субъективным и объективным при сопоставлении узуальных и окказиональных отражений. Узуальные единицы, например, интенциальные образы, могут рассматриваться как более объективные на том основании, что они отражают лишь обобщенные, наиболее частотные и поэтому наиболее

устойчивые черты объектов определенного класса. **Одноразовое, случайное, нетипичное не имеет шансов закрепиться в узуальном образе, и поэтому узуальные единицы естественнее отнести к наиболее объективным, более полно отражающим сущность праобраза.**

Однако если учесть, что в процессе формирования обобщенного узуального образа в нем закрепилось только то, что функционально значимо для интерпретатора, то вывод об объективности узуальных единиц покажется уже не столь очевидным. Окаzionaleный след окаzionaleного объекта может зафиксировать в некоторых случаях большее число существенных свойств этого объекта, чем это найдет отражение в узуальном обобщенном образе объекта. Следовательно, с этой точки зрения узуальные единицы представляются как более субъективные, чем окаzionaleные, как более “эгоцентричные”, *утилитарные*, отражающие сущность не столько праобразов этих единиц, сколько самого интерпретатора. Однако обнаруженное противоречие не обесмысливает полученные результаты. **Обобщенные, абстрактные, узуальные единицы представляют собой объективные образы праобразов, рассматриваемых в субъективном ракурсе.** Иначе: это *утилитарные проекции сущностей* праобразов, т. е. результат преломления сущности объективной действительности через сущность субъекта.

3.5. Правила отражения

Исходные правила отражения

Мы рассмотрели содержание и способы обозначения простейших, элементарных актов (событий), являющихся компонентами более сложных актов, представляющих разнообразные стороны процессов отражения. Поскольку сами понятия “элементарный” и “сложный” акт весьма условны, то договоримся **называть сложными такие акты, которые включают в себя по крайней мере три элементарных события типа появления или возбуждения.** Но и при таком условии некоторые сложные события окажутся переходными. Например, если рассматривается событие типа $!X''-!Y''$, т. е. состоящее в том, что за возбуждением X'' -следа возбуждается Y'' -след, то это—элементарное событие, но если отразить и факт возбуждения ассоциативной связи между рассматриваемыми следами, например $!X''-!xy-!Y''$, то это же событие, этот же составной акт, при наших определениях, нужно считать сложным. К безусловно сложным из рассмотренных событий

мы должны отнести такое: $!!A-!!Y-!!X''$.

Подобные сложные акты, если они являются типовыми и играют важную роль при определении параметров еще более сложных актов в процессе отражения, мы и постараемся теперь рассмотреть, а те типовые ситуации отражения, которые будут описаны с помощью формул типовых сложных актов, назовем *правилами отражения*. Можно выделить **семнадцать таких правил**.

П. 1. “Правило неполноты прямого следа”. Символически мы его только что записывали: $!!A-!!X-!!X''$. Эта формула говорит о том, что причиной появления прямого X"-следа активного А-объекта является воздействие на интерпретатор лишь активной X-части этого А-объекта.

Констатация данного факта, несмотря на его очевидность и тривиальность (ибо само **понятие активной части у нас было определено как то, что оставляет прямой след на отражающем объекте**), имеет, тем не менее, принципиальное значение, так как предохраняет нас от опасности перехода к субъективистскому толкованию причин возникновения даже простейшей первичной деформации. Ведь если рассматривать возникновение прямого следа с позиций только интерпретатора, только в его ракурсе, то даже признавая объективность причин возникновения прямого следа, т. е. существование праобраза, можно утверждать, что отражаемый объект—это и есть активная его X-часть, и ничего кроме этой части, кроме праобраза прямого X"-следа не существует. Таким образом, непризнание первого правила отражения может привести к отрицанию существования всего того, что не оказывает на отражающий объект прямого воздействия, а тогда уже недалеко до отрицания существования сущностей объектов либо до утверждения ее непознаваемости (как в концепции Спенсера и, тем более, в философии Канта).

П. 2. “Правило членимости прямого следа”. В прямом X"-следе можно всегда найти такую часть, такой x"-компонент, которому будет соответствовать вполне определенная x-часть X-праобраза, так что появление этой x-части X-праобраза является причиной появления соответствующего x"-компонента прямого X"-следа. Символически это запишется так: $((!!X-!!X''); (x \subseteq X)) - (!!x''; (x \subseteq X''))$ (точка с запятой—знак перечисления условий: “и”, “а также”).

П. 3. “Правило возникновения интенционального следа”. Это, по существу, краткая запись того процесса, который приводит к выработке узального интенционального следа как основы опережающего отражения после многократного окказионального возникновения на нем прямого следа одного и того же праобраза, если

число таких возникновений превысило некоторое пороговое значение Π_1 : $((!_{1-k}A-!_{1-k}X-!_{1-k}x_1-!_{1-k}X))$; $(\Pi_1 \subseteq k)$; $(x_1 \subseteq X)$. $((!A-!_{x_1}X))$; $(x_1 \subseteq X)$. Иными словами, после того, как прямой X"-след X-части A-праобраза появился больше, чем Π_1 раз, для возбуждения X"-образа этого A-праобраза достаточно появления x_1 -следа от X_1 -части X-части A-праобраза, ибо в интерпретаторе сформировался узуальный интенциальный X"-след, т. е. X"-образ X-праобраза.

Назовем x_1 -часть X"-образа, возбуждения которой как прямого следа достаточно, чтобы возбудился весь X"-образ, активной долей интенциального образа или следом признака X-праобраза, а x_1 -часть X-праобраза — **его признаком**.

П. 4. “Правило роста интенциальной антиципации”. По существу, это — закономерное следствие предшествующего правила: если вначале отражение протекает как возникновение лишь окказионального прямого X"-следа X-части A-праобраза, а потом превращается в возбуждение интенциального узуального X"-образа под влиянием возникновения x_1 -следа x_1 -части X-части этого праобраза, то при многократных последующих возбуждениях X"-образа, превышающих порог Π_2 уменьшается доля необходимой активной части X"-образа. Он возбуждается уже тогда, когда прямой след достиг x_2 -части X"-следа, причем такой, что $x_2 \subseteq x_1$ и соответственно $x_2 \subseteq x_1$. Иными словами, в некотором интервале воздействий X-части A-объекта на отражающий объект для возбуждения X"-следа этой X-части оказывается достаточным появления все меньшего признака и меньшей активной доли интенциального X"-образа, так что отношение антиципативной интенциальной составляющей X"-образа к активной x -доле антиципального X"-образа возрастает.

Все эти многословные утверждения гораздо более кратко выражаются с помощью введенной нами символики: $((!_{1-k}A-!_{1-k}x_1-!_{1-k}A-!_{1-k}x_1-!_{1-k}x_2-!_{1-k}x_1-!_{1-k}x_2-!_{1-k}x_1-!_{1-k}X))$; $(x_2 \subseteq x_1)$; $(\Pi_2 \subseteq k)-((!A-!_{x_2}X))$; $(x_2 \subseteq x_1)$.

П. 5. “Правило обобщенности интенциального образа”. Этим правилом подчеркивается то очевидное положение, что если активные части A-объекта (X_1, X_2, \dots, X_k) не совсем одинаковы, а лишь имеют устойчивую перекрывающуюся X_0 -часть, такую, что $X_1-X_2- \dots -X_k = X_0$ (где точка - знак конъюнкции), то после k -кратного появления A-объекта лишь x_0 -часть каждого из прямых изогенных следов (т. е. X"-следа, X"₂-следа,, X"_k-следа) окажется появившейся все k раз.

Поэтому правило интенционального следа, когда число появлений А-объекта достигает порогового числа Π_1 , будет справедливым лишь для x''_0 -образа x_0 -праобраза как статистически усредненной, общей, совпадающей части всех X_1 -, X_2 -, ... и X_k - праобразов. Соответственно лишь для этого интенционального x''_0 -образа будет существовать его x''_1 -часть как образ признака, т. е. как активная доля этого интенционального x''_0 -образа, признаком праобраза которого является x_1 -часть. Формула описанного сложного события будет иметь вид $((\Pi_1 A - \Pi_1 X_1 - \Pi_2 X_2 - \dots - \Pi_k X_k - \Pi_2 X''_2 - \dots - \Pi_k X''_k - \Pi_1 x_0 - \Pi_1 x_1); (x_0 = x_1 x_2 - \dots - x_k); (x_1 \subseteq X_0); (\Pi_1 \subseteq k) - ((\Pi_1 A - \Pi_1 x_1 - \Pi_1 x''_1 - \Pi_1 x''_0); (x''_1 \subseteq x''_0))$.

Правила отражения многокомпонентных праобразов

Многокомпонентные праобразы могут отражаться в виде многокомпонентных образов, и тогда связность праобразов в едином целом может найти отражение в виде ассоциаций между компонентами образов. Ясно, что основные разновидности отражения связности праобразов, также должны быть рассмотрены в перечне “правил”. (Нумерацию “правил” сохраним сквозную.)

П. 6. “Правило отражения связи ассоциации по смежности”. Пусть дано два объекта: А-объект и В-объект, которые имеют тот или иной вид связи между собой, что можно представить символически как А-аб-В.

Рассмотрим теперь такой случай, когда $X \subseteq A$ и $Y \subseteq B$ являются активными частями этих объектов и отражаются на интерпретаторе в виде следов: X'' и Y'' . Кроме того, пусть сама связь между объектами, т. е. аб-связь, тоже как нечто внешнее по отношению к интерпретатору, оставляет $a''b''$ -след. Конечным результатом отражения связанного единства, состоящего из А-объекта, В-объекта и аб-связи между ними, является след в виде единства трех следов: X'' -следа, Y'' -следа и $a''b''$ -следа. Иначе: $!(A-аб-В)-!(A-аб-В)''$; где $(A-аб-В)'' = A''-(аб)''-B'' = X''-xy-Y''$. А это и значит, что наличие связи между двумя праобразами может отражаться в интерпретаторе как наличие ассоциации по смежности между следами этих праобразов.

П. 7. “Правило отражения следования ассоциацией по смежности”. Если появление В-объекта следует регулярно за появлением А-объекта или вообще если вслед за появлением любого из них имеется высокая вероятность появления другого, то несмотря на отсутствие буквальной связности этих объектов следы их активных частей могут, после определенного порогового Π_3 -числа таких следовании, вступить в

ассоциацию по смежности. $(!(1_{1-k}A-!1_{1-k}B); (X \subseteq A; Y \subseteq B); (!!X-!!X")); (!!Y-!!Y"); (П_3 \subseteq k)-!(X"-xy-Y")-(!X"-!xy-!Y"))$.

П. 8. “Правило экспликации связанности ассоциацией по смежности”. Если дано, что А-аб-В, т. е. А-объект связан с В-объектом, но активные части представлены только объектами, но не связью, то на интерпретаторе появление связанных объектов отразится лишь в виде появления двух несвязанных прямых следов: $(!(A-аб-В); (X \subseteq A; Y \subseteq B))-(!X"; !Y")$.

Однако поскольку эти объекты связаны, то и появление одного из них с высокой вероятностью предполагает появление другого. А это значит, что если даже с-связь этих объектов не имеет активной части и поэтому не оставляет прямого следа на интерпретаторе, тем не менее, на основании предыдущего правила, между следами связанных объектов, после того, как они появятся более чем $П_3$ раз, возникнет ассоциация по смежности. Следовательно, фактическое объективное наличие связи между праобразами, хотя она и не отражается интерпретатором непосредственно, косвенно найдет отражение, и ее возникновение можно рассматривать как обнаружение, вскрытие, экспликацию реальной связи возникновением ассоциации по смежности $(!(1_{1-k}(A-аб-В); (X \subseteq A; Y \subseteq B); (!!X"; !!Y"); (П_3 \subseteq k))-!!((X"-xy-Y")-(!X"-!xy-!Y"))$.

П. 9. “Правило превращения следа в активную долю ассоциативной цепи”. Сложный след, состоящий из самостоятельных следов отдельных праобразов и ассоциаций по смежности между ними, является, по существу, многокомпонентным образом, и, как ко всякому образу, к нему применимо правило возникновения интенционального следа. А это значит, что для возбуждения всего этого комплексного образа может оказаться достаточным появления лишь одного из компонентов активной части многокомпонентного праобраза. Например, может оказаться достаточным, чтобы активная часть лишь одного из объектов, составляющих праобраз, оставила прямой след на интерпретаторе для возбуждения всего многокомпонентного образа в форме ассоциативной цепи образов объектов. В этом случае **такой прямой след будет выступать в функции активной доли целостного ассоциативно связанного образа, а праобраз этой активной доли - в функции признака отражаемой многокомпонентной цепи.** По существу, мы снова пришли к формулировке возникновения интенционального опережающего отражения на основе прямого отражения признака, но она содержит в себе уже **детализированные представления о тех механизмах отражения**, которые должны предшествовать наступлению такой

перестройки деформаций интерпретатора, после которой он оказывается способным к антиципации появления совокупности взаимосвязанных объектов (или частей одного объекта) на основе появления лишь одного из этих объектов (или одной из многих частей объекта).

Само же **формирование многокомпонентного образа, состоящего из компонентов, ассоциированных по смежности, может осуществляться на основе правил отражения или экспликации связи или следования ассоциацией** по смежности. Запишем сказанное символически для случая образа, состоящего из двух ассоциированных компонентов: $(!!_{1-k}(X''-xy-Y''))$; $(\Pi_1 \subseteq k) - (!!X''-!xy-!Y'')$.

П. 10. “Правило превращения активной доли следа в активную долю ассоциированной цепи”. Это правило является прямым следствием правила роста интенциональной антиципации (п. 5): для появления X''-следа, после определенного Π_2 -числа таких появлений, может оказаться достаточным x_1 -активной части X-праобраза X''-следа как ризнака X''-праобраза: $(!!_{1-k} (!!X''-!xy-!Y''))$, $(\Pi_2 \subseteq k)$; $(x''_1 \subseteq X'')$ - $(!!x''_1-!X''-xy-!Y'')$.

Правила резонансов и предпочтений

В этих правилах рассматриваются в первую очередь ассоциации по сходству.

П. 11. “Правило резонансного возбуждения части подвозбужденного следа”. Имеется в виду, что некоторый X''₁-образ ассоциирован по смежности с X''₂-образом, но степень ассоциации такова, что возбуждения X''₁-образа не приводят к возбуждению X''₂-следа, однако “подвозбуждают” его, т. е. увеличивают его чувствительность к возбуждению; кроме того, X''₂-образ таков, что его праобраз имеет x_0 -основание сходства с X₃-праобразом, т. е. $X_2-X_3-x_0$, так что $x''_0 \subseteq X''_2$. Правило утверждает, что если X''₂ еще не возбужден, но подвозбужден под влиянием ассоциации с возбужденным X''₁-образом, то появление X₃-праобраза и, следовательно, X''₃-следа может возбудить X''₂-след, но не весь, а только x''_0 -часть, резонирующую с возбуждившимся X''₃-следом: $((!!_{1-k} X_1-!!_{1-k} X_2); (X_2-X_3-x_0); (x''_0 \subseteq X''_2))$; $(\Pi_5 \subseteq k) - (!!X''_1; !!X''_3) - !x''_0$.

П. 12. “Правило усредненности резонансного интенционального следа”. В этом случае, в отличие от предыдущего, предполагается наличие нескольких следов (X''₃, X''₄, X''₅, ...), резонансно взаимодействующих с

тем X''_2 -следом, который имеет, кроме того, ассоциацию по смежности с X''_1 -следом. Утверждается, что после порогового числа повторений таких актов интенциональный X''_2 -след X_2 -праобраза при этих условиях также будет соответствовать не X''_2 -следу, а лишь совпадающей x''_0 -части следов, ассоциированных по сходству, т. е. $x''_0 = X''_3 \cdot X''_4 \cdot X''_5 \dots ((!_{1-k} X''_1 - !_{1-k} (X_2 \cdot (X_3 + X_4 + X_5 + \dots))); (x''_0 \subseteq X''_2); (X''_3 \cdot X''_4 \cdot X''_5 \dots = x''_0); (\Pi_5 \subseteq k) - (!X_1; \quad !(X''_3 + X''_4 + X''_5 + \dots) - !x''_0)$, где “точка” — знак конъюнкции, а “плюс” — знак дизъюнкции, показывающий, что если появится хотя бы один из резонирующих следов, это приведет к возбуждению x''_0 -части X''_1 -следа, представляющей усреднение того общего, что присуще всем следам, ассоциированным на основе их предшествующих резонансных взаимодействий с X''_2 -следом по сходству.

П. 13. “Правило превращения регулярной ассоциации по сходству в ассоциацию по смежности”. Пусть X'' -образ X -праобраза как части А-объекта связан с Y'' -образом Y -праобраза как части Б-объекта ассоциацией по сходству вследствие того, что $X'' \cdot Y'' \subseteq a$. Это значит, что имеет место $X'' - aa - Y''$, так что $!X'' - !aa - !Y''$. Допустим также, что эта цепь ассоциативных возбуждений сходных образов осуществляется регулярно.

Если при этом отвлечься от природы ассоциации, то можно констатировать, что $!..X'' - !..Y''$, т. е. за возбуждением X'' -следа многократно возникает возбуждение Y'' -следа. Но если это так, то на основании п. 7 в теле интерпретатора после некоторого порогового количества Π_3 рассматриваемых пар возбуждений X'' и Y'' должна возникнуть “прямая перемычка” — ассоциация по смежности: $((!_{1-k}(X'' - aa - Y'')); \quad (!_{1-k} X'' - !_{1-k} Y'')); \quad (\Pi_3 \subseteq k) - (X'' - xy - Y'')$.

После того, как произойдет такая смена вида ассоциации, наличие или отсутствие совпадающей, общей части у следов оказывается несущественным и степень узуальности ассоциации возрастает.

П. 14. “Правило превращения образа-посредника в формальную абстракцию”. Это правило опирается на предшествующие и отражает особенности такой специфической ситуации, когда какой-либо C'' -след превращается в образ-посредник в цепочке ассоциаций по сходству. Посредничество его заключается в том, что он имеет основание сходства по X'' -свойству с некоторым B'' -образом, а с E'' -следами, число которых велико, основание сходства по Y'' -свойству, присущему каждому из E'' -следов, в результате чего возможно промежуточное положение C'' -следа в таких ассоциативных цепях: $!!E''_1 - !уу - !C'' - !xx - !B''$.

Если количество E'' -следов велико ($E''_1, E''_2, \dots, E''_e, E''_{e+1}, \dots$), то, в

соответствии с п.13, узуальная *xx*-ассоциация превратится в узуальную *cb*-ассоциацию, чего не произойдет с *уу*-ассоциацией, так как она с появлением каждого нового окказионального следа *E''*-типа может возникать лишь заново, ибо следы *E''*-типа появляются в различных мостах памяти интерпретатора. Следовательно, после некоторого порогового значения Π_3 получим $(!!_{1-k}!!уу-C''-!xx-B'')$; $(\Pi_3 \subseteq k)-(E''_{k+e}!!уу-C''-cb-B'')$. Но далее, если окказиональные *E''*-следы продолжают появляться, а отсутствие или наличие совпадающей общей части у *C* следа и *B''*-образа, в соответствии с п. 13, уже несущественно, то дальнейшее превращение *C''*-следа в узуальный интенциальный образ будет протекать лишь под влиянием его ассоциаций по сходству с *E''*-следами, каждый из которых имеет *Y''*-часть, и в *C''*-следе резонансно будет возбуждаться лишь его *Y''*-часть, которая после порогового числа возбуждений в соответствии с п. 3 превратится в интенциальный *Y''*-образ.

$(!!_{1-(k+1)}(E_{k+e} - !!уу - C'' - !cb - B''))$; $((\Pi_1 \square e))--(E''_{(k+e+1)}!!уу-Y''-!yb-B'')...$

Таким образом, вместо *C''*-следа-посредника сформируется *Y''*-посредник, содержащий в себе только те черты, которые являются общими и типичными для всех *E''*-следов, ассоциировавшихся с *C''* следом-посредником по смежности. Такой усредненный представитель совокупности появившихся и могущих появиться и далее следов *E''*-типа вполне соответствует общепринятым представлениям о формальном абстрактном образе этих *E''*-следов, если понимать абстракцию так, как понимал ее Локк или Кант.

Следует еще добавить, что в соответствии с п. 3 для возбуждения абстрактного *Y''*-образа со временем достаточно будет возбуждения его *у''₀*-активной доли, так что *E*-объекты могут воздействовать на интерпретатор лишь своим *у₀*-признаком.

П. 15. “Правило силы первых ассоциаций”. Это правило имеет отношение к представлениям о *силе ассоциации* образов, понимаемой очень широко. Например, если, возникнув, одна ассоциация сохраняется без возбуждения дольше, чем другая, то первую будем считать более сильной. Если два образа имеют одинаковую степень сходства с третьим, но один из них, при возбуждении третьего, резонансно возбуждётся раньше, чем второй, то ассоциация по сходству между первым и третьим будет считаться более сильной, чем ассоциация между вторым и третьим образом. Аналогично и при ассоциации двух образов с третьим по смежности.

Учитывая сказанное, правило силы первых ассоциаций можно

сформулировать так: **если некоторый образ сначала вступал в ассоциацию с образом А, потом с образом Б, потом - с образом В и т.д., то каждая последующая ассоциация слабее предшествующей, т.е. имеет меньшую силу в момент ассоциации и большую скорость дальнейшего ослабления, и соответственно первые ассоциации имеют большую силу по сравнению с последующими.**

Это, конечно, не означает, что последующая ассоциация никогда не может оказаться сильнее предыдущей. Так, например, если интервал между первой и второй ассоциацией очень велик, то первая, несмотря на правило силы первых ассоциации, может затухнуть уже настолько, что хотя вторая будет в момент возникновения слабее, чем была в момент возникновения первая, но в момент возникновения второй ассоциации первая все равно может оказаться слабее. Однако из этого примера видно, что несмотря на свою неабсолютность правило силы первых ассоциаций может нарушаться лишь в редких, весьма специфических обстоятельствах.

Это правило едва ли необходимо записывать в общем виде в нашей символике, но при анализе конкретных механизмов ассоциации учет названного правила позволит понять ряд особенностей отражательных процессов, хотя, естественно, как и другие правила, оно (правило) ниоткуда формально не выводится, а следует как **правдоподобная гипотеза из наших общих представлений о связи механизмов отражения с универсальными механизмами адаптации.**

П. 16. “Правило предпочтительности изэстетических ассоциаций по сходству”. Если в интерпретаторе имеется некоторый интенциональный kX -след, соответствующий появлению праобраза в его k -зоне рецепции, то возникновение новых ${}^{1-(k+n)}y$ ${}_{1-(k+n)}$ -следов, имеющих с первым одинаковое p -основание подобия, приведет к ассоциации первого по сходству лишь с тем из новых следов, с которым он изэстетичен: $(!!^kX-(!!^1y''_1; !!^2y''_2; \dots !!^ky''_k; \dots !!^{k+n}y''_{k+n}); ({}^kx'' \cdot {}^1y''_1 \cdot {}^2y''_2 \cdot \dots \cdot {}^{k+n}y''_{k+n}=p))-({}^kX''-pp-{}^kY''_k)$.

При этом ассоциировавшиеся образы могут быть и неизогенными.

П. 17. “Правило силы конказиональных ассоциаций”. Оказиональные изогенные следы, поскольку они отражают некоторое, целостное событие, например процесс перехода отражаемого объекта через все зоны поля рецепции интерпретатора, являются, в соответствии со сделанным ранее определением, “партнерами по событию” и, следовательно, *конказиональными*. По если рассматривать всю **совокупность конказиональных следов**, т.е. следов, отражающих компоненты и процессы определенного целостного события, то трансфокальная последовательность изогенных следов

отражаемого объекта должна быть пополнена совокупностью следов смены внутренних состояний интерпретатора во время формирования трансфокального изогенного многозонного следа внешнего объекта.

“Правило силы конказиональных ассоциаций” утверждает, что несмотря на разнородность таких следов в отношении и праобразов, и рецепторов, взаимодействующих с праобразами, факт конказиональности, сопричастности с единым общим событием, делает их дополнительно ассоциированными, взаимосвязанными, так что при прочих равных условиях два одиночных или трансфокальных следа, если они конказиональны, вступят в ассоциацию с большей легкостью, чем неконказиональные.

Так как единое событие, отражаемое в форме совокупности конказиональных следов, может иметь определенные фазы своего развития во времени, то рассматриваемое правило утверждает также, что сила связи конказиональных следов возрастает в тех случаях, когда они принадлежат хотя и различным трансфокальным последовательностям (например, один - трансфокальному следу отражаемого объекта, а другом — трансфокальному следу смены соответствующих внутренних состояний), но соответствуют одному и тому же интервалу времени протекания объединяющего их события, т.е. если они входят в одну и ту же *зону синхронности*.

Априорное опознание и формирование апостериорного гештальта

Как мы видели, если интерпретатор является системой, адаптированной в таком узле над-системы, в котором окрестностные условия значительно изменяются, то для увеличения эффективности своего функционирования такой интерпретатор должен быть способен опознавать довольно разнообразные объекты, потоки и их свойства. В связи с этим в интерпретаторе появляются внешние и внутренние условия повышения эффективности опознания. К внешним относится развитие повышенной чувствительности к некоторым, наиболее значимым для функционирования, элементарным свойствам внешней среды, а к внутренним — развитие и рецепторов внутреннего состояния, и средств формирования наиболее значимых и инвариантных образов структур связи между этими элементарными свойствами (внешних объектов и внутренних состояний). Те из образов, которые наследуются эволюционно, мы назвали априорными гештальтами, например априорными гештальтами наиболее типичных свойств внешних объектов, требующих безусловного опознания.

Теперь, используя перечисленные правила отражения, постараемся выявить хотя бы общие контуры формирования *апостериорных гештальтов*, т. е. таких *внутренних эталонов структуры* связи элементарных свойств и их комплексов, с помощью которых опознаются и классифицируются образы объектов, с которыми интерпретатор взаимодействует во внешней среде, и образы смены внутренних состояний при этих взаимодействиях, накапливая свои *индивидуальный* опыт. Априорные гештальты, наличие рецепторов, а также режимов поведения, выработанных для осуществления определенных функции, должны рассматриваться как необходимое условие совершенствования отражательных способностей интерпретатора.

Рассмотрим сначала некоторые стороны процесса опознания внешних объектов.

Естественно предположить, что в конечном счете любой акт опознания должен завершаться возбуждением априорного гештальта под влиянием возникновения следов опознаваемого объекта.

Начнем со случая, когда в поле рецепции интерпретатора появился некоторый A_c -объект, представляющий собой окказиональный - экземпляр c -разновидности объектов A -типа, и в памяти интерпретатора запечатлелся соответствующий окказиональный трансфокальный след этого A_c -объекта, проходящего через нее зоны ноля рецепции. Пусть при этом оказалось, что интерпретатор имеет априорный гештальт для объектов A -типа, выработанный на основе обнаружения X -свойств этих объектов, воспринимавшихся в процессе эволюции интерпретатора его k -рецепторами, когда объекты A -типа проходили через k -зону ноля рецепции. Это значит, что такой априорный гештальт должен быть обозначен в нашей символике как ${}^{ok}_x$.

Появление окказионального A_c -объекта в ноле рецепции интерпретатора и прохождение его через последовательные зоны ноля рецепции, например, от самой *дистантной*, далекой от местонахождения интерпретатора, до самой *контактной* зоны, требующей физического взаимодействия интерпретатора с объектом, а также появление соответствующего трансфокального окказионального многозонного следа этого A_c -объекта, может быть записана в виде формулы $!!^{(k+1)-1}A_c - !!^{(k+1)-1}X_c$, где индексы $(k+1)-1$ говорят о порядке следования зон рецепции: $(k+1)$, k , $k-1$, $k-2$, , 3 , 2 , 1 .

Ясно, что среди всех последовательных следов полного окказионального трансфокального следа есть один k_x - след, который

является изэстетическим по отношению к априорному гештальту и, в то же время, в высокой степени подобным ему, так как A_c -объект представляет собой экземпляр объектов А-типа, на основе взаимодействия с которыми формировался априорный гештальт ${}^{ok}X''$, узуальный по отношению к опыту вида. Следовательно, в соответствии с п. 16 получим $(!!^{(k+1)-1}A_c-!!^{(k+1)-1}X''_c)-(!^kX''_c-!!^{xx}-!^kX''_c)$.

Таким образом, вся эта цепь событий приведет к возбуждению априорного гештальта ${}^{ok}X''$ и окказиональный A_c -объект будет *опознан* интерпретатором как представитель объектов А-типа, несмотря на то, что в индивидуальном опыте, т. е. “субъективно”, интерпретатор с объектами этого типа еще не взаимодействовал.

По-видимому, нечто аналогичное наблюдаем мы и в описанном ранее случае узнавания птичьих силуэтов только что вылупившимися цыплятами, и в поведении новорожденного младенца, пьющего материнское молоко, но выплевывающего соленую воду.

Продолжим рассмотрение примера априорного опознания объекта, функционально важного для интерпретатора.

В соответствии с п. 15 первое возбуждение априорного гештальта под влиянием ассоциации по сходству с ${}^kX''_c$ - следом увеличивает его чувствительность к возбуждению вследствие новых аналогичных ассоциаций, а ассоциации по смежности между зонными, неизэстетическими следами трансфокального следа также имеют предрасположенность легко возбуждаться снова. Следовательно, если новый окказиональный экземпляр объектов А-типа, например, A_c -объект попадет в зоны рецепции интерпретатора, так что в результате этого появится окказиональный трансфокальный след $!!^{(k+1)-1}X''_c$, то, на основе рассмотренных взаимодействий, A_c - объект будет также опознан как представитель объектов А-типа.

Однако, кроме этого, разовьются новые процессы. После возбуждения априорного ${}^{ok}X''$ -гештальта находящийся с ним в сильной ассоциации изэстетический зонный след первого трансфокального следа подвозбудится, причем подвозбудятся в некоторой мере и остальные его следы под влиянием ассоциации по смежности.

Весьма вероятно предположить, что в общем случае степень подобия тех следов первого и второго трансфокального следа (степень подобия между ${}^kX''_c$ и ${}^kX''_c$), которые изэстетичны априорному гештальту, выше, чем между другими изэстетичными зонными следами трансфокальных следов. Например, степень подобия вкуса двух порций молока, скорее всего, выше, чем степень подобия внешнего вида этих порций. Поэтому в соответствии с правилом

резонансного возбуждения части подвозбужденного следа (п. 11) резонансно возбудится (или хотя бы дополнительно подвозбудится) в нервом изэстетичном следе та его часть, которая является общей между ${}^kX''_c$ и ${}^kX''_e$. В принципе она окажется довольно близкой к априорному гешталту, но скорее всего будет несколько более детальной, так как интерпретатор взаимодействует с конкретными представителями объектов А типа) и даже, может быть, с представителями определенного подтипа, тогда как априорный гешталт содержит лишь самые общие черты всех подтипов А-типа, т. е. он более абстрактен. Конечно, ${}^kX''_e$ -след (после опознания A_c -объекта) также сохранит предрасположенность к ассоциации но сходству с априорным гешталтом. Но в соответствии с п. 15 (силы первых ассоциаций) эта ассоциация, будучи второй, окажется скорее всего более слабой, чем ассоциация ${}^kX''_c$ -следа после опознания A_c -объекта. Кроме того, это различие должно возрасти и в связи с тем, что ${}^kX''_c$ -след дополнительно подвозбуждался ассоциациями по смежности и сходству, чего не "испытал" еще ${}^kX''_e$ -след.

Появление еще одного окказионального представителя объектов А-типа, например, A_p -объекта в зонах рецепции интерпретатора приведет не только к возникновению нового трансфокального $(k+1)^{-1}X_p$ -следа и к опознанию A_p -объекта благодаря возбуждению априорного ${}^{ok}X''$ -гешталта. **Это новое опознание подвозбудит изэстетические следы ${}^kX''_c$ и ${}^kX''_e$ и резонансно подвозбудит в них основание ассоциации по сходству с ${}^kX''_p$.** Однако степень такого подвозбуждения ${}^kX''_c$ будет в соответствии с п. 15 не только выше, чем в ${}^kX''_e$ -следе, но еще сильнее отличаться от него по интенсивности и еще медленнее затухать. Иными словами, после некоторого количества *окказиональных* опознаний в ${}^kX''_c$ -следе, в соответствии с п. 12 сформируется возбуждаемый интенциональный *узуальный* след, т. е. образ, который не обязательно будет полностью совпадать с первым, окказиональным ${}^kX''_c$ -следом, так как сформируется он под воздействием только тех черт в изэстетических следах других опознанных объектов данного А-типа, которые являются общими, наиболее частотными для них. Например, это могут быть лишь ${}^kX''$ -черты. А это значит, что такой усредненный, обобщенный ${}^kX''$ - образ будет представлять особенности того *подтипа* объектов А-типа, с которыми интерпретатор имел дело фактически, т. с. интерпретатор выработает опытный *апостериорный* гешталт зонного образа k-зоны рецепции.

Общая схема накопления опыта опознания и поиска опознаваемых объектов

Вспомним теперь, что окказиональные трансфокальные следы опознаваемого объекта — это только часть совокупности конказиональных следов. Вторая важная для функционирования адаптивной системы часть следов представлена следами, отражающими *конказиональные внутренние функциональные состояния* этой системы, *синхронные с каждым зонным следом целостного трансфокального следа опознаваемого внешнего объекта*. Поскольку мы рассмотрели случаи удачного опознания, то это значит, что внутренне функциональные состояния опознающего объекта были в достаточной мере "правильными", т. е. обеспечивающими наступление результата.

Совокупность смены функциональных состояний, включенных в рассматриваемое событие и поэтому также являющихся *конказиональными* компонентами совершившегося акта опознания, можно назвать *окказиональной траекторией поведения* опознающего интерпретатора, а следы отражения смены этих состояний - *окказиональным трансфокальным следом результативного поведения* со своими фазами, синхронными с определенными зонами трансфокального следа опознаваемого объекта. Кроме того, есть еще третья доля конказиональных следов, наиболее пассивная, но иногда также требующая учета — это следы сопроводительных обстоятельств и условий (внешних и внутренних) протекания процессов опознания.

В соответствии с правилом силы конказиональных ассоциаций (см. п. 17) многократное априорное опознание *окказиональных экземпляров объекта A_{ϵ} -типа* должно содействовать выработке *узуального апостериорного не только kX -гештальта, но и синхронного k -зоне, обобщенного гештальта результативного поведения* как завершающей части полной траектории конказионального поведения. Обозначим этот новый гештальт как kD . Учтя этот факт, мы можем теперь рассмотреть процесс не только опознания объекта, попавшего в поле рецепции интерпретатора, но и активного поиска такого объекта, если сначала его нет в поле рецепции.

Многократное, последовательное возбуждение априорного и апостериорного гештальта как *узуальных образов объектов A -типа* приводит, в соответствии с п. 13, к превращению ассоциации по сходству между ними в ассоциацию по смежности: ${}^{0k}X''-xx-{}^kX''$.

Представим теперь, что *внутреннее состояние интерпретатора*

изменилось таким образом, что возникла потребность в контакте с объектом А-типа. Эта внутренняя связь состояния с соответствующим объектом может быть закреплена также априорно в виде ассоциации по смежности между образом состояния потребности и образом априорного гештальта, например ${}^{0k}X''$. Появление потребности приведет в этом случае к возбуждению ${}^{0k}X''$ -гештальта, а от него—и X'' -гештальта.

В наиболее типичном случае в момент возникновения такой потребности искомый объект А-типа отсутствует в k -зоне рецепции интерпретатора, и поэтому окказиональный текущий след того, что воспринимается k -рецепторами, будет отличаться от узуального апостериорного X'' -гештальта. Но тогда в интерпретаторе, в связи с наличием ассоциации по смежности между зонными следами трансфокального следа предшествующих опознаний, может возбудиться соседний более дистантный ${}^{k+1}X''$ -след. Однако если и он не окажется подобным окказиональному образу $(k+1)$ -зоны рецепции, этот межзонный переход может протекать до тех пор, пока в некотором из все более дистантных зонных окказиональных следов, например в зоне $(k+c)$, не обнаружится сходство с соответствующим зонным следом трансфокальной цепи следов, например, $!{}^{(k+c)}X''-!!x_{x-}{}^{(k+c)}X''_0$. Так от узуального образа искомого объекта в k -зоне рецепции, например, через его обонятельный и осязательный образ, можно дойти до более дистантного, например, зрительного следа и, сравнив имеющийся след со зрительным окказиональным следом окружающей обстановки, обнаружить нечто похожее на искомый объект в зрительной зоне рецепции. **Но дальше нужно проверить, что это действительно объект искомого А-типа, для чего необходимо провзаимодействовать с этим объектом с помощью менее дистантных, более контактных рецепторов.**

Такой контроль представляет собой более сложный вид целенаправленного взаимодействия интерпретатора с внешним объектом, чем априорное опознание, однако основы для его осуществления в рассматриваемой схеме имеются.

Уже накопленный опыт опознания объектов А-типа проявляется и в том, что в каждой зоне рецепции зафиксированы хотя бы конказиональные синхронные следы тех перестроек внутренних состояний интерпретатора, которые ранее привели к опознанию этих объектов, т. е. следы окказионального результативного поведения в соответствующей рецептивной зоне, а также ассоциации схемы смены этих поведений по мере перехода от дистантных зон ко все более контактными. В частности, это результативное поведение может

выражаться просто в приближении интерпретатора к обнаруженному объекту, и когда такое приближение начнет реально осуществляться, то последовательности поведений $D^{(k+c)}$ $D^{(k+c-1)}$ $D^{(k-1)}$ D^k будет соответствовать новая окказиональная последовательность следов наблюдаемого объекта в синхронных зонах рецепции. И если на каждом таком шаге окказиональные зонные следы $X_0^{(k+c)}$ $X_0^{(k+c-1)}$ $X_0^{(k-1)}$ $X_0^{(k)}$ - будут все более схожими с изэстетическими следами предшествующих опознаний объектов А-типа, то даже до попадания объекта в k-зону рецепции оценка правильности опознания именно искомого А-объекта будет весьма высокой. Соответственно и наоборот: если на каждом очередном шаге степень сходства текущих окказиональных зонных следов наблюдаемого объекта будет падать, то такой объект будет опознан как не входящий в А-тип, не соответствующий по своим свойствам некому и тогда в наиболее дистантных зонах рецепции потребуются искать другой более или менее “издали похожий” объект. Все это приводит к тому, что число неудачных случаев доведения процесса опознания до апостериорного и априорного гештальта снижается, и в апостериорном гештальте как искомого объекта, так и результативного поведения будут закрепляться функционально наиболее значимые и объективно инвариантные черты внешних объектов и режимов поведения при взаимодействии с ними.

Если опознание происходило при нескольких разновидностях условий, то среди успешных опознаний объектов А-типа будут зафиксированы следы лишь тех из них, в которых изменения условия компенсированы определенными изменениями поведения, обеспечивающими сохранение его результативности. Следовательно, **каждому зонному формирующемуся следу опознаваемого объекта может соответствовать не один, а несколько вариантов результативного поведения, отражающих типовые варианты внешних условий опознания.** Если в некотором конкретном акте опознания особенность условия не улавливается, то при неудаче использования одного варианта поведения интерпретатор может испытать другой вариант, ибо перебор при этом нужен небольшой.

Однако по мере накопления опыта и формирования вариантов зонных образов результативного поведения должны накапливаться ассоциации вариантов результатов поведения (при одном и том же варианте поведения), возникающих как следствие нетождества условий. В этом случае любое наступление Perezультативного варианта, не соответствующего тому, ради которого предпринималось действие, само способно служить не только указанием на изменение

внешних условий, но и косвенным средством опознания самих этих условий. К числу условия могут относиться и специфические внутренние состояния интерпретатора.

Так накопление опыта должно приводить к выработке сети узальных трансфокальных образов и окказиональных трансфокальных следов внешних объектов, средств их опознания, условий (внешних и внутренних), определяющих выбор того или иного варианта результативного поведения в каждой зоне рецепции, либо того или иного варианта результата при выборе варианта поведения, причем все эти трансфокальные, соответствующие разворачиванию во времени, т. е. **диахронические образы**, взаимно ассонированы позонно, на *синхронных* участках. В наиболее часто возбуждаемых звеньях этой перекрестной сети ассоциаций эффективность оценки вариантов увеличивается за счет увеличения глубины опережающего отражения, когда в соответствии с п. 2—4 формируется активная доля **интенционального образа**, так что для возбуждения этого образа достаточно появления лишь **признака праобраза**. Сам же образ, в соответствии с п. 5, закрепляет в интенциональном следе лишь узально наиболее значимые черты как внешних объектов, так и режимов поведения при взаимодействии с ними. Принадлежность цепочки следов к одному внешнему объекту или к одному процессу разворачивающегося поведения закрепляется в виде ассоциаций но смежности в соответствии с п. 6 и 7. При этом могут вскрываться даже не наблюдавшиеся ранее непосредственно связи между праобразами формирующихся следов (см. п. 8), а последствия событий, образы которых ассоциированы таким способом, могут прогнозироваться за счет превращения одного из звеньев следа, а потом - его одной лишь активной доли в активную долю цепи (п. 9, п. 10). Механизмы резонансного возбуждения части подвозбужденного следа (п. 11, 14 и 15) приводят, как мы уже видели, к возникновению апостериорного гештальта как первого звена трансфокального образа, на основе априорного гештальта. После этого сам апостериорный гештальт к-зоны рецепции становится, в соответствии с п. 11, основой для формирования апостериорного гештальта более дистантной (k+1)-зоны рецепции как очередного звена трансфокального образа, причем все эти апостериорные гештальты, в соответствии с п. 12, оказываются носителями узально значимых черт праобразов благодаря усредненности резонансных интенциональных образов.

Скорость распространения возбуждения от априорного гештальта к первому звену трансфокального образа и от него - к априорному гештальту возрастает за счет роста интенциональной антиципации (п. 4),

превращения ассоциации по сходству в ассоциацию по смежности (п. 13), а также выработки формально абстрактных образов (п. 14). И все эти процессы оказываются соотнесенными по зонам и фазам, связанными по синхронным "разрезам" в соответствии с правилом силы конказиональных ассоциаций (п. 17).

Приведем в заключение высказывания известного специалиста в области нервной деятельности, профессора П. Симонова, с которыми автор ознакомился уже после того, как были написаны вышеизложенные соображения о существовании и роли врожденных, априорных гештальтов и о механизмах возникновения апостериорных гештальтов. Хотя используемая нами терминология не тождественна терминологии П. Симонова, но совпадение содержания терминов настолько очевидно, что не требует комментариев.

Вот как формулируется мысль о существовании гештальтов двух разновидностей: "В мозгу хранятся следы (модели) тех сигналов, которые могут направить поиск к жизненно необходимым объектам. Один из этих следов заложен в мозг от рождения — например, модель запаха, исходящего от соска матери-кошки. Другие следы приобретаются в процессе личного опыта, путем выработки условных рефлексов. Следует только не забывать, что все эти внешние сигналы начнут *направлять* поведение только в том случае, когда возникшая потребность *инициирует* поиск средств ее удовлетворения, сделает воспринимающие внешний мир приборы *чувствительными* к действию именно этих, а не других стимулов".

А вот иллюстрация того положения, что сначала априорный гештальт позволяет опознать некоторый конкретный, окказиональный объект как представителя объектов А-типа, а потом (в соответствии с правилом силы первых ассоциаций и правилом силы конказиональных ассоциаций) в субъекте вырабатывается апостериорный гештальт и способность опознавать уже конкретный подтип объектов А-типа.

"В поисках пищи новорожденный котенок первый раз находит один из сосков. Когда он снова станет голодным, он поползет уже не к любому, а к знакомому соску".

3.6. Формально-логические и сущностные абстракции как формы отражения

Свойства обобщенного образа и формально-логическая абстракция

Мы рассмотрели несколько путей возникновения узуальных обобщенных интенциональных образов из взаимодействия окказиональных следов некоторого Е"-типа, замечательных тем, что в них достаточно устойчиво проявляется общий для всех следов Y"-признак, вследствие чего сам узуальный обобщенный образ превращается в воплощение этого Y"-признака, т.е. в Y"-образ, способный вступать в ассоциацию по сходству с любым окказиональным следом или узуальным образом А-типа: !!E"_{k}!!уу-!Y".

При этом мы отмечали (пояняя п. 1-1), что **обобщенный образ** это нечто близкое к тому, что называют **формальнологической абстракцией**. Теперь нам необходимо рассмотреть этот вопрос подробнее, начав с **перечисления специфических свойств обобщенных образов**.

Во-первых, повторим, что обобщенный Y"-образ является представителем тех общих черт, которые присущи любому из следов и образов Е"-типа, и именно в этом смысле служит обобщенным *образом* представителей этого типа.

Во-вторых, Y"-образ не содержит практически никаких индивидуальных, присущих только ему одному свойств, тогда как любой из образов Е"-типа, представляемый обобщенным Y"-образом, имеет, кроме Y-свойства, присущего любому другому образу этого типа, некоторые неповторимые индивидуальные свойства.

В-третьих, хотя обобщенный Y"-образ по "происхождению" является конкретным окказиональным следом конкретного праобраза - окказионального объекта внешней среды, но после того, как в процессе закрепления одних черт и утраты других в этом конкретном следе не осталось никаких свойств, кроме Y-свойств, общих для всех представителей следов Е-типа, обобщенному Y"-образу уже не соответствует никакой праобраз во внешней среде.

В-четвертых, хотя обобщенный Y"-образ не имеет прямого соответствия ни с каким праобразом, но тем не менее, не может быть отнесен к числу образов, произвольных по отношению к внешней среде, не мотивированных внешней средой, ибо Y-свойство, единственное для обобщенного Y"-образа, отражая одно из свойств,

присущих следам и образам E'' -типа, косвенно может отражать и определенные свойства праобразов E'' -образов и, следовательно, свойства, выявляемые в объектах внешней среды.

В-пятых, поскольку обобщенный Y'' -образ является образом, то, как объект *внутренней среды*, интерпретатора, он сохраняет все свои способности вступать в ассоциации, возбуждаться и угасать, становиться экземпляром некоторого класса образов, объединенных наличием *общего свойства*, и, следовательно, быть *конкретным* представителем класса образов, олицетворяемых обобщенным образом еще *более высокого уровня*. Обобщенный образ может быть охарактеризован и такими признаками, как подобие, изогенность, изэстетичность, узуальность,okkaзиональность и т. д.

В-шестых, после того как обобщенный Y'' -образ сформировался, состав конкретных, олицетворяемых обобщенным образом, экземпляров следов E'' -типа может пополняться, уменьшаться и т. д. Но до тех пор, пока любой из этих конкретных следов и образов сохраняет Y -свойство, Y'' -образ будет вступать в ассоциации по сходству с любым из следов и образов E'' -типа, и, следовательно, для любого из таких конкретных E''_k -образов обобщенный Y'' -образ будет оставаться *посредником* для связывания E''_k -образа (имевшегося ранее или только появившегося) с тем третьим звеном ассоциативной цепи, с которым обобщенный Y'' -образ связан ассоциацией по *смежности* (например, для связи любого E''_k и с B'' в нашей схеме).

В-седьмых, обобщенный Y'' -образ, как следует из п. 14, может сформироваться в сети ассоциации всегда, в любой группе образов, если возникает потребность в *посредничестве* между некоторым определенным образом этой группы и классом остальных ее образов.

Какие бы регулярные виды взаимодействия интерпретатора с внешней средой ни осуществлялись, в конечном счете это приведет к возникновению ассоциации, в которых в качестве посредников используются обобщенные образы. А поскольку различные типы взаимодействия интерпретатора со средой будут приводить к формированию специфических сетей ассоциации, то и каждому виду взаимодействия будет свойствен характерный набор обобщенных образов. По-видимому, обобщенный образ рассматриваемого вида может быть с достаточным основанием интерпретирован как абстракция в ее *формально-логическом* понимании. Нетрудно, например, убедиться, что, как и для абстракции, для обобщенного образа справедливо утверждение об обратном соотношении между содержанием и объемом.

Если содержание обобщенного образа - это перечень свойств,

представляемых этим образом, то чем обобщеннее этот образ, тем меньшее число черт он собой представляет и, значит, тем беднее его содержание. Но такое обеднение приводит к возрастанию способности обобщенного образа вступать в ассоциации по сходству со все большим кругом конкретных следов и образов и, следовательно, **выступать в роли “олицетворителя” класса тех конкретных образов, в ассоциации с которыми он вступает для посредничества в актах взаимодействия со средой. Но это и есть не что иное, как увеличение объема данного обобщенного образа.**

Как уже отмечалось, такое представление о механизме формирования абстракции, если речь идет об образах в психике человека, восходит по крайней мере к Локку и Канту, только так понимал абстракцию Спенсер и др.

Нам еще предстоит рассмотреть вопрос о том, единственно ли это возможный вид абстракции. Пока же отметим, что **процесс выработки абстракций как обобщенных образов принципиально осуществим в цифровых автоматах и, тем более, и психике живых существ.**

Природа образа сущности

Процесс антиципации основан, как мы установили, на возбуждении вторичного, косвенного следа под влиянием появления первичного, прямого следа, возникшего как навязывание интерпретатору свойств активной части отражаемого объекта. В той мере, в какой этот вторичный след действительно является предвосхищающим либо еще не обнаруженные в прямом взаимодействии свойства отражаемого объекта, либо его еще не наступившие состояния, можно считать, что отражающий объект *эксплицирует* эти свойства или состояния, делает их для интерпретатора явными. Но этот процесс экспликации не был бы возможным, даже при наличии всех антиципативных свойств интерпретатора, если бы свойства первичного следа не содержали в себе тот или иной вид физически необходимой связанности с эксплицируемыми свойствами отражаемого объекта. В этом смысле можно говорить о том, что первичный след, хотя и в скрытом виде, но обеспечивает условия обнаружения (через его посредство) новых эксплицируемых свойств, следовательно, эти свойства уже представлены в первичном следе, но *имплицитно*. Поэтому антиципацию можно понимать как процесс косвенной экспликации свойств, содержащихся имплицитно в прямом следе, и в той мере, в какой первичный след несет на себе свойства отражаемого объекта, эксплицированные свойства являются антиципацией свойств этого

отражаемого объекта.

Если в интерпретаторе есть сформированные интенциональные узуальные образы и узуальные ассоциации между ними, то процесс экспликации свойств отражаемых объектов протекает очень эффективно и быстро, но лишь в том случае, когда эти объекты и отношения между ними регулярны и закреплены узусом, типовыми целями и поведением интерпретатора.

Теперь для полноты картины мы должны остановиться и на вопросе о том, каковы механизмы опознания объекта или ситуации, если для них нет заготовленных узуальных образов признаков и целостных образов, а также заранее установленной ассоциации между этими образами. Иными словами, мы должны понять, в чем заключается главное отличие опознания от собственно познания, т. е. отличие прогнозирования продолжения уже встречавшейся ситуации от прогнозирования продолжения уникальной, незнакомой, не наблюдавшейся ранее ситуации, анализ которой, тем не менее, важен для функционирования интерпретатора.

Как мы уже установили ранее, в подобных случаях возможна хотя и малоэффективная по глубине, но зато универсальная антиципация. Для этого необходимо, чтобы физическая природа материала интерпретатора так соотносилась с природой оригинала, чтобы возбуждение первичного следа, подобно возбуждению образа признака, дало толчок к реализации потенций элементов материала интерпретатора, к взаимодействию в соответствии с законами причинности и привело к такой новой схеме ассоциаций между этими элементами, которая потенциально присуща и отражаемому объекту, но остается в нем неэксплицированной. Но эта способность к универсальной антиципации должна усилиться, если антиципация использует не только опыт материала, но и индивидуальный опыт интерпретатора. При этом очевидно, что в интерпретаторе должны быть с достаточной точностью отражены характеристики не только активной части отражаемого объекта как *причины* возникновения эксплицируемых свойств, но и *обязательных условий* наличия этих свойств в отражаемом объекте.

Как было показано, степень самостоятельности объекта определяется прежде всего степенью сформированности его *сущности*, сущность же представляет собой тот внутренний структурированный костяк объекта, который задает виды, интенсивности, схему источников и накопителей субстанции потоков взаимодействий как между элементами объекта, так и

объекта с другими объектами в надсистеме. **В этом смысле сущность объекта определена нами как внутренняя причина его свойств.** Однако, поскольку эти свойства проявляют себя во взаимодействиях, то видимость объекта, объект не как сущность, а как явление, не остается постоянным, потому что единство причины еще не гарантирует единства следствия, если варьируют условия протекания причинно-следственных процессов.

Рассмотренный нами механизм выработки обобщенных образов имел отношение к выявлению *инвариантных черт объектов только как явлений, по не как сущностей.* Если же интерпретатор должен прогнозировать состояния объекта в различных уникальных условиях, то обобщенные образы этой разновидности полезны лишь для опознания некоторых компонентов отражаемой ситуации, но не для установления новых следствий из новых условий. **Выявление следствий может быть достигнуто, лишь если в интерпретаторе имеются обобщенные образы не только явлений, но и сущностей.** Возможно ли такое отражение? По-видимому, возможно. Если опыт интерпретатора (существа или автомата) настолько богат, что в нем уже нашли отражение образы многих видов причинно-следственных взаимодействий, выступающих в качестве компонентов более сложных причинно-следственных связей, а также если в нем сформированы трансфокальные следы и образы не только внешних объектов, но и результативных поведений, то достаточно большой набор таких компонентов способен прогнозировать характеристики этих более сложных связей. В частности, отражение следствий и условий может быть таким, что в интерпретаторе сформируется *образ причины* даже в том случае, когда она не дана в прямом проявлении.

Следовательно, так может сложиться образ внутренней причины свойств объекта, т. е. **образ его сущности.** Несмотря на то, что во внешней действительности она находит лишь многоликое *косвенное* проявление в форме наблюдаемых и сильно варьируемых от условия свойств этого объекта.

Если же образ сущности в той или иной степени сформировался, то взаимодействие образа сущности с образом условия может антиципировать, превосходить то, как будет проявлять себя объект с данной сущностью в самых разнообразных условиях. В этом случае **переход от образа условия и образа сущности объекта к образу его внешнего *предстоящего* проявления основывается не на ассоциациях по смежности или сходству, а на физических взаимодействиях двух исходных образов, приводящих к**

возникновению прогнозируемого образа как следствия этого взаимодействия.

Отличие сущностных абстракций от формально-логических

Следует отметить, что обобщенный образ внутренней причины свойств объекта, т. е. обобщенный образ сущности, тоже должен быть отнесен к числу абстракций, но этот вид абстракций принципиально отличается от формально-логических абстракций как механизмом формирования, так и ролью в познавательных процессах.

Если формально-логические абстракции служат главным инструментом опознания уже известного, узואльно значимого, средством предсказания уже многократно наблюдавшегося, то сущностные абстракции обеспечивают познание, прогнозирование того, что еще не имело прецедента, что уникально и okazionalmente, если не в самой действительности, то хотя бы для интерпретатора. Есть и иные принципиальные различия между рассмотренными двумя видами абстракций. Так, формально-логические абстракции являются хотя и обобщенными, но образами черт, проявляющихся в наблюдаемых, экстенциальных праобразах, тогда как сущностные абстракции, являясь также образами, имеют в качестве своего праобраза то, что во внешнем проявлении не дано, а лишь участвует в возникновении видимости как причина, остается движущей силой интенции. Следовательно, если и памяти интерпретатора накоплен богатый набор образов, наблюдавшихся им по внешней действительности, то среди них практически невозможно найти такие, которые вступали бы с сущностными абстракциями в ассоциацию по сходству. **Сущностные абстракции представляются “ни на что не похожими”**, хотя по природе своей они также являются образами, мотивированными в конечном счете внешней действительностью. Но мотивация эта косвенная: от конкретных образов внешних объектов, вариантов условий и результативных взаимодействиях с этими объектами, т. е. от всех этих следов внешней действительности как видимости,— к реконструированным образам непосредственно не наблюдаемых, сущностных характеристик этих объектов.

Следует обратить внимание еще на одно важное отличие. По мере выработки любой абстракции как формальнологической единицы, обедняется (как мы уже рассматривали) ее содержание, но увеличивается объем. Если же формируется сущностная абстракция, то чем она точнее, чем из большего количества ситуаций

“экстрагирована”, тем правильнее в интерпретаторе отражаются взаимодействия этой абстракции как образа с образами условий и с образами деятельности интерпретатора, тем шире круг следствий, вытекающих из данной ситуации, т. е. тем детальнее и конкретнее прогноз с помощью этой сущностной абстракции. Иначе, **сущностная абстракция содержит в себе зародыши всей полноты конкретного, тогда как формально-логическая абстракция утрачивает, по мере своего формирования, все большее количество деталей конкретных объектов, которые она воплощает, “олицетворяет”.**

Прослеживание, восстановление, реконструкция причинно-следственных связей в процессе формирования сущностной абстракции приводит не только к тому, что из совокупности трансфокальных окказиональных следов появления объекта возникает узуальный обобщенный трансфокальный образ этого объекта, соотнесенный в каждой его фазе с синхронными компонентами окказиональных и узуальных трансфокальных образов результативного поведения, связанного с взаимодействиями интерпретатора с объектом, а также с трансфокальными узуальными образами и окказиональными следами сопроводительных внешних и внутренних условий этого взаимодействия. Чрезвычайно важно и то, что из прослеживания причин связи между самими такими трансфокальными синхронно соотнесенными образами начинают формироваться образы более высокого порядка: **образ исходной надсистемы, функциональным элементом которой является отражаемый объект; образ того основания, появление которого в вакантном узле надсистемы сделало необходимым возникновение отражаемого объекта и, наконец, образ, тоже в определенном смысле трансфокальный, последовательных фаз эволюции этого объекта, хотя в прямом наблюдении были даны лишь проявления уже сложившегося отражаемого объекта.**

Следовательно, при формировании сущностного образа мы имеем, по-видимому, дело с такой **разновидностью познания, при которой логика процесса познания приближается к логике становления познаваемого объекта.** При этом противоречия при формировании образа объекта оказываются противоречиями, через которые прошел объект на определенном этапе своего становления, так что если **объект является глубоко адаптивной системой, “сутью дела”, то и образ ее также оказывается “сутью дела”, т.е. не формально-логическим понятием, а понятием как следствием приложения законов материалистической диалектики к процессу познания. Именно для такого способа познания справедливо, по-**

видимому, положение о тождестве диалектики, логики и теории познания.

Чем выше уровень рассмотренных сущностных обобщений, тем больше глубины конкретности содержат в себе такие знания имплицитно, и эти дедуцируемые конкретные знания могут быть извлечены в окказиональных актах поиска того или иного решения, несмотря на то, что в готовых узуальных образах и ассоциациях это решение не содержалось. В этом случае понятие “восхождения от абстрактного к конкретному” приобретает ясный конструктивный смысл.

Утилитарное и сущностное, формальное и содержательное в формирующихся абстракциях

Если вспомнить противопоставление свойств объектов на утилитарные и существенные, то можно обратить внимание на следующее.

В самом реальном объекте как в системе, достаточно глубоко адаптированной в некоторой надсистеме, свойства делятся на существенные и несущественные, на выразители сущности и вариативные проявления этой сущности, независимо от того, в каком “утилитарном ракурсе” рассматривается этот объект, например, сам по себе или как материал для построения новой системы.

Следовательно, утилитарной может быть и сущность объекта, и лишь некоторая *грань* (проекция) сущности, и проявление сущности, достаточно определенно указывающее на наличие именно этой сущности, и, наконец, проявление, многократно опосредствованное и поэтому могущее быть представителем, следствием целого ряда сущностей.

В свете рассмотренных механизмов формирования абстракции в ходе функционирования интерпретатора с априорными гештальтами, отражающими факт наличия врожденных (или внесенных конструктором) потребностей, ясно, что утилитарные характеристики образов внешних объектов могут превращаться в самостоятельные обобщенные образы (т. е. абстракции) двух типов. Если утилитарны внешние проявления объектов, то обобщенный образ должен представлять собой формально-логическую абстракцию, если же утилитарна сущность или хотя бы некоторые грани, аспекты, проекции сущности, то, поскольку параметры сущности не даны в непосредственном проявлении, требуется формирование сущностной

абстракции на основе отражения причинно-следственных связей между сущностью и явлением. Как мы уже видели, в этом случае движение должно идти в порядке, противоположном направлению причинно-следственных процессов: от образа явлений как следствий к реконструкции образа сущности как причины.

Так в интерпретаторе формируются утилитарные абстракции, некоторая часть которых является чисто сущностными абстракциями, другая часть — абстракциями, отражающими лишь *утилитарные грани или аспекты сущностей*, и, наконец, третья часть — формально-логическими абстракциями как обобщенными образами явлений, а не сущностей. Подчеркнем еще раз, что хотя все **виды абстракции являются образами в том смысле, что отражают структуру параметров, присущих внешним объектам и обстоятельствам, а также внутренним состояниям и режимам поведения интерпретатора, но очевидный изоморфизм присущ лишь формально-логическим абстракциям как обобщенным образам тех свойств объектов, которые “лежат на поверхности”.**

Если вспомнить теперь введенное нами ранее понятие **“гностического следования” (обозначенного нами в формулах простой стрелкой)** как следование нового знания из уже наличного, то интересно остановиться на том, какова роль конкретного, окказионального образа и абстрактного, узуального в гностических процессах, нет ли корреляции между принадлежностью абстракции к формально-логическим или сущностным и гностической ролью абстракции.

Условимся называть те исходные результаты отражений, из которых посредством гностического процесса эксплицируется новое отражение, например, формируется новый след или образ, *гностической формой* или, кратко, просто формой, а эксплицированное таким образом новое отражение (след или образ) — *гностическим содержанием* или просто содержанием. Тогда поставленную выше задачу можно переформулировать как задачу **соотношения гностической формы и гностического содержания при взаимодействии формальнологических и сущностных следов и образов.**

Во-первых, нетрудно видеть, что все рассмотренные разновидности абстракций в процессе функционирования интерпретатора выступают в обеих ролях: **и формы, и содержания**. Например, если образ сущности или каких-либо ее утилитарных граней на основе образов окказионального и узуального проявления этой сущности только складывается, формируется, то движение к образу сущности идет от формальнологической абстракции к сущностной, и первая выступает

как форма по отношению к сущностной абстракции как к содержанию этой формы. Но после того как сущностные абстракции в той или иной мере сформировались, из взаимодействия сущностной абстракции объекта с сущностными абстракциями среды и внутренних состояний интерпретатора могут формироваться **образы следствий**, т. е. **образы проявления сущности объекта**. В этом случае содержанием оказывается образ проявления (явления), а формой — **образы сущности**. Такое понимание рассматриваемых процессов антиципации и прогнозирования не противоречит общепризнанным представлениям о соотношении между содержанием и объемом абстракций. Сущностные абстракции, способные в процессе антиципации породить громадное число образов своего *внешнего проявления*, в зависимости от условий, в которые попадает сущность, и состояния взаимодействующего с ней интерпретатора, действительно имеют богатое *содержание*, поскольку порождаемые при этом образы проявлений относятся (при наших определениях) к образу сущности как содержание к своей форме.

Полученные таким образом и накопленные в памяти конкретные образы, т. е. **производные образы проявлений отраженных сущностей**, как и образы непосредственных окказиональных проявлений реальных объектов, могут служить базой для формирования **новых формально-логических абстракций**, которые (но отношению к конкретным образам) будут в процессе формирования выступать в роли содержания этих образов как своей формы. А так как формально-логические абстракции являются необходимым звеном в актах выработки сущностных абстракций, то по отношению к сущностным абстракциям они оказываются формой.

Итак мы видим, что и сущностные, и “поверхностные” формально-логические абстракции, и конкретные, необобщенные окказиональные образы как реально воспринимаемых, так и прогнозируемых объектов и события оказываются необходимыми и взаимно обусловленными элементами в памяти интерпретатора, имеющего функции и, следовательно, потребности, рецепторы и механизмы перестроек своих состояний для взаимодействия с внешней средой в функциональном узле.

Взаимодействие процессов опознания и познания

Мы снова убеждаемся, что функционирование, опирающееся на процесс опережающего отражения и антиципации вообще, протекает в виде двух взаимосвязанных режимов. Один из них имеет место прежде всего при необходимости удовлетворить типичную потребность в типичных обстоятельствах. Он заключается **в опознании элементов этих обстоятельств и прогнозировании типичного продолжения ситуации по ее типичному началу**. В этом процессе принимают участие только **утилитарные абстракции**, прежде всего **формально-логические**.

Другой режим необходим в тех случаях, когда нужно **прогнозировать возможные варианты продолжений нетипичных ситуаций**. Хотя опознание самой нетипичности основывается на тех же процедурах сравнения текущих окказиональных образов ситуации с обобщенными формально-логическими, но **далее идет прогнозирование того, что не встречалось ранее**, и поэтому **основным инструментом прогнозирования могут служить сущностные абстракции**. Если среди утилитарных не все необходимые сущностные абстракции обнаруживаются при решении разнообразных конкретных задач, то возникает новая потребность: **потребность в выработке сущностных абстракций** самих по себе, как бы вне каких-либо утилитарных целей, ради “чистого познания”. Конечно, и в этом случае сохраняется аспект утилитарности: способность ориентироваться как можно в более широком кругу нетипичных ситуаций и быть в состоянии прогнозировать их. Но такая утилитарность требует максимальной полноты и объективности представления и о проявлениях, и о сущности внешних объектов и среды, а также о внутренних состояниях и режимах поведения самого интерпретатора. Следовательно, **вырабатываемые при этом абстракции должны отражать по возможности не “полезные” грани и проекции сущности вещей, а полные неискаженные сущности, образы которых могут быть сформированы тем точнее, чем больше уже готовых проекций сущности имеется**. Как уже отмечалось, в гегелевских терминах этот переход можно рассматривать как переход от “чистого познания” (или, что то же самое, “чистого бытия”) к собственно науке, к выработке категорий, к самопознанию за счет объективизации того, что уже составляет жизненный опыт и здравый смысл субъекта.

Выработка образов объективной сущности представляет собой не просто опознание чего-либо и не прогнозирование или выбор формы результативной деятельности для удовлетворения конкретной потребности, а познание в его наиболее “чистом” виде, как бы

познание ради полноты знания как внешнего мира, так и самого себя. Так мы приходим к выводу, что *опознавательная* деятельность существа или автомата с достаточной сложной функцией в надсистеме является обязательной составной частью функционального поведения и антиципации вообще. При опознании происходит подведение окказиональных образов объектов или ситуаций (непосредственно взаимодействующих с интерпретатором через его рецепторы или воспроизводимых в памяти на основе предшествующего опыта) под ту или иную абстракцию, т. е. включение этих образов в уже существующий класс как новый экземпляр этого класса. **При собственно познании происходит формирование, экспликация имплицитных образов на основе уже эксплицитированных. Иными словами, при опознании новые образы являются формой старого содержания, а при познании старые образы — формой нового содержания.**

Конечно, как только в результате познания возникло новое содержание, оно способно выступать в роли новой формы для подведения ее под старое содержание; и наоборот, как только старое содержание возбудилось, оно может стать формой для выявления нового содержания. Следовательно, **познавательные и опознавательные процессы дополняют друг друга, определяют друг друга, переходят друг в друга.** Но, тем не менее, в конкретной ситуации мы всегда можем определить, с чем имеем дело: с познанием или опознанием.

Отметим в заключение этого раздела, что до сих пор у нас не возникало прямой необходимости употреблять термины “язык”, “знак”, “знаковая система”, т. е. типичные термины *семиотики*. Мы обходились пока понятиями отражения, образа, антиципации, интенционального следа. Наиболее “семиотическими” из введенных понятий являются понятия информирования, информации и признака. И тем не менее, мы смогли обсудить довольно сложные вопросы, связанные с процессами опознания, выработки абстракций и использования их для режимов результативного поведения. Заметим, что при этом речь шла о внутренних состояниях интерпретатора и о его взаимодействии в окрестностных условиях над-надсистемы, для выполнения определенных функций в которых и сформировался **интерпретатор.**

Из всего сказанного следует вывод, что в рамках используемой концепции мы должны признать, что пока интерпретатор функционирует без взаимодействия с другими интерпретаторами, собственно знаковые и, тем более, языковые процессы для него не

существенны, хотя уровень отражательных способностей может быть у него и весьма высоким. В то же время ясно, что наличие сформированных механизмов отражения, позволяющих интерпретатору опознавать и искать потребные объекты, накапливать опыт результативного поведения и глубокой антиципации — все это является необходимой предпосылкой и фундаментом возникновения и развития семиотической и языковой деятельности.

4. Семиотика, естественный язык и человекомашинное общение

4.1. Систематизация основных понятий семиотики

Знак, денотат и знаковая ситуация

Любой опознаваемый объект, например некоторый В-объект, должен рассматриваться либо как “знак самого себя”, либо, что более естественно, как вообще незнак. Тем не менее, для акта опознания даже в типовой ситуации необходимо, чтобы интерпретатор (рис. 7) имел определенный минимум внутренних условий: рецепторы (например, в простейшем случае только к-рецепторы); память, в которой запечатляются показания взаимодействия рецепторов с опознаваемым объектом, образуя окказиональный X"-след этого объекта (индекс к-зоны нет нужды использовать, так как иные зоны рецепции не рассматриваются); врожденный, априорный (или выработанный на основе личного опыта, апостериорный) 0X "-гештальт, т. е. **обобщенный интенциональный образ типичных устойчивых черт и свойств объектов опознаваемого В-типа**. И, наконец, в гештальте может существовать активная 0x "-доля интенционального образа, или след признака, наличия которого в опознаваемом объекте достаточно, чтобы соответствующая x "-доля окказионального X"-следа объекта резонансно возбудила 0X "-гештальт.

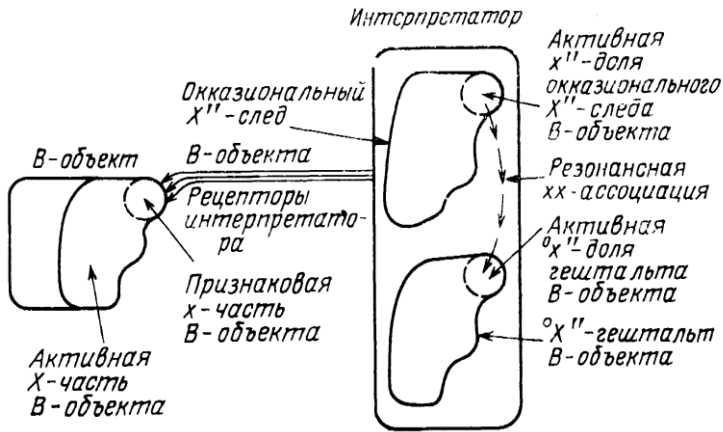


Рис. 7.

В этом случае, если свидетельством осуществления акта опознания является возбуждение гештальта, мы получим такую цепь явлений:

$$!!V-!!X-!!x-!!X''-!!x''-!!xx-!^0x''-!^0X''$$

в результате чего X'' -след активной X -части V -объекта интерпретируется как след объектов V -типа, и, следовательно, оккациональное появление V -объекта опознается интерпретатором как появление объекта именно V -типа в зоне его рецепции.

Если нас будет интересовать только факт опознания, а не детали его протекания, то удобнее пользоваться упрощенными формулами процесса опознания. В частности, можно описывать только “субъектоцентрическое” восприятие опознаваемого объекта интерпретатором, т.е. фиксировать появление (в зоне рецепции) не самого V -объекта, а лишь его активной X -части, а также не проводить различия между оккациональным X'' -следом, его x'' -признаковой частью, $^0x''$ -признаком гештальта и самим $^0X''$ -гештальтом, тогда факт опознания можно записывать как последовательность появления X -праобраза и возбуждения его X'' -следа, т. е. $!!X-!!X''$, где сам факт появления, а возбуждения X'' -следа может говорить о том, что это не оккациональный X'' -след, а уже сформировавшийся, узуальный процесс опознания X -праобраза. Если же это будет необходимо, мы

всегда сможем воспользоваться любым более полным описанием процесса опознания, вплоть до отражения видов ассоциаций между следами и свойствами в акте опознания. Заметим лишь в заключение, что из полной схемы опознания следует, что оно не может осуществиться без *оказиональной ассоциации по сходству* хотя бы в одном звене (!!x" - !!xx - !⁰x"). Неучет этого факта, как мы еще увидим, приводит в семиотике к серьезным недоразумениям.

Перейдем теперь к определению простейшей знаковой ситуации.

Естественно, что разговор о знаке вызывает прежде всего представление по крайней мере о двух объектах, одни из которых, например, В-объект, выступает в роли знака, а другой, например, С-объект, играет роль того объекта, на который этот знак, т. е. В-объект, “указывает”, который этим знаком “репрезентируется”, который с помощью этого знака “обозначается” или “означается”. Не уточняя пока, что значит “указывать”, “репрезентировать”, “обозначать” или “означать”, условимся этот **второй С-объект**, в отличие от В-объекта как знака, называть *денотатом* (от латинского “денотат” — означенный или означаемый). Представим теперь, что по отношению к некоторому А-интерпретатору В-объект воспринимается как носитель Х-активной части, а С-объект — как носитель Y-активной части.

Теперь определим, когда мы получаем **основание называть один объект денотатом, а другой — знаком этого денотата**, исходя из нашего понимания природы отражения и простейших механизмов опознания. При этом, для простоты, будем исходить из “субъектоцентрического” описания процесса опознания, т. е. **называть опознаваемым объектом его активную часть**. При таких оговорках некоторый Х-объект является для А-интерпретатора *знаком* Y-объекта как *денотата*, если после появления Х-объекта в поле рецепции А-интерпретатора опознание Х-объекта, приводящее к возбуждению его Х"-образа, вызывает, вследствие ассоциации между Х"-образом и Y"-образом, возбуждение Y"-образа, несмотря на отсутствие Y-объекта в поле рецепции А-интерпретатора.

Отношение между знаком и денотатом назовем знаковым отношением, а ситуацию, где **проявляется знаковое отношение, - знаковой ситуацией**. Так определенная знаковая ситуация и ее компоненты легко описываются с помощью нашей символики: если !!X-/X" и !!Y-/Y" и, кроме того, !!X-!X"-!Y", то X-объект есть знак, а Y-объект - денотат этого знака.

Охарактеризуем теперь в терминах “субъективного восприятия”

интерпретатора то специфическое, что делает его не просто отражающим объектом, а именно интерпретатором в знаковой ситуации, т. е. таким объектом, который взаимодействует с другими объектами как со знаками и их денотатами.

Для возбуждения Y'' -свойств, т. е. **образа некоторого Y -праобраза**, интерпретатор может воспользоваться взаимодействием не только с этим Y -праобразом, но и с некоторым другим X -объектом, который хотя и имеет свойства, отличных от Y -свойств, и отражен в интерпретаторе в виде отдельного X'' -образа, но, тем не менее, провзаимодействовав с интерпретатором, приводит к возбуждению Y'' -образа Y -праобраза.

Следовательно, лишь с точки зрения эквивалентности указанного конечного эффекта - **возбуждения Y'' -образа** — мы можем говорить, что **знак в простейшей знаковой ситуации является заменителем или заместителем своего денотата**. При этом необходимым условием для функционирования одного объекта в роли знака другого объекта является, в соответствии с нашим определением, наличие не просто интерпретатора, а ассоциированных образов знака и денотата в памяти интерпретатора и способность образов возбуждаться как вследствие взаимодействия интерпретатора с праобразом, так и под влиянием ассоциаций между образами. Следовательно, вместо ставших в семиотике традиционными разнообразными модификациями “треугольников” Г. Фреге, К. Огдена и И. Ричардса, А. Черча, С. Ульмана, В. А. Звегинцева, Ю. С. Степанова и др., у нас для описания даже простейшей знаковой ситуации намечается **“четырёхугольник”**: **знак, денотат, образ знака и ассоциированный с ним образ денотата**. Иными словами, в нашей схеме сохранился знак и денотат, но вместо расплывчатого “третьего угла”, называемого то значением, то смыслом, то понятием, появилась ассоциация двух, но более конкретных объектов: **образа знака и образа денотата**, которые можно назвать также *внутренним знаком и внутренним денотатом*. При этом, как уже говорилось, **функция существенно знака представляется нам как способность знака возбуждать внутренний денотат**, т. е. образ внешнего денотата (благодаря наличию ассоциаций между внутренним знаком и внутренним денотатом) и тем самым заменить (для возбуждения внутреннего денотата) взаимодействие интерпретатора с определенными свойствами внешнего денотата его взаимодействием со знаком в простейшей знаковой ситуации. Нетрудно убедиться, что мы пришли к такой трактовке природы знака, которая восходит к идеям основателя семиотики Ч. Пирса,

высказанным более 100 лет назад и до сих пор достаточно не оцененным.

“Предметом семиотического анализа, согласно Пирсу, являются модели отображаемых объектов, состоящие из конечного числа элементов и связывающих их отношений”. Пирс определяет знак “как такой элемент X , который заменяет субъекту (как интерпретатору знака) некоторый элемент Y (денотат) по признаку или отношению P ”.

По-видимому, нет необходимости приводить дополнительные аргументы для того, чтобы убедиться в тождественности изложенного нами выше и пирсовского понимания природы знака.

Отметим лишь еще раз, что в этом определении вскрывается сущность самого простого варианта знаковой ситуации. Простота его выражается в том, что для возникновения знаковой ситуации достаточно “индивидуального опыта” *единственного* интерпретатора. Правда, и воспользоваться этим опытом он может также лишь индивидуально. Но, несмотря на эту ограниченность, **превращение отражающего объекта в интерпретатор в знаковых ситуациях свидетельствует о возникновении в объекте нового качества: более гибкой, чем на основе ранее, рассмотренных механизмов способности воспринимать высокую вероятность еще не наступившего события. Это бывает, в частности, тогда, когда появление знака предшествует появлению денотата.**

Кроме того, вообще, благодаря выявлению знаковых отношений, интерпретатор вступает с внешней средой в более тесную сеть взаимодействий через посредничество знаков, что особенно важно для тех интерпретаторов, успешное функционирование которых зависит от взаимодействия с другими интерпретаторами. **В таких случаях знаки приобретают социальную роль, и именно социальные знаки представляют наибольший научный и практический интерес.** Но мы пока рассматриваем *индивидуальные* знаки и должны на этом самом простом проявлении знаковости установить важнейшие разновидности знаков, прежде чем переходить к социальным знакам и знаковым системам.

Классификация индивидуальных знаков

В основе этой классификации лежит анализ той *причины*, которая приводит к возникновению ассоциации между внутренним знаком и внутренним денотатом, т. е. между X -образом и Y -образом.

Если вспомнить высказывания Ф. де Соссюра и многих других

ученых, работающих над общими проблемами теории знаков, то нетрудно заметить, что авторы этих высказываний из всех знаковых отношений “истинно знаковыми” считали только самые “броские”— пирсовские “символы”, т. е. **знаки, ассоциация образов которых с образами денотатов не отражает ни отношения по смежности, ни отношения по сходству между внешним знаком и денотатом, и поэтому является чисто условной, конвенциональной.**

Но сам Пирс подходил к вопросу глубже. Для него наиболее “знаковыми” были те знаки, которые имели как раз максимальные естественные потенции быть членами знаковой цепи по отношению к определенным денотатам и фактически в памяти интерпретатора они закрепляли эти именно отношения, **отражая их в форме соответствующих ассоциаций между своими образами и образами денотатов.** Такие знаки Пирс называл либо “иконическими” (при наличии между знаком и денотатом отношения *сходства*), либо “индексами” (при ассоциации по *смежности*), либо “иконическими индексами” (при наличии *обоих* видов отношений).

Эту глубину и полноту семиотики Пирса по сравнению с семиологией Соссюра отмечал в своих работах Р. Якобсон.

Таким образом, развивая идеи Ч. Пирса, мы должны констатировать, что популярный в современной семиотике признак условности (“немотивированности”, “конвенциональности” и т. п.) не имеет оснований быть критерием при решении вопроса о знаковости или незнаковости того или иного явления. **Важен не сам признак условности, а факт наличия или отсутствия ассоциации между X'' и Y'' ,** т. е. между образами объектов X и Y до момента появления одного из этих внешних объектов, например, X в зоне рецепции интерпретатора, когда решается вопрос о том, является ли этот X -объект знаком другого, Y -объекта.

Если вспомнить, что отношения и ассоциации по сходству, по смежности, а также по сходству и смежности одновременно между образами и соответствующими этим отношениям ассоциации между образами объектов мы можем изобразить через символы $-xx-$, $-xy-$, $-(xx, xy)-$, а причинные отношения условно обозначать с помощью стрелки \Rightarrow , то пирсовскую классификацию индивидуальных знаков легко представить с помощью наших символов.

1. $(X-xx-Y) \Rightarrow (X''-xx-Y'')$ -иконы

2. $(x-xy-y) \Rightarrow (X''-xy-Y'')$ -индексы

3. $(X-(xx, xy)-Y) \Rightarrow (X''(xx, xy)-Y'')$ иконические индексы.

4. $((X-xx-Y) + (X-xy-Y)) \Rightarrow (X''-xx-Y'') + (X''-xy-Y'')$ - символы.

В последней формуле, как у нас принято, “плюс” является символом дизъюнкции, а перечеркнутую стрелку следует понимать как “не является причиной”.

Четыре рассмотренных пирсовских класса знаков можно естественным способом (что наглядно видно из приведенного символического определения пирсовских классов) разбить на два укрупненных класса. В один из них войдут символы как X-знаки чисто условные, т. е. связанные своим X''-образом с Y''-образом Y-денотата в силу внутренних причин, отражающих предшествующий опыт интерпретатора, а свойствами знака и денотата не мотивированные, следовательно, мотивированные лишь внутренне. Во второй укрупненный класс войдут все остальные знаки, знаки-несимволы, на том основании, что ассоциация их X''-образа с Y''-образом Y-денотата мотивирована свойствами X-знака и Y-денотата, т. е. внешне мотивирована, так что в наличии ассоциации образов отражается определенная степень природной близости праобразов. Условимся выражение “мотивированный знак” понимать как сокращение выражения “внешне мотивированный знак”.

Но знаки могут быть **расклассифицированы еще и “вглубь”**, независимо от того, мотивированы они или немотивированы и к какой разновидности мотивированных знаков относятся. Это углубление может основываться на уточнении вариантов не происхождения, а *состояния ассоциации*, между X''-образом и Y''-образом. В соответствии с этим все виды пирсовских знаков разделятся на два подкласса: **узуальные и окказиональные**.

Если ассоциация между внутренним знаком и внутренним денотатом была зафиксирована в памяти интерпретатора до данного конкретного случая появления внешнего X-знака и при последующих его появлениях лишь возбуждается, то X является *узуальным* знаком Y-денотата для А-интерпретатора. Если такой ассоциации не было до данного случая появления X и если она не возникла в процессе возбуждения X''-образа вследствие появления X-праобраза, то X не есть знак Y. Если же ассоциация между X'' и Y'' не существовала ранее, по возникла в процессе возбуждения X'' (даже если образ X-объекта только что сформировался), то X следует считать знаком Y для А-интерпретатора, хотя и *окказиональным*. Окказиональная ассоциация между образами праобразов, возникши однажды, имеет

определенную вероятность закрепиться и стать воспроизводимой. Если такое закрепление осуществится, то ассоциация между X"-образом и Y"-образом превратит X-объект в *узальный* знак Y-объекта для A-интерпретатора, а Y-объект — в *узальный денотат* X-знака.

Однако пирсовское деление знаков на иконические, индексы, иконические индексы и символы не просто дополнительно членится по новому независимому основанию классификации на два подкласса.

Между этими основаниями есть корреляции, важные при оценке степени вероятности того, насколько естественным способом, без “помощи извне”, X-объект может стать знаком Y-объекта, или вероятности того, насколько опасно превращение X-объекта из знака Y-объекта в незнак из-за того, что чисто условная ассоциация легче “забывается”. Если свойства объектов X и Y таковы, что вероятность ассоциации по сходству или по смежности или, тем более, и по сходству, и по смежности одновременно, между образами этих объектов велика, то больше шансов этим объектам стать не только окказионально, но и узально членами знаковой ситуации, больше мотивов вступить в знаковое отношение. Если вероятность ассоциации по сходству или по смежности между образами объектов X и Y, определяемая свойствами этих объектов, незначительна, то если даже они являются членами знаковой ситуации, вероятность того, что они вступили в знаковые отношения по внешним причинам, а не по внутренним, конвенционально, очень мала. Мала вероятность и окказионального использования одного из объектов в функции знака другого объекта. В то же время настолько велик шанс утраты, “забывания” уже установленной ранее ассоциации между образами таких объектов, что это грозит превращением X-объекта из знака Y-объекта в незнак при редком появлении A-объекта в зоне рецепции интерпретатора. В этом случае закреплению X-объекта в роли знака Y-объекта может содействовать только очень частое появление X-объекта.

Итак, решая вопрос о том, является ли X-объект для A-интерпретатора знаком Y-объекта, мы должны обращать внимание на то, есть ли *узальная* связь между образами объектов X и Y. **Если такая связь существует, то между X и Y уже имеет место знаковое отношение**, которое лишь проявится в момент появления X-объекта. Если узальной связи нет, то нужно решать, сколь велика вероятность естественного возникновения ассоциации между X"-образом и Y"-образом как отражения отношений между самими этими объектами-праобразами. **Если эта вероятность велика, то столь же велика вероятность окказионального вступления X-объекта и Y-объекта в**

знаковые отношения в момент появления X-объекта. И, наконец, если вероятность естественной ассоциации мала, а узуальной ассоциации между образами объектов X и Y нет, то превращение X-объекта в знак Y-объекта для A-интерпретатора может основываться лишь на введении условных, конвенциональных (узуальных или окказиональных) ассоциаций между образами объектов X и Y. Механизм таких принудительных ассоциаций мы еще не рассматривали.

Наша символика позволяет наглядно отражать, когда данный знак, любого пирсовского класса, является узуальным, а когда окказиональным, ибо **в формуле легко обозначить, возбуждается или только впервые появляется ассоциация между X''-образом и Y''-образом.** Например, отличие между узуальным и окказиональным иконом в формуле будет выглядеть так:

1. !!X-!X''-!xx-!Y''.
2. !!X- X''-!xx-!Y''.

Очевидно, что если в памяти интерпретатора имеется много образов, то при появлении любого праобраза возможно возбуждение не только узуальных, но и разнообразных окказиональных ассоциаций. Следовательно, один и тот же внешний объект может стать совершенно неожиданно окказиональным знаком для другого внешнего объекта, если образ второго объекта окажется конечным в цепи окказиональных ассоциаций образа первого с другими образами в памяти интерпретатора. Если же возбуждаются только узуальные связи, то перечень внешних и внутренних денотатов, для которых данный объект является знаком, строго ограничен. Следовательно, **узуальные ассоциации, по сравнению с окказиональными, делают знаковые отношения между объектами более определенными, но менее гибкими, менее универсальными.**

Изэстетические интерпретаторы, изогенные образы, обратимые возбуждения и отражения

До сих пор мы рассматривали ситуации, в которых объекты могли вступать в знаковые ситуации по отношению к единственному конкретному интерпретатору, т. е. **мы рассматривали только индивидуальные знаки.** Исходя из нашей трактовки природы знака, следует считать, что **без участия интерпретатора знаковая ситуация невозможна.**

Однако семиотика должна в первую очередь интересоваться отношениями между интерпретаторами в знаковой ситуации и, следовательно, не индивидуальными, а *социальными знаками*. Поэтому возникает новая семиотическая проблема: **классификация объектов и их образов по возможным знаковым ситуациям, в которых участвует два и более интерпретатора**. К интерпретаторам, как к следам и к образам, применимо понятие **изэстетичности**. **А-интерпретатор изэстетичен с В-интерпретатором, если оба они обладают одинаковыми отражательными способностями по отношению к тем объектам, которые встречаются в данной среде**. Например, изэстетичность проявляется в том, что при взаимодействии с С-объектом А-интерпретатор и В-интерпретатор реагируют на одну и ту же совокупность Y-свойств из полного набора свойств С-объекта. **Это значит, что и для А-интерпретатора, и для В-интерпретатора С-объект “представляется” как Y-объект и отражается в их памяти в виде достаточно подобных, изоморфных или хотя бы гомоморфных образов: Y''_a и Y''_b** . Лишь при условии изэстетичности можно надеяться, что окказиональное превращение X-объекта в знак Y-объекта произойдет (при появлении X-объекта) и для А-интерпретатора, и для В-интерпретатора.

Образы одного и того же праобраза, хранящиеся в памяти изэстетических интерпретаторов (например, Y''_a и Y''_b как образы Y-объекта), в соответствии с введенными ранее определениями, следует считать **изогенными**. Назовем их *исходными изогенными* образами, подчеркивая термином “исходные” принципиальную возможность возникновения новых, производных образов, являющихся объединениями или пересечениями исходных.

Если производные образы возникли в изэстетических интерпретаторах из изогенных исходных образов на основе аналогичных для интерпретаторов взаимодействия между исходными образами, то можно назвать эти новые образы *производными изогенными* образами. Естественно, что чем выше уровень производности, тем больше вероятность утраты гомоморфизма, подобия между изогенными производными образами.

Если А-интерпретатор и В-интерпретатор функционируют в различных окрестностных условиях, то из факта изэстетичности интерпретаторов ни в коем случае не следует, что каждому образу в А-интерпретаторе соответствует изогенный образ в В-интерпретаторе. Но нас в дальнейшем будут интересовать в первую очередь такие совокупности изэстетических интерпретаторов, в памяти каждого из которых некоторая доля образов является изогенной по отношению

хотя бы к одному из интерпретаторов этой совокупности.

Введем теперь понятия **обратимого возбуждения и обратимого отражения**.

Если ассоциация между двумя образами такова, что возбуждение одного из них вызывает возбуждение второго, а возбуждение второго приводит к возбуждению первого, то такой вид взаимного возбуждения назовем *обратимым*. Под *обратимым отражением* будем понимать такой вид отражения интерпретатором внешнего объекта, при котором не только возникновение внешнего X-объекта приводит к возбуждению его X"-образа, но и возбуждение X"-образа может привести к возникновению экземпляра X-праобраза. Естественно, что возможность обратимого отражения определяется прежде всего свойствами интерпретатора: наличием соответствующих X"-образу синхронных Д"-образов результирующего поведения интерпретатора для "изготовления" экземпляров X-праобразов. Различиями свойств экземпляров мы можем пока пренебречь.

Коммуникативная ситуация и коммуникативный акт

Поскольку **отношение изогенности** (как и отношения подобия, сходства, смежности, изоморфизма, гомоморфизма и т. д.) как минимум **двуместно**, то, говоря о таких объектах, удобно пользоваться собирательными существительными, такими как *изогенная пара, тройка* и т. д. Условимся в дальнейшем говорить лишь о парах интерпретаторов, образов и т. д., имея в виду, что вводимые определения, справедливые для пары, сохраняют свою силу для тройки, четверки и вообще любого количества интерпретаторов.

Два отражающих объекта, например, А-интерпретатор и В-интерпретатор, назовем *соответственными* через *изогенную пару образов*, если в каждом из объектов отражен образ одного и того же денотата, например, X"_а-образ и X"_в-образ X-денотата и, следовательно, эта пара образов (X"_а и X"_в), каждый из которых принадлежит "своему" отражающему объекту, **изогенна**.

Введенное понятие имеет очень громоздкое название, но практически нам не потребуется этим названием непосредственно пользоваться, либо оно сохранится лишь имплицитно в терминах "коммуникабельность", "коммуникант", к определению которых мы теперь можем перейти.

Назовем два интерпретатора *коммуникабельными*, если они соответственны хотя бы через одну изогенную пару обратимых образов.

Введем теперь понятие *коммуникативного акта*. Возбуждение одного из образов изогенной пары, например X''_a , вызывающее возбуждение другого образа этой пары, например X''_b , благодаря коммуникабельности двух интерпретаторов (А и В), имеющих, общую для них зону рецепции, назовем *коммуникативным актом* между этими интерпретаторами, а сами такие интерпретаторы - *коммуникантами*.

Ситуации, в которых имеют место взаимоотношения между коммуникантами, так или иначе влияющие на осуществление акта коммуникации, назовем коммуникативными. В коммуникативной ситуации мы имеем в качестве начальных и конечных событий такие акты: $!X''_a - !X''_b$.

Теперь нам предстоит рассмотреть различные типы коммуникативных ситуаций и уточнить тем самым основания для сопоставления *знаковых систем*. При этом нам понадобятся не только упрощенные схемы знаковой ситуации, но и более детальные, **отражающие факт не просто возбуждения образа при появлении праобраза в зоне рецепции отражающего объекта, но и некоторые промежуточные этапы перехода от взаимодействия с праобразом к результирующему возбуждению образа**. В тех случаях, когда речь будет идти просто об опознании F-объекта, т. е. **когда он будет выступать в роли “знака самого себя”**, назовем ситуацию *предзнаковой*. В этом отношении коммуникативные ситуации также могут быть разделены на “предзнаковые” и “знаковые”. Остановимся на этом подробнее.

Предзнаковая и простейшая знаковая коммуникация

После сделанных уточнений нетрудно установить, что **самая простая коммуникативная ситуация может основываться на предзнаковых семиотических актах**. Условно назовем ее *предзнаковой коммуникативной ситуацией*.

Опишем ее с помощью символов **возбуждения, появления и следования во времени**: $X''_a - !X'' - !X''_b$.

Эта формула отражает тот факт, что возбуждение X"-образа X-объекта в некотором А-интерпретаторе (т. е. возбуждение X''_a) приводит, за счет обратимого отражения, к появлению экземпляра X-праобраза, так что взаимодействие этого экземпляра праобраза с В-интерпретатором вызывает возбуждение X"-образа X-праобраза (т. е. возбуждение X''_b) в В-интерпретаторе.

X''_a и X''_b по природе изогенны, следовательно, мы имеем дело со

случаем, когда возбуждение одного из образов изогенной пары приводит к возбуждению другого ($!X''_a-!X''_b$). Такой вид взаимодействия интерпретаторов попадает под определение коммуникативного.

В данной коммуникативной ситуации мы исходим из уже наличных образов и способности интерпретаторов лишь воспроизводить процедуры опознания и обратимого воспроизведения, что можно также отразить и в формуле $!X''_a-!xx-!X-!xx-!X''_b$, где xx — условное обозначение ассоциации по сходству между образами и праобразами. В ней мы видим, что поскольку отношения между образами и праобразами возбуждаются, а не появляются, то эти **отношения уже сложившиеся, узуальные.**

Представим теперь ситуацию предзнаковой коммуникации, обозначив через “инт” — “внутренний мир” интерпретаторов, а через “экст” — внешнюю среду в зоне рецепции этих интерпретаторов:

Инт А экст инт В

$!X''_a-!X-!X''_b$

На схемах при необходимости можно отразить также и узуальность отношений между звеньями рассматриваемой цепи. И, наконец, теперь мы можем представить хотя и самую простую, но уже собственно *знаковую*, а не предзнаковую коммуникативную ситуацию. Она возникает тогда, когда изогенный образ, возбуждшийся в памяти одного из коммуникантов, не имеет “прямого выхода” в память другого в форме непосредственного навязывания ему своих характеристик. Тогда коммуникация может основываться только на использовании внутренних механизмов отражения, которые сформировались и процессе развития способностей интерпретаторов реагировать изэстетично на одни объекты как на знаки других объектов и вступать в предзнаковую коммуникацию друг с другом благодаря наличию в них изогенных образов, допускающих обратимое отражение.

Сущность представлений знаковой, а не предзнаковой коммуникативной ситуации легче изобразить на схеме:

инт *A* экст Инт *B*

$!X''_a - !X - !X''_b$

$!Y''_a - Y''_b$

Эти же события можно изобразить и в виде формул, обозначив ассоциацию по смежности между Y'' и X'' в виде -yx- и подчеркнув, например, факт узуальности как ассоциаций между образами в памяти каждого интерпретатора, так и обратимого отражения:

$!Y''_a-!yx-!X''_a-!xx-!X''-!xx-!X''_b-!xy-!Y''_b$.

Конечным результатом коммуникации является возбуждение Y''_b под влиянием возбуждения изогенного образа y''_a . Или иначе: $!Y''_a-!Y''_b$. В таких упрощенных формулах уже не отражено то, как возникла знаковая коммуникация (на основе узуальных или окказиональных связей).

После уточнения понятий предзнаковой и простейшей знаковой коммуникации мы снова убеждаемся, что разнообразные варианты анализа исходных понятий семиотики с помощью “треугольников” фактически находятся на таком начальном уровне детализации семиотических ситуаций, при котором нет и намеков **на разграничение знаковой ситуации и ситуации коммуникативной**. В частности, когда речь идет о знаковых характеристиках *языковых* единиц, первичность коммуникативной функции которых признается всеми без исключения, обращение к “треугольникам” заставляет исследователей искать среди его углов “денотаты”, “референты”, “вещи” и прочие “материальные означаемые”. В рассматриваемых нами, восходящих к идеям Ч. Пирса, схемах простейшая знаковая ситуация, как отмечалось, содержит как минимум четыре компонента: **знак, денотат и их образы, причем знак используется именно для исключения денотата “из игры”**.

Для простейшей *коммуникативной* знаковой ситуации недостаточно уже и “четырёхугольника” - **нужен по меньшей мере “пятиугольник”**: **образ знака в каждом из интерпретаторов, образ денотата, также в каждом из интерпретаторов и, наконец, экземпляр знака, полученного в результате обратимого отражения**. При этом замечателен и тот невероятный (с позиций классического “треугольного” подхода к проблемам семиотики) факт, что денотат в коммуникативной ситуации принципиально не необходим. Он нужен лишь, “генетически”, на предшествующих фазах формирования образов и превращения двух отражающих объектов в коммуникабельные интерпретаторы.

Можно эту же особенность коммуникативных ситуаций

сформулировать иначе: **в акте коммуникации сами образы, запечатленные в памяти интерпретаторов (независимо от того, являются они исходными или производными), выступают в функции внутренних денотатов.** Эти денотаты, в нашем толковании, не перестают быть физически реальными объектами в субстрате памяти, хотя коммуниканты имеют “доступ” к ним лишь через посредничество знаков. По-видимому, при таком подходе удастся избежать парадокса материальности идеального или идеальности материального.

Типы коммуникативных дуг и звеньев, абстрактные и конкретные звенья

Цепь последовательных возбуждений и отражений, обеспечивающих коммуникативный акт, назовем *коммуникативной дугой*, а все образы и праобразы, охватываемые коммуникативной дугой благодаря последовательным возбуждениям и отражениям, — *звеньями* коммуникативной дуги или *коммуникативными звеньями*.

Уточняя, какие модификации могут быть внесены в коммуникативную дугу без нарушения акта коммуникации, мы подготавливаем для себя возможность выявить **важнейшие разновидности коммуникативных систем.**

Одна из таких разновидностей нами уже рассмотрена. Для того, чтобы характеризовать ее особенность, условимся противопоставлять, *концевые* и *неконцевые* звенья коммуникативной дуги. В рассмотренной схеме концевыми являются Y''_a и Y''_b . Кроме того, в любом коммуникативном акте между коммуникабельными объемами и коммуникативную дугу включены такие обязательные звенья, как воспроизведенный X-знак, его воспроизводящий X''_a -образ и воспроизводимый X''_b -образ, обозначающие акты предзнаковой коммуникации.

Назовем коммуникативную дугу *простой*, если концевые ее звенья при возбуждении непосредственно взаимодействуют с образами знака. Тогда коммуникативную дугу следует называть *сложной*, если между образами знаков и концевыми образами включены какие-либо промежуточные образы.

Коммуникативную дугу будем называть *узальной*, если все ее звенья остаются неизменными в любом акте коммуникации, т. е. если ассоциации между ее звеньями закреплены, зафиксированы и не зависят от возбуждения или невозбуждения образов, не входящих в коммуникативную дугу.

Коммуникативную дугу будем называть *окказиональной*, если концевые изогенные гомоморфные образы коммуникабельных объектов замыкаются через нее при том условии, что хотя бы одно звено в этой дуге связано с соседним звеном не узуально, а *окказионально*, т. е. исключительно под влиянием своеобразия конкретных обстоятельств коммуникации. Это проявляется в первую очередь в зависимости ассоциаций звеньев коммуникативной дуги от того, каков состав возбужденных и невозбужденных образов, не включившихся и коммуникативную дугу.

Естественно, что неuzuальные, т. е. *окказиональные*, связи звеньев в коммуникативной дуге могут основываться, например, на ассоциациях по сходству и смежности, отражающих свойства праобразов, образами которых являются эти звенья. В этом случае мы будем иметь дело с внешней разновидностью мотивированной *окказиональной* коммуникации. Точно так же внешне мотивированной может оказаться и *uzuальная* коммуникация.

Если же ассоциации между звеньями коммуникативной дуги основаны на таком сходстве или смежности образов, которое не является отражением свойств праобразов, то такую мотивацию можно назвать *внутренней*. Она эффективна и может обеспечивать акты коммуникации лишь в случае, если изогенные образы, принимающие участие в образовании коммуникативной дуги, у обоих коммуникантов настолько гомоморфны, что имеют подобие и в тех основаниях ассоциаций, которые не отражают свойств праобразов-денотатов, а определяются исключительно свойствами образов. Ясно, что и внутренне мотивированные коммуникативные дуги могут быть как *uzuальными*, так и *окказиональными*. При *uzuальной* ассоциации только по смежности, если эта смежность внешне не мотивирована, мы получаем “классический” условный знак, т. е. **пирсовский “символ”**.

Таким образом, в **системе введенных исходных понятий семиотики** нам удалось показать возможность существования **неусловных знаков**, понять их отличие от условных и подготовить, тем самым, почву для анализа семиотических категорий **единиц естественного языка**, где роль условных знаков в актах коммуникации особенно велика. Однако в связи с вопросом о существовании знаковых систем, использующих немотивированные (внешне) условные знаки, еще раз обратим внимание на следующее.

В любой знаковой системе возникновение знаковой ситуации невозможно, если интерпретатор неспособен опознавать знаки как объекты вполне определенного типа. Но для такого опознания необходимо, как мы видели при анализе формулы опознания,

осуществление по крайней мере следующих событий: **появление (в зоне рецепции интерпретатора) окказионального экземпляра опознаваемого А-объекта, появление, его активной окказиональной Х-части, появление окказионального Х"-следа этой Х-части или хотя бы окказионального х"-следа признака, являющегося частью Х-части.** Лишь после этого на основе *окказиональной ассоциации по сходству* (и никак иначе!) возбуждается узуальный обобщенный 0x -образ признака, после чего может, на основе ассоциации по смежности, возбудиться весь апостериорный или априорный 0X -гештальт, что является **завершением процесса опознания:** $!!A-!!X-!!X-!!x"-!!xx-!{}^0x"-!{}^0X$ ".

Следовательно, сколь условной ни была бы ассоциация между образом знака и образом денотата, для возбуждения этих образов необходимы этапы безусловного (мотивированного свойствами знака) резонансного возбуждения узуального обобщенного образа окказиональным конкретным, так что любое опознание включает в себя элементы *иконической* знаковой ситуации, где функцию знака выполняет его *признак*, а функцию денотата— его *полная активная часть*.

Никакие иные типы знаковых ситуаций не обеспечивают распознавания. Пирсовское понятие символа здесь неприемлемо потому, что уникальный, окказиональный образ в роли внутреннего знака принципиально не может ассоциировать с обобщенным внутренним денотатом конвенциально, а пирсовский индекс не может при этом иметь места потому, что и ассоциация по смежности обобщенного узуального образа, сложившегося до акта опознания, с окказиональным, уникальным образом, **физически немислима.** **Возможна только ассоциация по сходству.** Поэтому мы можем теперь утверждать, что **условные знаки, т. е. пирсовские символы,** конечно, могут существовать и существуют, но это существование не было бы возможным, если бы наряду с этим как абсолютно необходимое звено не **использовалась безусловная, неконвенциональная, окказиональная ассоциация по сходству, возникшая в момент опознания знака.**

Но тогда каким же образом могут оставаться непротиворечивыми те семиотические концепции, которые чистую условность считают **непременным признаком знаковости?**

Многие из них, действительно, не могут и поэтому не остаются непротиворечивыми. Но некоторые избегают противоречия с помощью нехитрой формальной уловки: утверждается, что при каждом обозначении имеет место "абстракция отождествления знака", без

пояснения, что это за явление. В это звучное выражение “абстракция отождествления” и “загоняется” все то, что не условно. Так и создается видимость отсутствия чего бы то ни было, что в знаковой ситуации не конвенциально, а мотивировано. Но, как ясно из всего изложенного, “чистая конвенциальность” — не более чем видимость (впрочем, и это можно было бы показать, как и “чистая” естественность).

После этого природа ассоциации по сходству между абстрактным и конкретным образом перестает быть таинственной. В этом специфическом звене ассоциаций по сходству между обобщенным и конкретным образом мы имеем, по-видимому, в чистом виде тот процесс опознания, который представители гештальтпсихологии считали единственным во всех семиотических ситуациях. Следовательно, знаковую ситуацию, в которой ассоциация между внутренним знаком и внутренним денотатом осуществляется на основе гештальта, лучше назвать не “предзнаковым”, а *гештальтным опознанием*.

Подводя итоги, нельзя, по-видимому, не признать, что представления об онтологии семиотических процессов, стоящих над гештальтным опознанием, а также те понятия, через которые можно пояснить эти процессы, приводятся с позиций рассматриваемой концепции в более строгую системную связь, чем это удастся сделать с помощью модификации семиотических треугольников. После этого перед нами открывается возможность рассмотреть **механизмы формирования компонентов коммуникативных дуг и ассоциаций между звеньями этих дуг и уточнить тем самым чрезвычайно важные для кибернетики механизмы опознания содержания в актах коммуникации с помощью различных знаковых систем, включая самую сложную из них — естественный язык**.

4.2. Типы коммуникативных систем

Номенклатуры и исчисления как простейшие коммуникативные системы

Воспользуемся введенными основными терминами для обозначения важнейших разновидностей звеньев коммуникативных дуг и видов самих коммуникативных дуг, а также уточненными представлениями о процессах опознания и коммуникации, чтобы выявить особенности хотя бы и простейших, но уже не просто коммуникативных дуг, а целых *коммуникативных систем*, т. е. **целых совокупностей средств для осуществления определенного вида коммуникации с многими**

концевыми звеньями. Естественно, что в памяти интерпретаторов, способных осуществлять взаимную коммуникацию, должны быть выработаны средства для опознания и воспроизведения особых классов знаков, а также **средства не только для непосредственного, но и знакового возбуждения образов денотатов.** Иными словами, в интерпретаторах должны осуществляться такие процессы, как: $!!X-!X"-!^0X"; !!X-!X"-!Y"; !X"_a-!!X-!X"_b-!Y"_b.$

Если какие-либо из внутренних денотатов являются обобщенными образами (утилитарными или сущностными — безразлично), то они способны функционировать как **эталон** для **опознания окказиональных образов** и включения их в тот или иной класс образов. Следовательно, обобщенные образы могут рассматриваться как гештальты, и их можно обозначать соответствующим индексом.

Простейшими из таких коммуникативных систем являются *номенклатуры* и *исчисления.*

1. Если коммуникативная система состоит из дуг, которые содержат только узуально ассоциированные звенья, то количество как представленных сформированными гештальтами $^0X''_1, ^0X''_2, \dots, ^0X''_k$ знаков, так и концевых абстрактных звеньев, например, $^0Y''_1, ^0Y''_2, \dots, ^0Y''_k$ оказывается **ограниченным, конечным.** Такая коммуникативная система полностью исчерпывается **перечнем пар,** состоящих из ассоциации образов знаков и изогенных гомоморфных абстрактных концевых звеньев как образов внутренних денотатов, независимо от того, имеют ли коммуниканты какие-либо иные образы, кроме тех, которые охвачены узуальными коммуникативными дугами, связывающими данный перечень концевых образов, т. е. кроме связанных образов $^0X''_1-^0Y''_1, ^0X''_2-^0Y''_2, \dots, ^0X''_k-^0Y''_k$ (в памяти каждого из коммуникантов). Для любой такой k-дуги в акте коммуникации справедливо выражение $!^0Y''_{ak} - !^0X''_{ak} - !!X''_k - !!X''_{bk}-!^0X''_{bk} - !^0Y''_{bk},$ причем ассоциации между всеми образами узуальны. Такую коммуникативную систему можно назвать *номенклатурой.* **Например, если рассматривать способы обозначения цифр в пределах первого десятка и считать, что коммуникация используется исключительно для называния цифр, то это будет типичная номенклатурная коммуникативная система, хранящаяся в памяти каждого из коммуникантов и виде перечней концевых образов (перечня $^0Y''_{1-10}$ -образов 10 отрезков числового ряда) и десяти $^0X''_{1-10}$ -образов знаков этих концевых звеньев, причем воспроизводимых знаков, превращающихся в физически наблюдаемые объекты, т. е. допускающих такую цепь событий: $!^0X''-!!X.$**

2. Если имеется конечный перечень образов, выступающих в роли “элементных” внутренних денотатов, например 0Y -образов, и конечный перечень образов отношений, в которые эти элементные образы способны вступать друг с другом (перечень “релятивных” образов, например, 0R -образов), и если за единицами этих двух конечных перечней образов (“элементных” и “релятивных”) узуально закреплены либо способы обратимого отражения (обеспечивающие предзнаковую коммуникацию), либо, в более общем случае, другие образы, поддающиеся обратимому узуальному отражению, т. е. внутренние знаки, например 0X -образа, то, очевидно, “указывая” с помощью знаков **на конкретные элементные и релятивные образы как на внутренние денотаты**, можно сделать явной для коммуниканта **не только перечень элементов сложного целого, но и структуру связей между ними, т. е. структуру связи элементных образов с помощью релятивных, хранящуюся в памяти передающего коммуниканта**. Средства выражения таких структурированных внутренних денотатов с помощью знаков Ч. Пирс называл *диаграммами*.

Если при этом в памяти передающего коммуниканта содержится или возникает сколь угодно большие число таких сложных денотатов, то все равно, пока состав их компонентов остается неизменным, т. е. пока они “построены” из “одних и тех же” элементных и релятивных образов (0Y -образов и 0R -образов), любой из них может быть “переведен” в диаграмму в виде последовательности знаков и воссоздан в памяти воспринимающего коммуниканта в виде сложного образа, состоящего из компонентов 0Y -типа и 0R -типа.

Следовательно, в этом случае мы имеем дело лишь с видимостью возможности создавать знаки для бесчисленного количества денотатов. Фактически же коммуникация, предзнаковая или знаковая, обеспечивается **за счет закрепления номенклатурной связи между конечным перечнем компонентов сложных денотатов и конечным перечнем воспроизводимых образов знаков**, например обратимых гештальтов знаков. Это особенно наглядно в том случае, когда образы, являющиеся сложными денотатами, образуют линейные структуры. Какие бы закономерности ни содержались в таких цепях элементарных денотатов в границах сложного, процесс коммуникации все равно сводится к “позвенному” обратимому возбуждению знаков каждого из последующих элементных образов сложного денотата, и в этом смысле сама коммуникативная система неуниверсальна.

Правда, есть в данной проблеме еще один аспект: как образуются сами сложные внутренние денотаты? Ясно, что он не имеет прямого

отношения к вопросу о том, как обозначаются такие денотаты, уже сложившиеся, обобщенные и подлежащие возбуждению в памяти воспринимающего коммуниканта, но напомним, что, рассматривая механизмы универсальной антиципации и отличие формальных абстракций от сущностных, мы уже в определенной мере ответили на данный вопрос.

Если все варианты сложных внутренних денотатов из элементарных и релятивных образов вытекают из четко ограниченного перечня свойств этих образов или перечня допустимых отношений, то такие совокупности элементарных и релятивных денотатов следует называть исчислениями.

Каково отношение компонентов исчисления как внутренних денотатов к внешним, т. е. к объектам внешней среды, - это также проблема особая. Для нас пока важно еще раз осознать, что, независимо от того, задан конечный перечень внутренних денотатов в виде единственного "списка" целостных образов, либо экземпляры этих денотатов являются компонентами сложных денотатов в каком-либо исчислении, тоже заданных "списком", либо, наконец, сами сложные внутренние денотаты "порождаются" по тем правилам, которые вытекают из свойств элементарных образов, являющихся "строительным материалом" для сложных денотатов,— **во всех этих случаях связь внутренних знаков с внутренними денотатами остается жесткой, узуально закрепленной, однозначно расшифровываемой воспринимающим коммуникантом. Все такие коммуникативные системы не универсальны, а узко специальные.** Они и используют лишь узуальные коммуникативные дуги. Концевые и неконцевые звенья этих дуг закреплены, существуют до акта коммуникации, хотя, конечно, в невозбужденном состоянии. Следовательно, в исчислении сложный денотат любой структуры возбуждается в памяти воспринимающего коммуниканта только с помощью узуальных коммуникативных дуг типа $!^0Y''_a-!xy-!^0X''_a-!X-!X''_b-!xx-!^0X''_b-!^0Y''_b$.

Сказанное остается в силе и при условии, когда допускается введение знаков для некоторых сложных денотатов как для целостных самостоятельных простых денотатов. Иными словами, **диаграммные коммуникативные системы могут не только обслуживать исчисления с бесконечным количеством означаемых денотатов, простых и сложных, но и иметь многоярусную собственную структуру, оставаясь, тем не менее, простейшими номенклатурными коммуникативными системами.**

Примером диаграммных номенклатурных коммуникативных

систем могут служить способы символического описания и изображения формализованных теорий. Сами понятия этих теорий, как абстрактные 0Y -образы, способные вступать в строго определенный перечень отношений, заданных в виде релятивных 0R -образов, образуют в сознании математика сложные денотаты, обозначаемые диаграммами из математических знаков 0X - X , в коммуникативных ситуациях передачи математических знаний. Но принципы осуществления этой коммуникации остаются простыми, номенклатурными.

Рассмотрим пример. Пусть совокупность элементарных абстрактных образов, входящих в сложные денотаты, представлена перечнем ${}^0A_1, \dots, {}^0A_5$, а всевозможные сложные денотаты образуются только благодаря возникновению между всеми этими образами отношений смежности. Тогда, если наличие этого отношения изображать, например, парой внешних X -знаков, получающихся на основе обратимого отражения внутренних 0X -знаков, каждый из которых однозначно ассоциирован с соответствующим образом элементарного абстрактного 0A -денотата, то для обозначения всего многообразия сложных денотатов из простых 0A -элементов (а их даже в данном простейшем примере, может быть 1024) достаточно **пяти знаков**. Так, одна из кольцевых структур диаграммы будет обозначена как $X''_1, X''_2, X''_3, X''_4, X''_5, X''_5, X''_1$.

Простейшие окказиональные коммуникативные системы

Рассмотренные номенклатурные коммуникативные системы (предзнаковые, знаковые, диаграммные), как уже отмечалось, узко специализированы и узуальны. Любой образ, не охваченный узуальной коммуникативной дугой, не может выступать в роли внутреннего денотата.

Если использовать в целях коммуникации не только простые, но и сложные коммуникативные дуги, т. е. **дуги, содержащие неконцевые звенья между образом знака и образом денотата**, то до тех пор, пока все ассоциации между звеньями дуги узуальны, номенклатурная природа коммуникативной системы остается неизменной. Но если хотя бы **единственная ассоциация** простой или сложной коммуникативной дуги может быть окказиональной, коммуникативная система перестает быть номенклатурной, ибо уже невозможно задать конечный и исчерпывающий список денотатов (независимых или являющихся компонентами диаграмм), которые могут быть “обслужены” данной коммуникативной системой. В роли концевой

звена может теперь выступать любой (изогенный или неизогенный, конкретный или абстрактный) образ, лишь бы нашлось основание для его *ситуативно* обусловленной, окказиональной ассоциации с каким-либо из звеньев коммуникативной цепи.

Ясно, что окказиональные коммуникативные системы одновременно и универсальны, хотя и не одинаково эффективны, ибо концевой внутренний денотат может оказаться таким, что основания для его ассоциации (**прямой или через посредников**) с образом знака недостаточно надежны. В таких случаях воспринимающий коммуникант может и не догадаться, каков характер ассоциации, которые должны привести от воспринятого и опознанного знака к концевому звену коммуникативной дуги, следовательно, фактически дуга не замкнется, и коммуникативный акт не осуществится.

Тем не менее, в других, более благоприятных случаях, даже тот образ, который не входит в изогенную пару, может быть за счет окказиональных ассоциации “передан” воспринимающему коммуниканту. Естественно, что перед этим он должен *возникнуть* в памяти у воспринимающего, для чего можно воспользоваться “некусочным” возбуждением уже имеющихся образов, совокупность которых способна хорошо или плохо составить сложный *производный* образ, гомоморфный образу в памяти передающего коммуниканта. **По существу это окказиональный вариант диаграммной коммуникации.**

Еще более благоприятны для окказиональной коммуникации условия, когда образы, которые должны стать концевыми в акте коммуникаций, и до этого акта уже изогенны и гомоморфны, хотя и не являются звеньями узуальных коммуникативных.

Язык ребенка, знающего ограниченное количество воспроизводимых 0X -знаков — **слов с их конкретными внутренними Y -денотатами** — **смыслами** и использующего окказиональные ассоциации для “подключения” новых окказиональных E -смыслов к имеющемуся ограниченному набору воспроизводимых 0X -знаков, относится к этому классу коммуникативных систем. К этому же классу относится и коммуникативная система “языка жестов” при общении людей, не знающих общего национального языка. В отличие от языка ребенка, находящегося в языковой сфере, язык жестов еще более естествен в том отношении, что у собеседников вначале нет узуально воспроизводимых 0X -знаков, и говорящие (точнее — “коммуницирующие”, но еще не говорящие) вынуждены искать среди имеющихся в их памяти всевозможных 0E -образов такие, которые по своей природе более или менее допускают обратимое

отражение. Сами эти образы начинают использоваться не только в предзнаковых коммуникативных актах, т. е. не только для указания на свои 0E -гештальты как на внутренние денотаты, но и ситуативно творчески ассоциироваться в роли *посредников* с теми конечными E -образами, которые обратимому отражению не поддаются, так что обратимые образы обеспечивают зарождение собственно знаков, хотя и окказиональных: $!!E''_a - !!ee--!{}^0E''_a - !!E - !!E''_b - !!ee - !{}^0E''_b - !!ee- !E''_b$.

Наличие денотата в поле рецепции обоих коммуникантов, например E -объекта, может оказаться весьма полезным на этой начальной ступени “изогенизации” и социологизации обратимых 0E -образов. Далее, на основе уже рассмотренных механизмов (по правилу 14), будут вырабатываться трансфокальные 0E -образы знаков с максимально редуцированными 0e -признаками и E -образы денотатов, которые наиболее эффективно обслуживаются с помощью складывающейся совокупности знаков. Так, на основе обратимых 0E -образов сформируются 0X -гештальты X -знаков, а также 0x -гештальты x -признаков этих X -знаков.

Если количество денотатов ограничено и в связи с этим легко вырабатывается конечное число абстрактных внутренних денотатов, то коммуникативная система имеет тенденцию формироваться как **номенклатура или исчисление из узуальных дуг типа ${}^0X''-{}^0Y''$** . Но если возникает потребность обслуживать знаковой коммуникацией и неограниченное количество E -денотатов, то среди E -образов E -денотатов должна произойти **поляризация**. Некоторая часть этих образов (S -образы), в соответствии с п. 14, может вступить в узуальную связь с абстрактными 0X -образами знаков, а остальная часть (E -образы) может быть обслужена с помощью лишь окказиональных ассоциаций с группой S -образов S -денотатов. Но эти S -образы-посредники, как мы уже рассматривали, получают тенденцию редуцировать некоторые из тех черт, которые, раньше соответствовали свойствам S -денотатов-праобразов этих S -образов, так что в результате **сходство S ''-образов-посредников со своими праобразами утрачивается и образы-посредники превращаются в формально-логические абстракции**. Они воплощают обобщенные ${}^0Y''$ -черты тех E -образов, которые обслуживаются ими в актах коммуникации, т. е. выступают в роли внутренних денотатов, окказионально ассоциируемых по сходству с ${}^0Y''$ -узуальными внутренними денотатами-посредниками.

Учтя все это, мы можем дальше детализировать классификацию типов образов и коммуникативных дуг в коммуникативных системах и

понять своеобразие самых сложных из этих систем — естественных языков.

Значение, смысл, языковой знак, речевой знак, монема, естественный язык

Формально-логические и сущностные абстракции мы условились уже называть социальными для группы интерпретаторов, если они изогенны, гомоморфны и узуальны.

Социальную 0Y -абстракцию (рис. 8), сформировавшуюся в актах коммуникации в результате посредничества в цепи ассоциаций абстрактного 0X -образа знака (допускающего обратимое отражение) с E -образами (из открытого E -множества образов, как внутренних денотатов, содержащих в себе Y -свойство, представленное 0Y -абстракцией как обобщенным образом этого Y -свойства, и являющихся концевыми E -звеньями коммуникативных дуг) будем называть *значением* этого знака, а E -концевые звенья коммуникативных дуг, вступающие с 0Y -значениями в окказиональные ассоциации по сходству, благодаря чему дуги оказываются замкнутыми при посредничестве значений в любом конкретном акте коммуникации, назовем *смыслами*.



Рис. 8.

Следовательно, смыслы - это те изогенные и гомоморфные, у пары коммуникантов *a* и *b* (но совершенно необязательно узуальные, как, например, 0C -образы на рис. 8, а чаще всего именно окказиональные, как например, E''_b -образ, C''_e -образ и C''_o -образ) внутренние денотаты, возбуждение одного из которых приводит (в акте коммуникации между парой коммуникантов *a* и *b*) к возбуждению второго внутреннею денотата. Например, возбуждение E''_a -образа в памяти *a*-коммуниканта (на рис. 8 не изображен), с помощью речевою X-знака приводит к возбуждению E''_b -образа в памяти *b*-интерпретатора на рис. 8.

Начавший складываться еще на этапе окказионального обратимого отражения абстрактный 0E -образ знака, пока его связь с формирующимся значением основывалась еще на ассоциации сходства, не мог утратить тех черт, которые обеспечивали это сходство, даже если эти черты были недостаточно удобными для осуществления обратимого отражения. Но после того как рано или поздно ассоциация по сходству между образом знака и значением превратилась в ассоциацию по смежности, свойства, не важные для сходства, получают возможность угасать не только в обобщенном образе-значении, но и в образе знака. В нем должны закрепиться лишь те X'' -черты, которые обеспечивают наиболее эффективное обратимое отражение и восприятие, причем в принципе для возбуждения этого интенционального 0X -образа достаточно резонанса его признаковой 0x -части с окказиональным X'' -образом знака. Такой 0X -образ знака, приспособленный только для обратимого отражения в узуально осуществляемых актах коммуникации с помощью 0Y -значения, назовем *языковым знаком*, или *языковой морфемой*. Ясно, что изогенные языковые знаки в конечном счете не могут не стать социальными.

Физически проявляющиеся во внешней среде в результате обратимого отражения экземпляры X-праобраза языкового 0X -знака будем называть *речевыми знаками* данного языкового знака, или речевыми морфемами.

Единство из узуально ассоциированных по смежности двух социальных образов — значения (**семантемы**) и языкового языка (**морфемы**), т. е. узуальную ассоциацию 0X - !ху - 0Y , будем называть *монемой*.

Совокупность C'' -образов, узуально ассоциированных с 0Y -значениями и поэтому не требующих поисков оснований для ассоциации с 0Y -значениями (когда в конкретных актах

коммуникации эти С"-образы выступают в роли смыслов), будем называть *узуальными смыслами*. В противном случае смыслы будут называться *окказиональными*.

Без доказательства очевидно, что наиболее устойчивыми, гомоморфными и узуальными могут быть обобщенные, абстрактные С"-образы, т. е. ⁰С"-образы. Следовательно, основная масса узуальных смыслов относится к абстрактным ⁰С"-образам.

Ясно также, что, вступив в узуальную связь, узуальные смыслы сами приобретают функции посредничества при ассоциациях окказиональных (как правило, весьма конкретных) С"-смыслов с ⁰У"-значениями в цепях. Например $!!"C_e-!!pp--!^0C"- !уу-!^0У"$ на рис. 8. Но поскольку эти абстрактные ⁰С"-смыслы вырабатываются прежде всего не в связи с коммуникативными взаимодействиями интерпретатора со средой, то они не превращаются в значения, а остаются хотя и узуальными, но смыслами.

Так мы приходим к выводу, что **узуализация и социализация определенного набора обратимых знаков, значений и абстрактных смыслов открывает возможность замыкать окказионально коммуникативной дугой практически и принципиально неограниченное число концевых звеньев**. При этом одни и те же **концевые звенья (смыслы)** можно даже в одной и той же ситуации замкнуть различными дугами, если воспользоваться различными компонентами концевых и промежуточных смыслов для их ассоциации со значениями. **Коммуникативные дуги будут еще более многообразны**, если один и те же концевые образы связываются дугами в разных внешних ситуациях, при разных наборах **сопроводительных возбужденных образов**. Лишь в этом случае мы получаем тот вид коммуникативных систем, которые имеют все компоненты естественного языка, тогда как предшествующие виды коммуникации ("язык жестов" и детский язык) хотя и относятся к числу универсальных, **но языком в полном смысле названы быть не могут, ибо коммуникативное поведение любой пары объектов при этом уровне развития системы только окказионально, уникально, неповторимо**; "языковой коллектив" тут принципиально исчерпывается лишь единственной парой коммуникантов, и протекание коммуникации для постороннего наблюдателя во многих случаях остается непонятым. Но в то же время все окказиональные виды коммуникации, поскольку они основаны на постоянном поиске окказиональных связей между образами с учетом как внешней обстановки, так и коммуникативного состояния партнера, принципиально невозможны без универсальной антиципации, прогноза

и т. д. как эвристических видов оперирования образами. Номенклатуры и исчисления не требуют таких промежуточных операций, могут использовать только простейшие виды узуального опережающего отражения. Поэтому они легко осуществимы на современных вычислительных машинах, программы которых составлены как раз таким образом, чтобы в них отражалась максимальная детерминированность и не было никакой эвристики как творческой деятельности.

Так мы пришли к первой грубой формулировке различий искусственных “языков” и коммуникативных систем, представленных естественными языками. Нам еще предстоит остановиться на этой проблеме более детально, но перед этим необходимо сопоставить изложенное понимание семиотических категорий с наиболее известными семиотическими концепциями.

Предлагаемая трактовка многоэлементности внутреннего денотата, закрепленного за образом знака, наиболее созвучна с идеями Б. Л. Серебренникова, который считает, что в значении, являющемся образом, закрепленным и психике, представлены только наиболее броские, достаточные для опознания (в нашей схеме - **признаковые**) черты образа реального (или **воображаемого**) объекта. Следовательно, возбуждаемый с помощью значения полный образ этого объекта соотносим с нашим пониманием **узуального смысла**. Правда, значение, но Серебренникову,— это не отдельный образ, а “ядро” полного образа, и объяснение использования языковых знаков не в узуальных, а в окказиональных смыслах, при таком понимании природы знака и значения, весьма затрудняется. Большое внимание как раз этому аспекту семантики языковых знаков уделяется в работах И.Д. Арутюновой.

В нашей схеме различие между значением и смыслом вполне соответствует формуле В.А. Звегинцева: “**значение — внутри языка, смысл — вне языка**”, однако значение определяется Звегинцевым так, что оно совпадает с нашим определением **значимости**, при этом используются такие выражения, как “совокупность возможных значений”, “валентность слова”. А поскольку подобное отождествление значения и значимости весьма распространено, особенно в структуралистических работах, то на проблеме соотношений значения и значимости необходимо остановиться особо.

Значимость и значение

Большой заслугой Ф. де Соссюра было расчленение диффузного представления о семантике языковых единиц на две самостоятельные категории: собственно *значение* и *значимость*. Если вспомнить, что нашему понятию монемы соответствует сосюрсовское неделимое психическое единство “акустического образа” и “идеи”, что “**идею**” Соссюр называл **значением** (это понимание, после уточнения механизмов абстрагирования, сохранено и в нашей схеме), то станет ясно принципиальное **отличие значения от значимости**, определяемой Соссюром как *место* названного двустороннего единства (т. е. **монемы**) в сети отношений (**сходства и оппозиции**) с другими единицами того же уровня.

Если **обобщить понятие значимости на любые системы** (а не только знаковые), то его мы ранее определяли как **место элемента системы в сети его связей и отношений с другими элементами этой системы**. Иными словами, **элемент** в этом случае рассматривается как **узел связей в структуре**, где под структурой понимается (в соответствии с введенными ранее определениями) **структура связности**. Поэтому **значимость характеризует элемент системы не с точки зрения тех его индивидуальных черт, которыми он обладает вне системы, т. е. не как субстанцию системы, а исключительно с точки зрения его внешних черт, которые проявляются в наличии связей элемента с другими элементами в структуре связности данной системы**. Если названа только **значимость элемента**, то он существует для нас как **узел, как пучок “чистых отношений”, как место схождения связей в точке, не имеющей ни размеров, ни иных свойств вне данной структуры**.

Если, в частности, рассматривать сеть отношений, структуру противопоставлений и отождествлений не элементов вообще, а именно монем, то место любой монемы в этой структуре и будет соответствовать тому, что Ф. де Соссюр называл *значимостью языкового знака*.

Достаточно очевидно, что любая функциональная черта, позволяющая отличить одну семантическую единицу от другой, должна учитываться, и, следовательно, пока лингвисты не отличали значения от значимости, их представления о семантике языковых единиц *были* весьма расплывчатыми. Но из этого утверждения отнюдь не следует, что после открытия значимости, как важной семантической характеристики знака, значение “потеряло свое значение” для теории. Однако тенденция такого понимания соотношения между значимостью

и значением намечается уже у Соссюра, когда он говорит, что **“слово облечено не только значением, но еще - главным образом - значимостью, а это уже совсем другое”**.

Сторонники “чисто структурных” методов исследования языка постепенно превратили это соссюровское “главным образом” в категорическое “исключительно” и тем самым исключили собственно значение из списка категорий, достойных научного внимания. До сих пор мы постоянно встречаемся с этим стремлением описать все семантические характеристики значимых единиц только через указания их места в сети смысловых противопоставлений с другими единицами и, следовательно, **только через описание значимости этих единиц, независимо от того, как такие характеристики называются: значимостью, структурным значением, значением, смыслом и т. д.** Следовательно, снова вместо двух семантических характеристик знака, обнаруженных Соссюром, стала учитываться лишь одна — значимость, и многие семантические проблемы лингвистики и семиотики лишились перспектив разрешения. Например, если обращать внимание только на смысловые отношения одной монемы к другим, то при всей детальности описания сети этих отношении первопричина их возникновения остается тайной. В нашей схеме от этой таинственности не остается и следа. Поскольку компонентами монем являются образы, то как таковые, они могут вступать в ассоциации. Следовательно, по своей природе монемы способны включаться в сеть взаимных отношений и поэтому сами создают значимости в каждом узле структуры этих отношений. **Это пример того, как субстанция системы влияет на формирование структуры этой системы.** Однако **формирующаяся структура оказывает, в свою очередь, воздействие на субстанцию системы.** И это понятно. Если, например, монемы отождествляются или противопоставляются друг другу в актах коммуникации при выборе средств выражения смыслов, то, как мы видели, это приводит и к преобразованию самих образов, являющихся компонентами монем, и к изменению их потенциал ассоциировать друг с другом. Так изменяется субстанция системы. А всякие изменения способностей монем вступать в ассоциации снова приводят к перестройкам структуры, к закреплению, узуализации одних связей, ослаблению других и т. д.

Следовательно, если вспомнить, что **одним из компонентов монемы является представляемое ею значение**, то станет ясным, что **значение является одним из факторов, формирующих значимость монем, а значимость трансформирует значение.** Так что ничто не является “главным” и все одинаково необходимо. **Важно учитывать и**

значение, и значимость, причем в их постоянном взаимодействии.

Виды значимостей

Наша схема позволяет обратить внимание и на то, что значимость монемы — это характеристика результирующая. Она определяется не только ассоциативными свойствами значений, т. е. абстрактных коммуникативных 0Y -образов-намекателей на смыслы, но и свойствами “акустических образов”, т. е. того, что мы назвали языковыми знаками как образами речевых, звучащих знаков, абстрактными 0X -образами, узуально ассоциированными с 0Y -образами по смежности. Мало того, на монемы оказывают влияние и их ассоциации как с абстрактными узуальными 0C -смыслами, так и с окказиональными C -смыслами, а последние, являясь образами компонентов внешних C -событий, не могут не внести изменений в значимость монем при заметных изменениях отношений между C -денотатами, C -образы которых выступают достаточно часто в роли окказиональных C -смыслов.

Следовательно, не только означаемое языкового знака имеет несколько уровней (C -денотат, C -окказиональный смысл, 0C -узуальный смысл, 0Y -значение), но и значимость должна рассматриваться на каждом из этих уровней отдельно, ибо мы можем интересоваться местом 0Y -значений в сети их отношений к другим значениям, местом узуальных 0C -смыслов в сети их отношений к другим узуальным смыслам и т.д. Кроме того, на ассоциацию монем влияют и ассоциации между языковыми 0X -знаками, и ассоциации между их праобразами речевыми X -знаками. Эти ассоциации - уже совершенно несемантические, но поскольку они влияют на значимость монем, то и они вносят свой вклад в формирование семантических единиц языка.

В свете сказанного должно быть совершенно ясно, насколько упрощается и искажается картина семантики знаковой системы, когда на одну плоскость “сочетаемостей” и “дистрибуций” речевых (текстовых) единиц проецируются нерасчлененно результаты всех факторов, влияющих на значимости смыслов, значений, языковых знаков и речевых знаков. И то удивительное упорство, с которым очень многие лингвисты, логики, философы, семиотики стремятся свести все сведения об означаемых в знаковых системах к сведениям лишь о сочетаемости речевых X -знаков, объясняется осознанным или неосознанным бихевиористическим “материализмом”, признающим существующими лишь те явления, которые лежат на

поверхности и поэтому допускают непосредственное “ощупывание”. Ясно, что при таком подходе сущность явления не может быть вскрыта, если даже описываются эти явления в “строгих” математических символах. И наоборот, понимание сущности явления открывает пути максимально эффективного использования математических средств и представлении для углубленного изучения интересующих нас систем.

В связи с этим обратим еще раз внимание на следующее.

Структура отношений между единицами определенного уровня, например между монемами, с математической точки зрения, может быть отнесена к классу “внутренних функций”, получающихся в результате отображения единиц определенного множества на единицы этого же множества, т. е. в результате отображения множества на самого себя. Тогда значимость любого элемента в этой “внутренней функции” есть отображение данного элемента на все множество, в которое оно входит.

Но отображаться множество может не только само на себя, но и на другие множества. В этом случае мы получаем “внешнюю функцию”, т. е. структуру внешних связей и отношений, структуру *межсистемную*.

Наша схема коммуникации позволяет обнаружить такие межсистемные структуры. Например, близкой к одно-однозначной является структура ассоциаций между множеством языковых 0X -знаков (т. е. 0X -образов X -речевых знаков) и множеством узуально ассоциированных с ними 0Y -значений (одно такое ассоциативное звено, одна монема, представлено на рис. 8).

Более сложной представляется структура узуальных ассоциаций между множеством 0Y -значений и множеством узуальных 0C -смыслов, потому что, как мы увидим далее, один и тот же набор значений может быть ассоциирован с несколькими узуальными смыслами.

Ситуативно обусловленной и потому наиболее прихотливой является структура ассоциаций между множеством окказиональных C -смыслов (не имеющих даже постоянного состава своих элементов) и множеством узуальных 0C -смыслов. Эти ассоциации могут быть только окказиональными, чаще всего они вообще **уникальны**, так как окказиональный смысл в роли внутреннего денотата нередко выступает лишь в конкретной ситуации, **единственный раз за время своего эфемерного существования в виде текущего образа текущего события** (например, C -смысл и 0C -смысл на рис. 8).

Естественно, что **задача исследователя заключается в выявлении**

и описании не только структур отношений между единицами одного яруса, но и межсистемных структур. И точно так же, как во “внутренних структурах”, выделяется понятие значимости элемента в сети межсистемных, межуровневых связей. Лишь в этом случае сможем мы, например, понять, какова техника связи выражения узуального 0C -смысла через 0Y -значения и C -окказионального смысла — через узуальный 0C -смысл.

Наша схема позволяет учесть и еще одно важное обстоятельство при выявлении разнообразных видов значимости коммуникативной системы: **степень узуализованности значимости.**

Все те внутрисистемные и межсистемные ассоциации, которые узуализованы, закреплены, “проторены”, образуют *узуальные значимости*. Кроме того, поскольку в нашем представлении всем элементам коммуникативной системы, как образам, присущи интенции и потенции вступать в разнообразные виды связей, если они и неузуализованы, то мы можем исследовать и *интенциальные*, и *потенциальные значимости* знаков, значений, смыслов и т. д.

В конкретных актах коммуникации возбуждаются лишь некоторые из узуальных и ставшие интенциальными потенциальные ассоциации. Поэтому мы можем говорить об *экстенциальной значимости*. Но до того момента, как конкретные связи, узуальные или лишь окказионально актуализованные потенциальные, возбудились, они были “подогреты” предшествующими обстоятельствами, подготовлены, ориентированы на возбуждение. Следовательно, зная узуальные, очень важно иметь средства установления и окказионально возникших *интенциальных значимостей*, наиболее непосредственно влияющих на то, какими будут экстенциальные значимости в данном акте коммуникации с учетом конкретных условий ситуации общения.

Если понятие “узуальный” рассматривать как антоним к понятию “окказиональный”, т. е. “неузуальный”, то понятие “экстенциальный” объединяет любые виды реально возникших возбуждений, т. е. и узуальных, и тех из числа потенциальных, которые перешли в интенциальные, а потом и в возбужденные, но только в специфических ситуативных обстоятельствах.

Поскольку коммуникант при выборе средств выражения определенного смысла опирается прежде всего на свои представления о том, каковы образы и узуальные значимости их в ассоциативных сетях, то раздел семиотики, изучающий условия коммуникации, только исходя из учета узуальных связей, имеет право на самостоятельность. **В частности, если речь идет об исчислениях и их диаграммном использовании, то никаких других типов значимостей семиотик и**

не должен учитывать. Узуализированные связи можно задать однозначно, и сведения об индивидуальности ассоциирующих элементов становятся ненужными. Но если изучается универсальная система коммуникации и особенно, если речь идет о **построении кибернетических автоматов, общающихся на принципах, близких к принципам общения людей с помощью естественного языка**, то совершенно необходим учет не только узуализированных ассоциаций, но и интенций и потенций ассоциирующих единиц. Следовательно, в этом случае мы можем рассматривать каждый **компонент коммуникативных дуг как пучок "чистых отношений"**, необходим учет внутренних свойств каждого ассоциирующего образа, учет специфики субстанции коммуникативной системы. **И если мы хотим представить хотя бы грубую модель такой системы, мы не можем обойтись без элементов рефлексивной алгебры, позволяющей оценивать потенции и интенции партнера в каждом акте коммуникативного взаимодействия.**

Только при детализированном представлении о видах означаемых и видах значимостей, рассматривая как внутрисистемные, так и межсистемные сети отношений и ассоциаций, мы можем найти ответы на многие дискуссионные вопросы о природе **многозначности, синонимии, переноса значений и т. д.** Кроме того, учитывая многообразие типов значимостей, можно рассмотреть проблему соотношений не только между узуальными и окказиональными значимостями, но и между **статическими и динамическими характеристиками структур**, возникающих в коммуникативных системах, и увидеть истоки новейших так называемых деятельностных концепций в семиотике и лингвистике, сопоставить их с концепциями системного подхода, "классического" синхронного структурализма и "традиционного" субстанциализма.

4.3. Отношение языка как коммуникативного механизма к сознанию как инструменту познания и прогнозирования

Значения как специфические коммуникативные абстракции

Рассмотренные схемы выработки формально-логических и сущностных абстракций, формирования образов для опознания знаков и признаков, осуществления предзнаковой и знаковой коммуникации, опознавательной и познавательной деятельности дает нам теперь

возможность более четко **сформулировать специфику отношения между языком и сознанием, языком и речью и т. д. Все это необходимо для оценки степени реализуемости прогнозирующих и коммуникативных операций в кибернетических автоматах.**

Как было показано, разбиение образов реальных единичных объектов в памяти интерпретатора, т. е. **разбиение конкретных образов на определенные классы**, осуществляется по принципу **функциональной эквивалентности этих объектов быть средством достижения определенных типовых целей субъекта, как утилитарных, так и познавательных.** Следовательно, каждый вид типовой деятельности субъекта, направленный на достижение типовой цели, приводит к особому способу распределения конкретных образов объектов внешней среды и соответственно - **к выработке особого набора формально-логических или сущностных абстрактных образов, “олицетворяющих” класс конкретных при каждом из видов распределения.** Естественно, что возможны и такие виды деятельности, которые приводят к включению в один класс образов конкретных и абстрактных, сформированных при иных видах типовой деятельности. **Без функционального разбиения образов на классы и без выработки абстракций не может протекать типовая мыслительная деятельность по прогнозированию результатов в типовых ситуациях.**

Как следует из простейшей схемы знаковой коммуникации, **внутренний 0X -знак как образ внешнего X-знака**, если он на том или ином основании способен вступать в ассоциацию с другими образами, **способен играть по отношению к ним роль знака.** Если эти другие образы являются социологизированными абстрактными представителями классов более конкретных образов, то с окказиональными представителями своих классов абстрактные образы легко вступают в ассоциацию по **сходству.**

Если учесть сказанное, то станет ясно, что и без значения как специфического вида абстракций возможна знаковая коммуникация, когда в роли внутренних денотатов выступают абстрактные либо конкретные образы, лишь бы абстрактные образы имели узальную или окказиональную ассоциацию с 0X -образом знака.

Так, цепь $!{}^0C_a - !!pp - !{}^0X_a - !!X - !!X''_6 - !!xx - !{}^0X''_6--!!pp-!{}^0C''_6$ отражает случай, когда между абстрактным изогенным 0C -образом и абстрактным 0X -образом X-знака в памяти коммуникантов *a* и *b* обнаруживается окказиональная ассоциация по *p*-сходству, в результате чего X-знак оказывается знаком для внутреннего 0C -денотата. Аналогично X-знак может обслужить некоторый

абстрактный 0E -образ, если найдется е-основание для ассоциации между 0E -образом как внутренним денотатом и 0X -образом как внутренним знаком. Но так как любая **абстрактная единица, являясь носителем общих черт группы конкретных единиц, легко вступает в ассоциацию по сходству с любым конкретным окказиональным представителем “своего” класса**, то любой окказиональный образ через посредничество своего абстрактного “олицетворителя” (например, C -образ через посредничество абстрактного узуального 0C -образа) также может стать **внутренним денотатом в актах коммуникации**. Поэтому может показаться, что наличие специализированных абстракций, если 0C -образ может вступить в ассоциацию с 0X -образом знака, снова вроде бы излишне:

$!C''_a - !cc - !{}^0C''_a - !pp - !{}^0X''_a - !X - !X''_6 - !xx - !{}^0X''_6 - !pp - !{}^0C''_6 - !cc - !C''_6$.

Даже более того, часто вступающие в ассоциацию с 0X -образом абстрактные образы могут при этом вступать с 0X -образом в ассоциацию не только окказионально по сходству, но и узуально по смежности и тогда процесс подбора знака для конкретного окказионального образа существенно упрощается.

Казалось бы, проблема универсальной коммуникации с помощью ограниченного числа знаков при этом разрешается полностью. Действительно, если бы каждый абстрактный смысл был ассоциирован по смежности с образом определенного знака, то при таком наборе знаков непосредственно мог бы быть обозначен любой абстрактный смысл, а через посредничество абстрактных - любой конкретный смысл. Однако дело обстоит не так просто. Если учесть многообразие видов типовой деятельности, каждый из которых приводит к особому разбиению образов на классы и к выработке особых абстракций, и если вспомнить о существовании многоступенчатого абстрагирования, приводящего к возникновению обобщенных образов различных уровней абстрактности, то станет ясно, что число легко воспроизводимых и опознаваемых знаков не может быть столь большим, чтобы обслуживать все хотя бы абстрактные образы, являющиеся либо гештальтом опознания внешних объектов и ситуаций, либо гештальтом результативного поведения интерпретатора в типовых ситуациях. Следовательно, коммуникативная деятельность приводит к необходимости разбиения уже сложившихся абстрактных и конкретных образов на особые классы, удобные для осуществления именно коммуникативной деятельности. Границы этих коммуникативных классов могут иметь очень мало общего с

границами классов, сложившихся для увеличения эффективности иных, некомуникативных видов деятельности, например прогнозирующих.

Количество и, следовательно, величина коммуникативных классов определяется в первую очередь количеством образов, допускающих обратимое отражение и, следовательно, могущих выступать в роли знаков, способных быть “представителями” этих классов. **Но объект становится знаком некоторого смысла только тогда, когда его абстрактный образ как внутренний знак ассоциирован со смыслом как внутренним денотатом.** Следовательно, чтобы данный внутренний 0X -знак мог быть хотя бы косвенным знаком любого образа определенного коммуникативного класса, в том числе и абстрактного образа, необходимо, чтобы он находился в непосредственной ассоциации с абстрактным образом элементов этого класса, т. е. абстракцией как от конкретных, так и от абстрактных единиц *некоммуникативной* деятельности, которые, по-видимому, следует расценивать как *собственно мыслительные*.

Так, мы приходим к выводу, что **потребность в коммуникации является причиной разбиения абстрактных и конкретных мыслительных единиц, единиц познания, прогнозирования и активной некомуникативной деятельности на особые, коммуникативные классы, каждый из которых “лицетворен” своим абстрактным 0Y -образом этого класса, связанным непосредственно с 0X -образом знака. 0Y -образы предназначены только для осуществления актов коммуникации, но не для иных видов деятельности.**

Следовательно, языковая часть психики состоит прежде всего из закрепленных тем или иным способом в нейронах мозга (например голографически, как полагает К. Приорам совокупности 0X -образов X -знаков, ассоциированных по смежности с обобщенными, абстрактными 0Y -образами всех мыслительных образов, разбитых на коммуникативные классы, т. е. со значениями. Любой образ любого из этих Y -классов может быть обозначен с помощью знака, закрепленного за 0Y -значением этого класса, благодаря наличию ассоциации по смежности между 0X -образом X -знака с коммуникативной 0Y -абстракцией и последующей ассоциации по сходству этой коммуникативной 0Y -абстракции с тем C -образом данного Y -класса, который в конкретном акте коммуникации выступает как смысл знака, как единица “внеязыкового” “экзоглоттного мышления”.

“Жестко” ассоциированная с образом знака коммуникативная

абстракция есть тот инвариант, который сохраняется при обозначении любого смысла с помощью данного знака. Лишь эту инвариантную составляющую означаемого, представляемую данным знаком, и следует, по-видимому, интерпретировать как **значение знака**. **Двухкомпонентная ассоциация образа знака со значением, которая была названа монемой**, позволяет нам не только понять, что имел в виду Ф. де Соссюр, когда говорил о существовании “двухсторонних сущностей” как об основе языка, но и объяснить “технику обслуживания” безграничного числа смысловых единиц ограниченным числом монем.

Ограниченность числа значений и безграничность смыслов

Мы убеждаемся в том, что **язык относится к классу специализированных подсистем в системе высших форм отражения действительности**. Основными компонентами этой подсистемы являются, во-первых, **⁰X"-образы знаков** (а также ⁰x"-образы их признаков), которые на основе чисто физических взаимодействий коммуниканта с X-знаками как телесными наблюдаемыми объектами вступают в ассоциацию по сходству с окказиональными X"-образами этих X-знаков; во-вторых, **⁰Y"-значения абстрактные образы коммуникативно расчлененных классов мыслительных единиц** и, в-третьих, **абстрактные образы результативного поведения в актах коммуникации**, представляющие собой приемы и правила выбора единиц первых двух видов и связывания их в речевые последовательности (на рис. 8 эти образы программ языкового мышления и управления речевыми процессами не отражены).

Из рассмотренной схемы языка (рис. 8) следует, что **⁰X"-образ X-знака связывается с C"-смыслом через посредничество ⁰Y"-значения**, и в таком случае наличие значения у знака необходимо в любом акте коммуникации, иначе знак не будет обозначать никакого смысла. А так как **значение связывается со смыслом на основе ассоциации по у-сходству**, то одно значение, и через него - один знак, может ассоциировать с **безграничным количеством смыслов**, имеющих в себе (как в образах) **у-основание сходства**. Поэтому **смысл знака** в любом акте коммуникации величина **вариативная, окказиональная, нередко абсолютно уникальная**, представленная лишь в единственном случае употребления дачного знака в данном смысле, тогда как **значение во всех случаях инвариантно, обязательно, узально и в таком понимании — надситуативно**.

Смысл, как ясно из нашей схемы, — **единица мыслительная**, абстракция из области не коммуникативной, а собственно мыслительной, например прогнозирующей деятельности, к лингвистике она имеет лишь косвенное отношение, в первую очередь как объект, который обслуживается средствами языка в актах коммуникации, но имеет самостоятельное существование и независимые от языка функции.

Для успешного осуществления коммуникации совершенно необходимо, чтобы наборы 0X -образов X-знаков (“акустических” или “слуховых” образов по Бодуэну и по Соссюру), наборы 0Y -значений и соотнесенность этих 0X -образов знаков с 0Y -значениями в психике каждого члена коммуникативного коллектива были одинаковыми. Одинаковыми должны быть и вспомогательные команды оперирования перечисленными языковыми единицами. Иными словами, языки, как совокупности психических навыков коммуникации, у всех членов языкового коллектива должны быть одинаковы. **Но полного тождества между ними быть не может.** Это дает нам право выделять в каждом языке его **основу**, представляющую черты, тождественные у всех членов коллектива, и **периферию**, т. е. совокупность черт *индивидуального экземпляра языка*, присущих только этому экземпляру.

Для решения практических задач в автоматизированных информационных системах, в которых осуществляется переработка, анализ и поиск информации, необходимо более детально рассмотреть некоторые дополнительные аспекты языка и речи. В частности, важно проанализировать понятие *внутренняя речь*.

Языковое мышление, язык и речь

Итак, мы достаточно определенно установили различие между процессами мышления как познания и прогнозирования состояний среды, а также выбора форм результативного поведения в этой среде с помощью конкретных и абстрактных образов объектов среды и образов смены внутренних состояний индивида в его сознании, с одной стороны, и процессами коммуникации между сознаниями индивидов, с другой. Теперь должно быть очевидным, что названные механизмы мышления хотя и могут иногда быть спровоцированы актами коммуникации, однако они протекают независимо от коммуникативных процессов. Собственно *мыслительная* деятельность индивида не должна смешиваться с такой вспомогательной частной формой деятельности, как коммуникативная,

потребность в которой возникает лишь тогда, когда усложняющиеся формы функционирования адаптируемого объекта (**становящегося субъектом**) требуют развития эффективных средств *обмена индивидуальным опытом*. Этот обмен резко увеличивает возможности таких индивидов, превращая их в *социальных* субъектов, но, тем не менее, нет никаких оснований видеть в названных собственно мыслительных процессах проявление либо **языка**, либо **речи**. Обратное неверно: **коммуникативная деятельность не может протекать в отрыве от мыслительной**. Действительно, поскольку **смысл связан со знаком благодаря ассоциации по сходству со значением этого знака**, то для выявления этого сходства (степень которого может быть различной в различных обстоятельствах, так как смыслы могут быть совершенно уникальными), уже нельзя обойтись без **мыслительных операций опознания, сравнения, отождествления, взвешивания степени “похожести” смысла и значения**. Следовательно, если собственно мыслительные процессы, направленные, например, на прогнозирование состояний внешней среды, не нуждаются в участии коммуникативных процессов, то коммуникативные процессы включают в себя ряд собственно *мыслительных*, т. е. нестандартных, ситуативно не повторяемых и поэтому не находящихся отражения в “заранее заготовленных” единицах коммуникативного механизма, т. е. языка. Эти *вспомогательные* нестандартные мыслительные операции, сопровождающие собственно коммуникативные процессы, и можно было бы назвать “внутренней речью”, но сам термин едва ли следует считать удачным, поскольку в основе отличий процессов “внутренней речи” и функционирования языка лежит снова противопоставление мыслительного коммуникативному, тогда как при любом его толковании термин “речь” предназначен для характеристики именно коммуникативных процессов. Представляется более соответствующим существу дела термин Бодуэна де Куртенэ *языковое мышление* как указывающий на протекание мыслительных как узуальных коммуникативных, так и творческих процессов, дополняющих стандартизованные, узуализированные и социологизированные собственно коммуникативные языковые процессы.

Переход от замысла, т. е. того *актуального смысла*, который требует знакового выражения, к последовательности знаков речевой потока “включает” механизмы и творческого языкового мышления и все то, что в процессах связывания смыслов со значениями знаков может быть достигнуто стандартизованными способами, осуществляется языком как автоматическим порождающим

механизмом. Следовательно, и до начала коммуникации, и в процессе коммуникации мы имеем дело прежде всего с языком в его статике и динамике, который выполняет роль связующего объекта между актуальными (окациональными или узуальными) смыслами как единицами мыслительного содержания и языковыми знаками этих единиц через посредство значений как специализированных коммуникативных абстракций. **Поэтому язык в прямом наблюдении, как и другие психические единицы, не дан ни говорящему, ни слушающему. Он является объектом, физически формирующимся в психике, и в этом отношении - идеальным.**

Но после того, как под влиянием названных связей язык включается во взаимодействие с органами артикуляции и средой, и с их помощью говорящий воспроизводит X-знаки, приказ об “изготовлении” которых поступает со стороны ⁰X"-образов этих X-знаков, появляется качественно новый физический объект — **последовательность внешних физических X-знаков, порожденных языком.** Вот собственно этот качественно новый объект и следует называть *речью* или *речевым потоком*. Из того факта, что речь “течет”, может сложиться впечатление, что речь в принципе динамична, а язык, по контрасту, — только статичен. Но это впечатление обманчиво. **Язык статичен до акта коммуникации и динамичен во время акта коммуникации. Речь тоже динамична в акте коммуникации, но если мы ее зафиксируем, например, на электронный носитель или в виде буквенного текста, то и она превращается в статический объект.** Язык динамичен и в процессе его формирования в психике индивида, например ребенка, осваивающего через речевое общение язык окружающих. В этом случае можно считать, что мы имеем дело с формированием и адаптацией индивидуального *экземпляра языка*, с его *онтогенезом* и, в частности, *эмбриогенезом*.

Но, являясь объектом, возникшим для осуществления определенных функций в над-надсистеме, язык динамичен и в плане *филогенеза*, в плане перестройки состава знаков, набора значений и грамматики сочетаний всех этих единиц, так как и условия функционирования языка, и набор его функций в над-надсистеме не остаются одинаковыми, и в языке хотя и медленно, но постоянно протекают процессы адаптации, приводящие к эволюции языка.

Категории языковой формы, субстанции и материала

Уже нетрудно заметить, что к рассматриваемой схеме (рис.8) приложимы уточненные выше общесистемные категории “материала”,

“субстанции” и “формы” как в плане **выражения**, т. е. знаков и их образов, так и в плане **содержания**, т. е. **значений и смыслов**. Наиболее последовательно такое деление в отношении единиц коммуникативной дуги проводится в работах одного из основоположников так называемом копенгагенской лингвистической школы Лун Ельмслева. “Акустический образ” в схеме Соссюра, т. е. 0X -языковой знак в нашей схеме — это “форма выражения” по Ельмслеву. Поле артикуляционных возможностей и та звуковая среда, в которой возникают артикулированные X-речевые знаки — это “материал выражения”. “Форма выражения”, т. е. акустический 0X -образ, представляющий собой совокупность зафиксированных в психике команд артикуляции, навязывает “материалу выражения” особенности своей структуры, в результате чего появляется единица “сформированного материала”, т. е. единица “субстанции выражения” — произнесенный X-речевой знак. Эта “субстанция выражения” и есть “речевой сигнал” по Соссюру.

Есть ли при таком истолковании какое-либо отличие предлагаемой схемы от схемы Соссюра и Ельмслева?

Соссюр и Ельмслев исходят из *полной аморфности* “материала выражения”, а в нашей схеме учитывается, что “материал выражения” — лишь *относительно аморфен*, *относительно податлив при воздействии на него “формы выражения”*, и поэтому сама “форма выражения” не может не нести на себе и некоторых “отпечатков” свойств “материала выражения”, его “сопротивления” формирующему воздействию на него структуры. Таким образом, в концепциях Соссюра и Ельмслева, может быть, и неосознанно проводятся идеи Фомы Аквинского о примате формы над материей, тогда как в нашей схеме конкретизируются положения материалистической диалектики о **взаимовлиянии формы и субстанции, о материальности формы и невозможности существования абсолютно аморфного материала**.

Говоря о форме, Ельмслев, абсолютизируя тезис Соссюра о примате значимости над значением, всеми силами стремился свести различия форм к отличиям “функций”, т. е. фактически — значимостей. Следовательно, только в потоке единиц “субстанции выражения”, т. е. в схеме соотнесенности единиц речевого потока друг другу, можно, по Ельмслеvu, обнаружить тождество характеристик единиц уровня “формы выражения” и единиц уровня “субстанции выражениям”.

В рассматриваемой схеме, как и в схеме Соссюра, изолированная единица уровня “формы выражения” (0X -знак) уже имеет внутреннюю структуру, и эта структура, с той или иной степенью точности,

“отчеканивается” на куске “материала выражения”, превращая его в единицу уровня “субстанции выражения”, т. е. в речевой X-знак.

Следовательно, предлагаемая схема но существу тождественна представлениям Бодуэна де Куртенэ, у которого для описания “формы выражения”, т. е. для ⁰X-знаков, навязываемой “материалу выражения”, в процессе “изготовления” единиц “субстанции выражения” (введены даже специальные понятия: “кинакемы”, чего, в принципе, не может быть в схеме Ельмслева.

Уровни “формы”, “материала” и “субстанции” “плана содержания” также представлены и нашей схеме.

Признание возможности *неформального* мышления, т. е. мышления с помощью единиц, не связанных непосредственно с языковыми знаками, дает основание говорить о том, что именно невербальное мышление представляет и в нашей схеме, и в схеме Соссюра, и в схеме Ельмслева уровень “материала содержания”. Отличие нашей схемы, развивающей идеи Бодуэна де Куртенэ, снова заключается в том, что и по отношению к языковым единицам единицы мысли лишь относительно аморфны, ибо даже на самом абстрактном уровне они остаются образами и, следовательно, “заимствуются из физического мира и из мира социального”, т. е. “формируются” в той или иной мере свойствами денотатов и теми аспектами их рассмотрения, которые определяются типовыми функциями субъектов, а не только единицами уровня “формы содержания” — единицами уже собственно языкового мышления, единицами, роль которых существенна только в коммуникации.

Естественно, что при таком понимании свойств “материала содержания” мы снова приходим к выводу о существовании воздействий не только “формы содержания” на “материал содержания”, но и “материала содержания” на “форму содержания”. Этот вывод непосредственно обосновывается той схемой формирования абстракций, представляющих тесную ассоциацию с “акустическим образом”, которая была уже нами рассмотрена.

Итак, в схеме Соссюра “форма содержания”— это то “понятие”, которое представляет “означаемое” как “вторую сторону” двустороннего “языкового знака” (или “монемы” и предлагаемой схеме). В схеме Ельмслева “форма содержания” является лишь “функцией”, значимостью, пучком отношений с другими единицами уровня “формы содержания”. В схеме Соссюра речь идет и о значимости, и о значении “означаемого”.

В рассматриваемой схеме “форма содержания”—это значение, имеющее внутреннюю структуру и в изолированном состоянии, хотя формировалась эта 0Y -структура не без влияния особенностей отношений со структурами других значений, причем, являясь абстракцией, значение, как и любые другие абстракции, не может не нести на себе черт, отражающих свойства *внешней* среды. Естественно, что тот “кусочек” “материала содержания”, на который “проецируется” “форма содержания” в акте коммуникации, и есть единица “субстанции содержания”, т. е. **актуальный “окказиональный или узуальный” смысл** в нашей схеме, например, E''_o , C''_o , C''_o .

В схеме Соссюра и Ельмслева механизм выбора означаемого “куска” “смутной идеи”, т. е. того “места” на “аморфной поверхности” “уровня материала содержания”, на которое “проецируется” конкретная единица “формы содержания”, не раскрыт и принципиально раскрыт быть не может. **В предлагаемой же схеме, поскольку в ней “мыслительная масса” не абсолютно аморфна, а представлена конкретными и абстрактными образами как неоязыковленными мыслительными единицами, например, E''_k , C''_k , C''_p , а “форма содержания” (0Y) и вне отношений с другими формами остается носителем образа класса представляемых ею денотатов, имеются основания для избирательного “тяготения” по сходству определенного “куска” “материала содержания” к “форме содержания” в процессе превращения этого “куска” в “субстанцию содержания” (в оязыковленную, окказионально или узуально, мыслительную единицу). Поэтому любая “неопорная” мыслительная единица (не имеющая прямой, узуальной связи с “формой выражения”, т. е. с 0X -языковым знаком) через посредничество “мыслительных” неязыковых операций выявления связей рано или поздно оказывается связанной с наиболее близкой понятийной единицей, входящей в число значений и, следовательно, с соответствующим языковым знаком, который даст “команду” на формирование “материала выражения” в “субстанцию выражения”, т. е. в “речевой знак”.**

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что наша схема соотношения речевых, языковых и мыслительных единиц не просто не противоречит системе лингвистических и семиотических понятий Ельмслева и Соссюра, но *уточняет* эти понятия, “уравновешивая” роль формы и субстанции в языковой системе, структуры и функции. А это уравновешивание позволяет понять, как протекает “в некотором

роде таинственное явление” связывания языковых единиц (т. е. **значений и ассоциированных с ними образов знаков**) с элементами “аморфной” (по Соссюру и Ельмслеу) мысли, т. е. **со смыслами** (в нашей терминологии) или, иначе, как осуществляется “стыковка” значений со смыслами, особенно с окказиональными.

В лингвистической литературе, обычно широко цитирующей Соссюра, речь, как правило, идет о связи образа знака со значением, и эта связь узуально закреплена, так что монема представляет собой отношение между “означающим” (образом знака) и “означаемым” (значением). Но так как при этом не подчеркивается образная природа значения, то остается незамеченной способность значения вступать со смыслами (поскольку они - тоже образны) в окказиональную ассоциацию по сходству и служить, благодаря наличию сходства, *намеком* на смыслы. Иными словами, **в нашей схеме показано, что кроме отношения “означения” между означающим (образом знака) и означаемым (значением) в актах универсальной коммуникации принципиальную роль играет еще один вид отношения — отношение намекания.** При этом смыслы, как правило, являются “намекаемыми” в коммуникативной цепи, а значения, по своему происхождению и по функции, специализированы быть “намекающим”, т. е. средством образного *намекания* на смысл или *напоминания* смысла. Отсутствие этого звена “стыковки” за счет отношения намекания и не позволяет с помощью семиологических понятий Соссюра и Ельмслева объяснить самое главное в каждом акте коммуникации: основания выбора (из ограниченного состава знаков) такого знака, по которому тот, кто воспринимает этот знак, может догадаться, какой окказиональный смысл представлен этим знаком в данном акте речи, на что знак намекает.

Двойственная функция узуальных смыслов

Требования удобства подбора значений к компонентам и участкам “материала содержания”, т. е. к “кускам” мысли, которые нужно выразить с помощью языковых и через языковые — речевых знаков, приводят к тому, что для мыслительных единиц, наиболее часто выступающих в роли смыслов, рано или поздно в языковом коллективе нащупываются самые удачные варианты намеков, т. е. ассоциации этих смыслов по сходству со значениями. Эти удачные ассоциации имеют тенденцию к наиболее частому употреблению, а это ведет, как уже было показано, к их закреплению и к превращению их унификации у всех членов языкового коллектива в легко воспроизводимые и

опознаваемые ассоциации по смежности. Такие смыслы, будучи вначале “обычными” окказиональными, превращаются в *узуальные*, до и вне актов речи связанные с вполне определенными значениями и, следовательно, с языковыми знаками. **Поэтому сходство значений с устойчивыми смыслами превращается из средства намекания в средство напоминания.** Узуальные смыслы оказываются, таким образом, **носителями двойственной функции.** Во-первых, поскольку они являются единицами “субстанции содержания” как “языковленной” части материала содержания, они используются для **собственно мыслительной деятельности**, направленной на решение тех специфических мыслительных задач, для которых эти узуальные смыслы сформировались. Но так как они уже “языковлены” и поэтому через свою узуальную ассоциацию со значениями имеют вне актов коммуникации связь с вполне определенными языковыми знаками, то в актах коммуникации они не только “пользуются” узуальными ассоциациями для своего “личного” выражения, но и “помогают” быть выраженными тем окказиональным смыслом, которые не имеют узуальной связи со значениями. Эта “помощь” заключается в том, что окказиональный смысл, например, S''_c или S''_o на рис. 8, если для него не находится очевидная ассоциация с определенным языковым знаком или со значением, может использовать тот или иной узуальный смысл (например, $^0S''$) в качестве *посредника* для подключения к тому языковому знаку, который связан с узуальным этим смыслом через его значение.

Если вспомнить, что узуальным для языкового коллектива может быть лишь то, что максимально тождественно в сознании большинства его членов, то станет ясной следующая черта, присущая основной массе узуальных смыслов: **они должны быть по своей природе представителями наиболее абстрактных мыслительных единиц.** А поскольку абстракции, в соответствии с рассматриваемой схемой, формируются в связи с необходимостью выработки обобщенных образов, экстрагированных из класса конкретных образов денотатов, функционально эквивалентных для определенного вида деятельности, то естественно, что узуальные смыслы, как уже было показано, легче всего вступают в окказиональные ассоциации по сходству с конкретными образами “олицетворяемого” ими класса. Следовательно, когда в качестве *актуального* содержания языкового знака выступает сам узуальный смысл, этот знак становится выразителем *видовой* социальной семантики, а когда узуальный смысл, например, $^0S''$ выступает в роли посредника и помогает языковому знаку вступить в ассоциацию с окказиональным смыслом, являющимся одним из

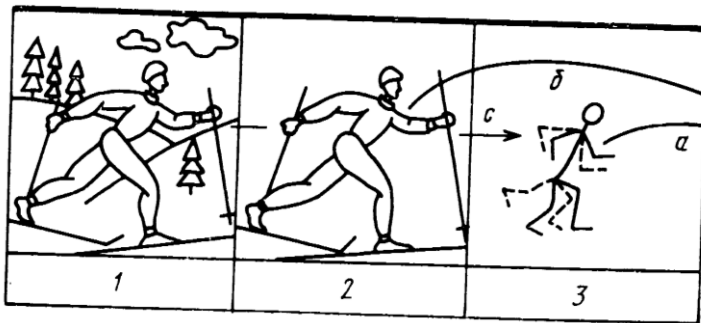
конкретных образов, которых “олицетворен” абстрактным узуальным смыслом, например, с ⁰С"-образом, то этот ⁰Х"-языковой знак становится в акте коммуникации означающим для *индивидуальной* семантики, но через еще одно промежуточное звено намекания.

Нетрудно заметить, что в этой картине по существу показано отличие содержания “нарицательных” знаков, когда они используются “в словарном значении”, т. е. в узуальном смысле, внеконтекстно, и в “контекстном”, “ситуативном значении”, т. е. в конкретном окказиональном смысле, соотношенном с компонентом реально протекающей или воображаемой ситуации.

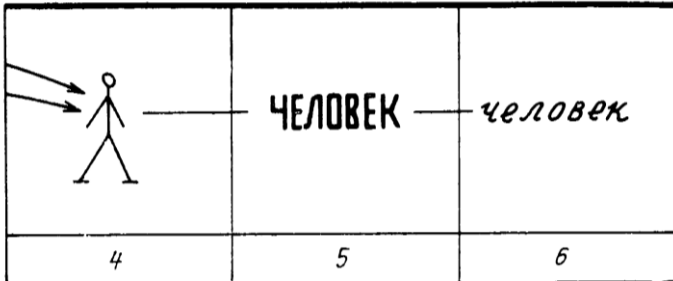
В приведенной ниже таблице для пояснения сказанного приведены последовательные этапы перехода от реального внешнего объекта— денотата (1) через его непосредственное отражение в сознании говорящего, т. е. через конкретный “индивидуальный” окказиональный смысл (2), к обобщенному, т. е. абстрактному узуальному “видовому” смыслу (3), имеющему прямую ассоциацию (а) с коммуникативной абстракцией, т. е. со значением (4), входящим в монему, второй стороной которой является языковой знак (5), дающий команду на воспроизведение речевого знака (6).

Таблица

Последовательность звеньев коммуникативной дуги от денотата до его речевого знака в акте коммуникации



<p>Внешний наблюдаемый, например, человек.</p>	<p>Конкретная мыслительная единица — конкретный образ реально наблюдаемого (или воображаемого) объекта, например, бегущего человека.</p>	<p>Абстрактная мыслительная единица—обобщенный в результате предшествующего опыта образ класса конкретных мыслительных единиц, например, обобщенный образ бегущего человека.</p>
<p>Уровень денотатов</p>	<p>Уровень конкретных смыслов</p>	<p>Уровень абстрактных смыслов</p>
<p>Физические некоммуникативные единицы</p>		<p>Психические некоммуникативные единицы (смыслы)</p>



<p>Коммуникативная абстрактная мыслительная единица. например, обобщенный образ коммуникативно значимых черт мыслительных образов человека.</p>	<p>Обобщенный (абстрактный) образ коммуникативно значимых команд и воспроизведения опознания единиц речевого потока, например, звучание "человек".</p>	<p>Конкретные воспроизведенные опознаваемые единицы речевого потока, имеющие, например, звучание "человек".</p>
---	--	---

Уровень значений (семем)	Уровень языковых знаков (морфем)	Уровень речевых знаков
Психические коммуникативные (языковые) единицы (монемы)		Физические коммуникативные (речевые) единицы

При этом сделано одно упрощение: языковой знак считается неделимым на компоненты, имеющие самостоятельные значения, т. е. представляет собой форму выражения единственной монемы. Такое положение весьма типично, например, для китайского языка, но почти нехарактерно для русского. Следовательно, в общем случае необходимо рассмотреть и многомонемные языковые знаки.

Хотя узуальные смыслы входят в число абстрактных мыслительных единиц и поэтому представляют собой лишь обобщенные, экстрагированные, “выхолощенные” образы того общего, что присуще целому классу более конкретных и полных функционально эквивалентных образов, представляемых абстракцией, тем не менее и абстрактный образ содержит в себе немалое число черт, отличающих его от других абстракций. Поэтому, чтобы для членов языкового коллектива была ясна связь используемых речевых знаков с определенными абстрактными узуальными смыслами, может возникнуть необходимость намекнуть в выражаемом узуальном смысле, с помощью значений, на несколько его компонентов. Иными словами, **для обозначения единственного узуального смысла может потребоваться несколько монем**. Если в определенных условиях некоторая цепочка монем регулярно используется членами языкового коллектива и поэтому в коммуникативных актах лишь воспроизводится, то соответствующая цепочка языковых и речевых знаков должна быть названа сложным знаком (языковым или речевым). К числу сложных знаков относится и такая, например, языковая единица, как слово.

Поскольку каждый знак сложного знака, в частности слова, имеет форму **содержания, т. е. значения**, то совокупность значений членов сложного знака образует *сложное значение*, например значение слова, распадающееся на значение монем, объединенных в этом слове. Эти значения могут ассоциироваться с “кусками смысла”, например абстрактного, в частности, узуального. **Этот смысл, по определению, является целостным образом**. Но чтобы по совокупности значений опознать ассоциацию именно с данным смыслом, совсем не обязательно, чтобы все без исключения его компоненты были

представлены отдельным значением, подобно тому, как целостная картина воспроизводится кусочками мозаики. Достаточно, чтобы через значение были выражены наиболее броские намекающие детали смысла (т. е. то “**ядро понятия**”, которое Б. А. Серебрянников считает **значением**), остальные же его детали могут быть дополнены воображением и ситуативной очевидностью. Поэтому сложное значение, например значение слова, образует лишь некоторое рыхлое соединение намеков на абстрактный, например узуальный, смысл слова.

Соответственно и наоборот, после того как сформировалось, узуализировалось сложное значение, оно в свою очередь может служить намеком на многие различные смыслы, лишь бы в каждом из них содержался некоторый минимум компонентов, которые способны ассоциировать по сходству с компонентами сложного значения. В частности, любое значение и, тем более, сложное может вступать в узуальную ассоциацию с несколькими смыслами. В связи с этим удастся дать достаточно строгое определение таким **языковым лексикологическим категориям, как полисемия, синонимия, омонимия, антонимия** и т. д. Например, если пара узуальных смыслов представлена через сложное значение одного и того же слова и в контексте эти узуальные смыслы противопоставляются так, что мы имеем дело с тождеством формы используемых знаков, близостью (в данном случае — даже **тождеством**) значений этих знаков и с противопоставленностью смыслов, то такое соотношение **трех дискретных бинарных параметров** служит определением для понятия *полисемия*. Примером полисемии является такая пара: “подъем” в смысле “деталь рельефа местности” и “подъем” в смысле “процесса въезда на возвышенность”. А в паре “подъем — восхождение” противопоставление смыслов дополняется нетождеством формы при близости значений, и такое соотношение трех рассматриваемых бинарных параметров служит определяющей чертой понятия синонимии. Всего в этом случае удастся выделить и систематизировать $2^3=8$ лексикологических категорий. Результаты этой классификации так называемых синсемических отношений удобно представить в виде **булева куба**, рис. 9.

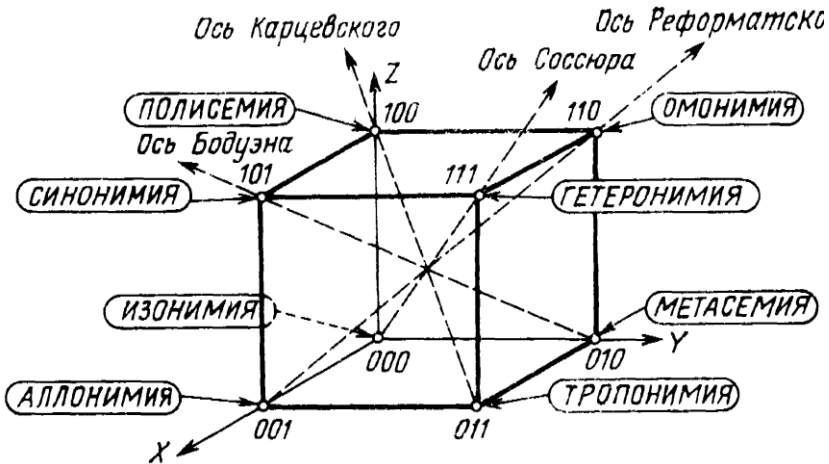


Рис. 9.

Синсемический куб — трехмерная модель типов отношений между формой, значением и смыслом языковых знаков. Ось X: тождество (0) — различие (1) формы — “изоморфия — гетероморфия”; ось Y: подобие (0) — различие (1) значений — “омосемия — гетеросемия”; ось Z: отождествление (0) — противопоставление (1) смыслов — “синтезия — антитезия”. (Порядок следования координат: X, Y, Z.)

В традиционных лингвистических терминах, не различающих значения и смысла языковых и речевых единиц, не удастся описать природу перечисленных семиотических категорий и поэтому вопрос о принципах их разграничения остается дискуссионным на протяжении веков (а точнее — со времен античной философии). В то же время, очевидно, что **построение кибернетических автоматов для содержательного человеко-машинного общения невозможно без ясного представления о том, в каких типах внешних и внутренних отношений находятся используемые знаки.**

Таким образом, из нашей схемы окказиональных коммуникативных систем мы смогли вывести возможность существования сложных, “сросшихся” знаков, воспроизводимых в актах коммуникации как самостоятельные единицы со сложным значением. Однако ясно, что поскольку существует безграничное количество смыслов, то какое бы

количество “заготовленных”, т. е. узуальных, не только простых, но и сложных знаков ни содержалось в коммуникативной системе, например в естественном языке, некоторые узуальные или окказиональные смыслы понадобятся выразить с помощью окказионально подобранной группы узуальных знаков. В этом случае в коммуникативной системе должны существовать и использоваться правила формирования таких групп, хотя бы для самых типичных случаев. Анализ этих случаев позволяет нам внести уточнения уже не просто в семиотические, а собственно языковые категории: синтаксические и морфологические. Обычный лингвистический подход, не опирающийся на используемые нами представления о соотношении языка и мысли для решения таких задач, недостаточен.

4.4. Категории синтаксиса и морфологии естественного языка и иных окказиональных коммуникативных систем

Когноминативные синтаксические значения и смыслы

Используемая нами схема формирования коммуникативных и мыслительных единиц и взаимосвязей между ними позволяет рассматривать естественный язык как одну из реализации принципов содержательного общения и поэтому **переносить выводы о природе языковых категорий на кибернетические окказиональные коммуникативные системы.**

Весьма часто семантика языковых единиц, называемых синтаксическими, трактуется как способность этих единиц обозначать отношения между компонентами содержания, обозначенными “лексическими”, “номинативными”, “материальными”, “полнозначными” единицами языка. В такой трактовке кроется опасность серьезных недоразумений. Поэтому обратим внимание на следующее.

Как и денотаты, **конкретные и абстрактные образы этих денотатов могут вступать в объединения, превращаясь в единицы более высокого уровня.** Одной из характерных черт этих укрупненных единиц является **сеть (структура) связей и отношений между составляющими.** А поскольку и укрупненные образы могут выступать в роли смыслов как отражений денотатов, то в число черт, на основании которых производится коммуникативная классификация образов, могут входить и **структуры связей и отношений компонентов сложных образов.** Следовательно, коммуникативная

абстракция, превращаясь в значение, как одну из сторон монемы, может быть абстракцией не только броских черт каждого из образов некоторой совокупности, но и абстракцией броских особенностей *способов связи* компонентов сложных образов.

Однако, поскольку и укрупненные, и неукрупненные образы остаются в акте коммуникации самостоятельными представителями определенных коммуникативных классов, коммуникативная роль абстракций, олицетворяющих общие черты, присущие каждому представителю в границах того или иного класса, также остается неизменной. Поэтому обе рассмотренные разновидности значений отличаются друг от друга лишь **уровнем сложности денотатов**, в коммуникативном же отношении (и, следовательно, в языковом) эти два вида значений и соответственно два вида монем и морфем тождественны и представляют собой одну категорию значений, которую можно назвать знаменательной, или *номинативной*.

Чем более детально желательно воспроизвести образ смысла в сознании слушателя, тем меньше шансов у говорящего подобрать такое единственное значение, восприняв которое слушающий сможет пользоваться им как намеком на смысл со всеми деталями, подразумевавшимися говорящим. В подобных случаях, как мы уже видели, необходимо выбрать в называемом смысле **не один, а несколько компонентов или фрагментов и для каждого из них подобрать отдельную наиболее подходящую номинативную монему**. Тогда слушающий воспримет (через опознанные значения) намеки на несколько характерных узлов называемого смысла и сможет воссоздать в своем сознании образ, более полно соответствующий тому сложному смыслу, который *подразумевался* говорящим. Иными словами, в этом случае **смысл окажется представленным с помощью сложного знака, состоящего из нескольких знаменательных номинативных монем**.

Однако, если учесть, что многомонемная номинация может соответствовать своему назначению лишь при условии, что слушающий не только правильно опознал все перечисленные номинативные значения, но и правильно соотнес роли этих значений, как средств намека на фрагменты единого целостного смысла, то, воспринимая монему с таким сложным многокомпонентным значением, слушающий должен правильно понять *актуальную значимость* каждого значения в любом конкретном акте многомонемной номинации, понять место этого значения в своеобразной структуре коммуникативных отношений употребленных монем. Следовательно, в процессе коммуникации может возникнуть

потребность так или иначе помочь слушающему правильно понять эти особые, внешние, по отношению к называемому смыслу, характеристики монем как членов единого целого многомонемного имени, в котором каждая монема имеет свою долю номинативной функции, является *когноминантом*, т. е. **соименователем заданного смысла**. Так, сами когноминативные отношения монем (к числу которых должны быть отнесены, например, определительные отношения) могут стать объектом номинации, замыслом говорящего, т. е. особой разновидностью смысла, который можно назвать *когноминативным синтаксическим смыслом*.

Представляя собой структуру определенных отношений и значимостей монем-когноминантов, **когноминативный синтаксический смысл**, как и любой другой, имеет **образную структурную природу**. Поэтому для языкового выражения когноминативного синтаксического смысла всегда можно воспользоваться подобием между образом когноминативных структур и значимостей использованных номинативных монем и значений какой-либо иной знаменательной, номинативной монемы для того, чтобы назвать соответствующие когноминативные синтаксические характеристики любой монемы или их когноминативной совокупности с помощью морфемы со знаменательным значением. В этом случае **языковой знак остается представителем номинативного значения**, но уподобленного для указания на когноминативный (например, определительный) *синтаксический смысл*. Поэтому можно сказать, что коммуникативные *амплуа* монемы могут иногда не совпадать с ее коммуникативной *ролью*.

Если некоторые типовые когноминативные синтаксические образы экстрагируются из большого числа конкретных многомонемных номинаций и, превратившись в самостоятельные абстрактные образы, вступают в узуальную ассоциацию со специализированными языковыми знаками, то лишь в таком языке появятся когноминативные синтаксические монемы со своими означаемыми *когноминативными синтаксическими значениями* и со своими означаемыми *формальными синтаксическими когноминативными морфемами*, т. е. с морфемами, имеющими *синтаксические амплуа*, а не только роли. Таким амплуа может быть, например, указание на то, что один сложный языковой знак употреблен атрибутивно, т. е. как **уточнение, определение другого знака**.

Сообщение, предикативный смысл и предикативное значение

Хотя сложный вид номинации с использованием монем, включающих несколько монем-соименователей для выражения сложных смыслов, приводит к возникновению особого синтаксического смысла - **когноминативного**, в конечном счете он направлен на осуществление того же коммуникативного акта, который осуществляется и при помощи одномонемного знака, если он достаточен для названия смысла. Следовательно, **синтаксически выраженная атрибуция (т. е. определение)** остается разновидностью номинации и отличается от обозначения иного по природе отношения между смысловыми единицами от *предикации*. Без уточнения сущности этого явления нельзя быть уверенным в практической полезности онтологической схемы отношения языка и мышления и нельзя понять, что такое предложение, хотя совершенно ясно, что без **предложения** как выразителя “отдельной законченной мысли” **не может быть содержательного общения ни между людьми, ни между автоматами.**

Если все мышление и конкретное, и абстрактное - образно, то под **предикацией** предлагается понимать **минимальный акт познания**, сводящийся к формированию некоторого нового образа, который представляется человеку как уточненный вариант определенного уже существовавшего образа, т. е. ранее установленного знания. Если этот акт познания стимулирован другим человеком с помощью языка, то **отрезок речевого потока**, приводящий к такому результату, называется “**сообщением**” (но **не предложением**). **Сообщение**, как правило, включает два основных компонента: **тему и ремю**, которые выявляются по характеру выражаемого ими смысла в зависимости от того, что говорящий считает новым для слушателя (т. е. **имеющим для слушающего в качестве смысла новый, точнее - обновленный образ**), а что только указанием, к чему это новое относится (т. е. **имеющим в качестве смысла старый образ**). Следовательно, с позиций излагаемой концепции механизма мыслительной деятельности **элементарный мыслительный акт познания** может быть охарактеризован как **акт смены образа реального или воображаемого денотата более точным, по мнению познающего, образом этого денотата**, а коммуникативный акт, направленный не на простую номинацию, а на языковую передачу элемента знания говорящего слушающему, т. е. коммуникативный акт, стимулирующий предикацию, сводится в конечном счете к номинации образа соответствующего денотата в том виде, в каком он уже был известен слушающему ранее, и к последующему возбуждению *уточненного* образа этого денотата в

сознании слушающего. Можно сказать также, что тема сообщения называет *исходное знание* слушающего, а рема так или иначе обеспечивает *обновление* этого *знания*.

Способов **языкового формирования нового образа, т. е. смысла ремы, на основании исходного, т. е. названного смысла темы, в принципе, может существовать очень много.** В частном случае для номинации нового образа может понадобиться номинация старого с указанным на те черты, которыми новым образ отличается от старого.

Так, мы видим, что сообщение, включающее в себя, как правило, два сложных знака для номинации темы и ремы, должно отразить особый вид целостности образа, формируемого с помощью этих двух номинаций — **целостности, отражающей факт превращения одного образа в другой**, т. е. целостности, представляющей нечто вроде трансфокального образа эволюции определенного фрагмента знания.

По последовательность монем, использованная в двух таких номинациях для выражения одного акта предикации, может оказаться такой, что для увеличения гарантии правильного понимания слушающим замысла говорящего последнему потребуются пояснения, какие монемы являются **компонентами темы, а какие — ремы**, т. е. какова *предикативная значимость* использованных монем, или какова предикативная структура сообщения. Эту разновидность структурных отношении между монемами в акте коммуникации назовем *предикативным синтаксическим смыслом*.

Ясно, что, подобно когноминативному синтаксическому смыслу, предикативный смысл может не иметь специализированных монем, и тогда, если необходимо, предикативный смысл должен будет выражаться через номинативные или когноминативные (по своему амплу) монемы. Но наиболее типичные предикативные структурные характеристики сообщений, т. е. предикативно значимые сети отношений последовательностей монем, могут быть и абстрагированы, стать узуальными единицами с закрепленными за ними **специализированными языковыми знаками**. Лишь в этом случае язык имеет *предикативные значения* и содержит *предикативные монемы* (и, следовательно, морфемы), для которых выражение, обозначение предикативных смыслов превращается в амплу, т. е. которые превращаются в формальные выразители предикации. Но так как любые языковые элементы, в том числе и те, основной функцией, т. е. амплу которых является выражение факта предикации, иногда имеют роли, не совпадающие с их амплу, то возникает проблема: можно ли определить фактическую актуальную тему и рему сообщения, независимо от того, как оформлено это сообщение?

Хотя сами понятия темы и ремы в настоящее время и не являются общепризнанными и общеизвестными в лингвистике, вопрос о способах их выделения, выступающий в терминах поиска логического ударения, психологического предиката и т. п., в лингвистической литературе не нов.

Принципы членения сообщения на тему и рему, природа членов предложения

Исходя из **определения сущности предикации**, легко сделать вывод, что для установления границ ремы и темы сообщения необходимо прежде всего быть уверенным, что речевой отрезок является **не простым случайным набором слов, а сообщением**. Если слушающий воспринял содержание этого отрезка речи и понял, что оно является сообщением, то затем необходимо задаться вопросом: какие прежние знания данное сообщение должно заменить на новые, т. е. какие старые знания отрицаются с помощью этого утверждения, которое выражено в сообщении.

На основе этих соображений предлагаются следующие приемы установления границ между темой и ремой. Во-первых, используется диагностический контекст для выявления того, что последовательность языковых знаков есть сообщение: **“(истинно, что...) (в смысле ложно, что ...)”**. Если это действительно сообщение, тогда в нем уже без труда можно выделить рему о помощью нового диагностического контекста, вставив в сообщение такие слова-индикаторы: **“... (именно)...(а не)...”**. Тот отрезок сообщения, который должен быть заключен между этими индикаторами, **является ремой сообщения, а остальные компоненты темой**.

Рассмотрим пример. Пусть задан речевой отрезок: “Они завтра будут очень заняты”. Предположим, что, исходя из конкретных условий коммуникации, мы установили, что свободные места в первом диагностическом контексте могут быть заполнены именно так: **“(истинно, что) они завтра будут очень заняты (в смысле ложно, что они сегодня будут очень заняты)”**. Следовательно, этот речевой отрезок, действительно, является сообщением. Тогда ясно, что если слова-индикаторы в него могут быть вставлены так: “Они (именно) завтра (а не сегодня) будут очень заняты”, то **ремой** сообщения является **“завтра”**, а **темой** - **“они будут очень заняты”**.

Из этого примера видно, что деление на тему и рему может не совпадать с делением на группу подлежащего и группу сказуемого. Кроме того, что чрезвычайно важно, это деление сообщения на

главные его члены должно быть в любом без исключения сообщении, которое, но традиционной терминологии, “выражает отдельную законченную мысль”. Нередко же в тех работах, где рассматривается проблема так называемого “актуального членения”, наличие его признается лишь тогда, когда предложение имеет “логическое ударение”. Но если члены сообщения могут не совпадать с членами предложения, то что же такое *члены предложения*? **Этот вопрос также может быть решен на основе анализа нашей схемы.**

Сущность **отличия сообщения от предложения**, в свете разрабатываемой онтологической схемы языка, истолковывается следующим образом.

Позиционно-лексическая актуализация членения высказывания на реляционные группы опирается на ассоциативное, смысловое определение роли каждого знака в пределах группы темы и ремы. В частности, при этом может не быть формального согласования ядра темы с ядром ремы при наличии группы темы и ремы. В этом случае едва ли следует соответствующие ядра темы и ремы называть подлежащим и сказуемым. **Иными словами, если язык не содержит специальных знаков, в амплуа которых входит отражение факта если не амплуа, то хотя бы окказиональной роли знаков сообщения как выразителей содержания темы или ремы, и эта роль устанавливается на основе порядка следования знаков и их смыслов, тогда в сообщении нет даже членов предложения.** Например, русское выражение “Сестра у него доктор наук” является сообщением, но не предложением, ибо, имея в своем составе тему и рему, эта последовательность слов не содержит морфем формального подчеркивания “темности” или “ремности” соответствующих частей последовательности. Но в тувинском сообщении “о-лар отур-лар” (они сидят) элемент “-лар” в реме указывает на формальную связь ремы с темой “олар”, и поэтому в сообщении формально выделено и подлежащее (“олар”) и сказуемое (“отур-лар”).

Такое понимание сказуемости как категории отличной от ремности, и подлежащности как категории, отличной от темности, приводит к следующему определению понятия “предложение”.

Целесообразно называть предложениями только такие сообщения, которые обладают предикативным значением, т. е. целостность которых оформлена специализированными предикативными монемами. Естественно, что чаще всего такое оформление используется в тех случаях, когда и актуальная роль предикативных монем вызвана потребностью обозначения предикативного смысла. Монемы с амплуа выражения смысла темы

превращают ядро темы в *подлежащее*: монемы с амплуа выражения смысла ремы переводят ядро ремы в *сказуемое*. Группа темы и группа ремы превращаются при этом в группу подлежащего и группу сказуемого.

Однако, если появляются монемы с определенным амплуа, то иногда возникает возможность использовать эти монемы и в таких ролях, которые этому амплуа не соответствуют. Как мы уже видели, номинативные монемы могут оказаться актуальными выразителями когноминативных или предикативных синтаксических смыслов. Наличие предикативных монем делает возможным их использование “но совместительству” в роли выразителей непредикативного смысла: номинативного или когноминативного.

Аналогичным образом определяются другие члены предложения. Например, определение имеет место в предложении лишь тогда, когда в нем есть слова, которые не просто несут когноминативный смысл и уточняют смысл, выражаемый другим словом, а способны принимать согласующий показатель исключительно как элемент, свидетельствующий о когноминативном амплуа этого слова и не несущий никакого иного смыслового намекания. При таком понимании тюркское двусловное сочетание “тахта маса” - 'дерево стол', т. е. 'деревянный стол', содержит атрибут “тахта”, который формально не является членом предложения, называемым определением, если даже это словосочетание выступает, например, в роли подлежащего в предложении. Когноминативный синтаксический смысл не имеет в этом случае выражения через атрибутивное синтаксическое значение.

Структура связного текста

Достаточно четкое разграничение уровней знаков, значений и смыслов не только номинативных, называющих единиц, но и чисто грамматических, когноминативно и предикативно синтаксических, позволяет затронуть проблему связи единиц в речевых отрезках, больших, чем сообщения, т. е. **проблему “структуры текста”**. Например, очевидно, что если процесс коммуникации осуществляется в соответствии с разрабатываемой онтологической схемой, то один и тот же замысел может разными способами члениться на коммуникативные порции. Поэтому количество сообщений на одну порцию “мысли замысла” в принципе не может быть одинаковым при общении на разных языках и может также зависеть как от индивидуального стиля говорящего, так и от особенностей ситуации

общения, жанра и т. п. В частности, если коммуникация явилась следствием необходимости сообщить слушающему о протекании сложного процесса, то динамика изменения содержания, которая должна быть передана языковыми средствами, может соотноситься с динамикой реального внешнего процесса, за которым наблюдал говорящий (**денотативный уровень**), либо с динамикой отражения в процессе узнавания этого наблюдаемого процесса (**когнитивный уровень**), либо, наконец, с динамикой плана, программы изложения этого процесса говорящему (**коммуникативный уровень**). Несовпадение этих трех планов требует осознания средств увязывания единиц одного из них, когда они соответствуют единственной единице другого, например, когда **одна целостная смысловая единица выражается несколькими порциями знаков в цепочке сообщений**. Установление наиболее типичных структур из компонентов смысла и соответствующих этим структурам последовательностей знаков позволяет уточнить не только **природу единиц сообщения и категории предложения**, но и дать более ясные, чем имеющиеся в лингвистической литературе, определения **критериев перехода членов предложения в части речи**. Пока же остановимся еще на одном аспекте проблемы структуры текста.

Если в актах коммуникации между людьми (или же **между автоматами, работающими по принципам ориентации в среде и содержательной коммуникации, рассмотренным в нашей схеме**) слушающий воспринял только тему сообщения и еще не дождался формулировки ремы, то, поскольку понят смысл темы, **в сознании, как опознающем и прогнозирующем устройстве**, уже не может не возникнуть гипотеза о возможном продолжении сообщения, т. е. о возможной реме при данной теме. А этот акт есть не что иное, как **прогнозирование очередного шага не только содержания, но и формы выражения в структуре текста**. Если коммуникант, передающий сообщение, рефлексивно прогнозировал такую реакцию слушающего, то он может и не тратить языковые средства для детального подтверждения правильности прогноза, обойтись минимумом значений, намекающих на смысл очередных этапов предикации, навязываемых текстом слушающему. Так возникают возможности *эллипсисов*, т. е. **пропусков многих очевидных для слушающего единиц речевого потока при непрерывности развертывания содержания с помощью этих единиц речи**, а также возможность использования членов предложения не только в соответствии с их амплуа быть темой или ремой.

При соблюдении принципов непрерывного прогнозирования и

рефлексии получают коммуникативное толкование (а не выбрасываются из текста, как, например, в системе описания структуры текста в работе И. П. Севбо) такие единицы, как союзы. **Роль союзов - “комментирование”** (со стороны передающего) соответствия прогнозов воспринимающего и его запросов новой информации по отношению к продолжению потока информации. Например, из воспринятого отрезка информации следует нечто, совершенно противоречащее дальнейшему передаваемому содержанию. В этом случае используется союз “но”. “Я очень болен, но я приду к вам обязательно”. Совпадение прогноза и реального продолжения может подсказываться, например, союзом “и”: “Я очень болен, и прийти к вам сегодня не смогу”. Из такого понимания функции союзов в тексте нетрудно сделать вывод о том, насколько они важны для выявления смысловой связности последовательности сообщений. Говорящий, вставляя союзы, постоянно дает знать слушающему, как он представляет ход выявления смысла текста слушающим. А слушающий, непрерывно убеждаясь в уместности союзов, тем самым получает подкрепление в выводах о правильности своего понимания. Только на уровне взаимодействия уникальных фрагментов смыслов на уникальном смысловом поле возможно такое **прогнозирование, рефлексирование и взаимокорректировка коммуникантов**. А эти смысловые процессы, являющиеся результатом **опережающего отражения, реализованного в автоматах**, осуществимы, как мы видели, лишь на основе **многопараметрических и многоуровневых сопоставлений образов внешней среды, преобразований одного образа в другой, классификации и экстракции этих образов по типам деятельности, выработки образов типовых видов преобразования образов и т. д.** Можно было бы показать, что это прежде всего те процессы, которые в абстрактном виде находят отражение в особенностях **тензорного подхода** к решению сложных задач и что этот тензорный подход наиболее естественно проявляется в принципах моделирования и прогнозирования при решении сложных кибернетических задач средствами вычислительных сред и систем.

Части речи и “актуальное членение”

Если когноминативный и предикативный смысл выражается в некотором языке с помощью специальных служебных морфем, которые были определены как собственно синтаксические, и если в языке есть морфемы с когноминативным не синтаксическим, а номинативным значением, то все равно в таком языке, в соответствии с излагаемыми критериями, существуют лишь члены предложения. И только в том случае, если есть в языке морфемы, в которых и синтаксическое, и номинативное значение представлено *одновременно*, можно говорить о существовании в языке и частей речи, например не только синтаксической категории определения, но и морфологической категории прилагательного. Аналогичным образом определяется факт наличия имени и глагола. Если согласователи темы с ремой сливаются с номинативными элементами значения **статике (в теме) и динамики (в реме)**, то в языке развиваются части речи: имя и глагол.

Понимание ремы как такой части сообщения, которая приводит к появлению нового содержания, представляющего собой обновленный образ, выраженный в своем исходном виде знаками темы, делает понятным то положение, что **процесс передачи нового знания средствами языка может быть многоступенчатым**. Всякая рема, поскольку с ее помощью новое знание стало достоянием слушающего, подготавливает условия для последующего сообщения, ибо только что переданное знание может быть названо в этом новом сообщении как уже известное, т. е. стать содержанием темы нового сообщения. В этом случае мы имеем простейший вариант связи сообщения в последовательную линейную смысловую структуру текста: **смысл ремы предшествующего сообщения становится смыслом темы последующего**. Отсюда ясно, что в языке имеются потенции к возникновению класса таких знаков, которые **специализированы выступать в роли темы, содержанием которой является смысл ремы предшествующего сообщения**. Знаки, специализированные для выполнения названной роли, представлены категорией наречия. Выражение “мы читали красиво” истолковывается в таком случае как краткий способ выражения двух последовательных сообщений: 1) мы (тема) читали (рема); 2) все это (т. е. то, что мы читали, факт нашего чтения) — красиво. Целая ситуация, а не отдельное слово, осмысливается входящей в определенный класс, и атрибут к этой ситуации согласуется с определяемым по подразумеваемому классу. В русском языке ситуация вводится в максимально неопределенный класс — средний род; поэтому русские наречия оформляются в первую очередь по среднему роду (“читать книгу красиво”, “бежать домой быстро” и т. д.).

В связи с тем, что такая трактовка причины совпадения форм “отприлагательных” русских наречий с формой кратких прилагательных среднего рода единственного числа не является общепризнанной, для усиления аргументации в ее пользу уместно вспомнить следующий факт из истории русских грамматических учений.

В своей грамматике начала XIX века Л. Х. Востоков, во-первых, отмечает, что кроме форм склонения, русские прилагательные имеют формы спряжения (например, “высокого дома” и “дом высок”). После этого он утверждает, что многие наречия представляют собой “спрягаемую” форму прилагательного в среднем роде единственного числа, т. е. фактически отождествляет ремы в таких сообщениях: “это место — чисто” и “он пишет чисто”. Следовательно, осознанное различие коммуникативной структуры текста и формально-синтаксической структуры предложения позволяет найти содержательное истолкование “странной” омонимии в формах русских прилагательных и наречий, а также аналогичных категорий в других языках.

Своеобразием своего типового места и своей типовой функции в смысловой структуре текста, рассматриваемой под углом зрения “актуального членения”, т. е. взаимосвязи не нескольких элементарных сообщений, облакаемых в форму единственной синтаксической единицы - предложения — удается объяснить возникновение иных грамматических категорий. Так, например, если содержанием двух сообщений являются два связанных действия одного и того же действующего лица, причем такого, что чаще всего знак этого действующего лица выступает в роли темы, то для сокращения числа знаков строится единственное предложение, в котором действующее лицо выражено подлежащим, одно из действий — глаголом-сказуемым, а второе — специальной глагольной формой, представляющей в русском языке особую часть речи - деепричастие. Например, два сообщения: “человек шел по улице; человек прихрамывал” оформляется как одно предложение. “Человек шел по улице, прихрамывая”, — сам факт употребления деепричастия формально свидетельствует о том, что подразумеваемой темой к скрытой реме, представленной деепричастием, в типичном случае является *тема первой ремы*, представленная глаголом-сказуемым. При этом становится понятным, что, например, “инговые” формы в английском языке лишь окказионально иногда совпадают по своему синтаксическому смыслу с русскими деепричастиями.

Можно было бы показать, что подобным способом вскрытия

истинного состава сообщений в предложении удастся дать определение таким грамматическим категориям, как падеж, и показать системные отношения между падежами.

В заключение этого раздела можно подчеркнуть, что рассматриваемая онтологическая схема языка позволяет совсем с иных позиций, чем это принято в настоящее время в **кибернетической литературе**, взглянуть на проблемы *содержательного* и *формального* описания речевых процессов, соотношения между *искусственными* и *естественными* языками, оценить возможности совершенствования *машинного перевода* и определить перспективы осуществления диалога человека с машиной на *естественном языке*.

4.5. Естественный язык и содержательное человекомашинное общение

Моделирование, структурное моделирование, знаковое моделирование

После уточнения таких понятий, как адаптивная система, отражение, знак, значение, смысл, опознание и познание, нетрудно углубить наши представления о природе *моделирования*, роль которого в научных исследованиях вообще, а в кибернетике особенно, постоянно увеличивается. Не включаясь в довольно широкую дискуссию по поводу возможности различных подходов к определению понятия модели, условимся сначала понимать под **моделью** в ее наиболее простом и очевидном проявлении **любой объект**, изучение свойств которого служит средством получения выводов относительно свойств другого объекта - **оригинала**. С позиций изложенной концепции системного подхода, такое косвенное изучение одного объекта через посредство изучения другого, т. е. **изучение оригинала на основе данных о модели**, возможно в той мере, в какой эти **два объекта** являются **адаптивными системами**. Но это требование - лишь необходимое, но не достаточное. **Вторым необходимым требованием** является исходное уподобление модели оригиналу, т. е. исходное навязывание некоторых свойств оригинала другому объекту, выступающему в роли модели. В этом случае, как мы видели при анализе процессов отражения, те свойства оригинала, которые так или иначе навязаны модели, представляют собой прямой, первичный след активной части оригинала как отражаемого объекта на теле модели как отражающего объекта. Далее, под влиянием первичного следа, т. е. первичной, прямой деформации,

начнется процесс вторичной, косвенной деформации, и чем больше общих исходных свойств у таких взаимодействующих объектов, тем больше вероятность того, что вторичный след окажется **образом (точнее, прообразом в смысле продолжения, прогноза, антиципации)** ряда свойств оригинала, несмотря на то, что первичный след не навязывал модели этих свойств. Следовательно, субъект, “спровоцировав” начало первичной деформации модели в соответствии с исходными, известными ему свойствами оригинала, наблюдая за прообразом, т. е. за вторичным следом, определяемым уже внутренними параметрами модели, может, тем не менее, выявить такие свойства модели, которые он вправе расшифровывать как присущие и оригиналу, если даже о наличии этих новых свойств в оригинале субъект по тем или иным причинам не знал и не имел возможности наблюдать их непосредственно в оригинале.

После всего сказанного ясно, что достаточно естественным основанием для классификации рассматриваемого наиболее очевидного класса моделей является учет особенностей тех свойств оригинала, которые навязываются модели при *первичном* уподоблении. Если модель вначале уподобляется оригиналу субстанциально, а следствием этого становится развитие интенций и экстенций, приводящее к тому, что **структура сети связей между элементами модели все более уподобляется структуре оригинала**, и в конечном счете **общие свойства модели все более приближаются к свойствам, оригинала**, то такую модель следует отнести к **подклассу субстанциальных**. Более тонкое деление среди субстанциальных моделей может основываться на учете того, **имеем ли мы действительно тождество в материале модели и оригинала или же это подобие верно лишь с точностью до совпадения интенциальных, потенциальных и экстенциальных валентностей на некотором ограниченном числе уровней**. Примером второй разновидности субстанциального моделирования может служить изучение свойств гидродинамических объектов с помощью электрических цепей. В последнем случае говорят об *аналоговом электромоделировании*.

Так как в адаптивных системах взаимные ограничения друг на друга накладывают не только разнородные свойства (например, субстанциальные на структурные и наоборот), но и однородные, то, в частности, свойства целого определяются и тем, какие из граничных свойств объекта заданы как исходные, а какие становятся неизбежными следствиями первых. Это соотношение оказывается справедливым при весьма широком варьировании качественных

свойств элементов, несущих на себе первичные граничные свойства, что весьма удобно для моделирования свойств разнообразных объектов с помощью моделей, перестройка которых, их исходное уподобление свойствам оригиналов осуществляется посредством комбинирования структуры связей ограниченного набора элементов модели и изменения граничных свойств, например, формы и состава незанятых валентностей этих элементов. Таким способом можно с помощью модели выявить, например, многие свойства оригинала, если речь идет о вариантах размещения станков в границах определенного помещения.

Все рассмотренные виды моделей можно назвать *внешними*, так как они, по отношению к моделирующему субъекту, являются внешними объектами. Среди внешних моделей мы рассмотрели пока две разновидности, одну из которых можно считать *субстанциальной*, другую *структурной*. Теперь нетрудно представить, что если внешнее структурное моделирование осуществляется субъектом регулярно, а класс моделируемых оригиналов более или менее однороден и цели исследования их свойств тоже, то у субъекта рано или поздно должны выработаться типовые *абстрактные образы* элементов используемых моделей, и способов комбинирования этих элементов. Следовательно, со временем структурное моделирование и выявление неизвестных свойств оригинала субъект сможет делать (в достаточно типовых случаях) и без помощи соответствующей внешней структурной модели, на основе **только мыслительных образов граничных свойств элементов этих моделей и на основе образов схем комбинирования элементов.**

Такие абстрактные мысленные единицы, специализированные для структурного моделирования свойств объектов определенного вида, представляют собой конструкторы как единицы некоторого исчисления, некоторой формальной теории.

Конструкторы, если ими пользуется коллектив людей для осуществления структурного моделирования объектов некоторой области исследования, естественно оказываются **узальными и социальными мыслительными единицами**. Если рассматривать их с точки зрения нужд коммуникации, то знаковое выражение таких абстракций в роли смыслов сообщений наиболее легко достигается с помощью узальных знаков, причем мотивированность свойств знаков свойствами этих узальных смыслов не является необходимой.

Следовательно, среди членов коллектива, использующих для структурного моделирования одни и те же конструкторы, легко

достигается общение для передачи того содержания, которое получено в результате структурного моделирования с помощью конструкторов данного исчисления. Столь же легко через эти знаки выражается сам процесс структурного конструкторного моделирования, исходные условия и т. д. Те речевые (или текстовые) произведения, которые выражают с помощью условных узувальных знаков названное содержание, представляют собой *знаковые модели*.

Наиболее широко распространенным видом структурного моделирования является именно знаковое моделирование, и наиболее универсальные знаковые модели разрабатываются особой наукой - математикой, хотя возможно знаковое структурное моделирование и не универсальное, узко специализированное, со своим набором *специальных конструкторов* и знаков для их выражения.

Структурализм, системный подход и порождающие грамматики

Так как для моделирования необходим **предварительный перенос исходных известных свойств оригинала на модель**, то на первых порах становления любой науки, пока о свойствах изучаемых ею объектов накоплено мало сведений, метод моделирования практически не применим. **Главное внимание исследователя направлено на свойства целого, потом на свойства частей и т. д. с целью объяснить свойства целого через свойства частей, т. е. субстанции.** До некоторых пор это удастся сделать, но рано или поздно обнаруживается, что новые знания о свойствах субстанций имеют все меньшую объяснительную силу и что причина этому - **невнимание к способам соединения и взаимодействия частей, т. е. к структуре объекта.**

После этого исследователи переключаются на поиск закономерностей **связи между особенностями структуры и свойствами целого**, что открывает возможность использования структурного моделирования вообще и знаковых моделей в частности для описания свойств объекта и для объяснения этих свойств. Эту фазу развития науки можно назвать *структурной*. Из конкретных наук впервые структурной стала, по-видимому, физика, особенно после работ Галилея, нашего способа описывать важнейшие физические явления и объекты через их структурные характеристики, выраженные с помощью *специальных знаковых систем*.

Под влиянием успехов, получаемых **методами структурного знакового моделирования** на начальном этапе их использования, у представителей соответствующей научной дисциплины начинает

складываться впечатление, что учет субстанциальных характеристик изучаемого объекта для объяснения его свойств вообще не существует, что элементы объекта должны рассматриваться не как носители некоторых имманентных свойств, а исключительно как чистые *значимости*, как **пучки пересечения связей и отношений в структуре целого**. Следовательно, если вначале структурная методология сменяет “элементаристские” представления, заставляя за членимостью объекта видеть и его целостность в наличии сети связей между элементами, и в этом смысле структурный подход к объекту более системен, чем субстанциальный, то после того, как осознание важности учета структурных характеристик объекта перерастает в игнорирование существенности субстанциальных характеристик его элементов, исследовательская методология переходит в стадию *структурализма*, который столь же не системен, как и чистый субстанциализм, хотя и на противоположном полюсе несистемности.

Следует заметить, что понятие “структурализм”, несмотря на то, что как явление оно существует с начала XVII века, сложилось в науке лишь в XX веке, причем сначала среди лингвистов, когда гуманитарные дисциплины из стадии субстанциализма доросли до стадии осознания важности изучения структуры своих объектов с использованием, в качестве инструмента исследования, и структурных моделей.

Правда, в современной методологической литературе чаще всего отождествляют структурализм с системным подходом и, как следствие, сущность объекта - с его структурой, фактически опираясь на постулат о сводимости субстанции объекта, т. е. его элементов и частей, к пучкам “чистых отношений”, к “чистым функциям”. Структуралисты лишают себя тем самым возможности учитывать взаимодействия между свойствами материала и структурой целого и вынуждены рассматривать материал как *абсолютно аморфный* и податливый. Поэтому системность своего мировоззрения структуралисты не поднимают выше философии томистов.

Однако нельзя не заметить, что если объектом структуралистического исследования является глубоко адаптированная система и мы не интересуемся ни предысторией становления этой системы, ни прогнозом ее будущих изменений, т. е. рассматриваем только *синхронный срез* системы, то в силу глубокой согласованности структурных и субстанциальных характеристик системы мы можем и субстанциальные свойства ее элементов интерпретировать через особенности значимостей этих элементов, через особенности того узла связей, в котором этот элемент адаптировался для выполнения

определенных функций в системе, т. е. через особенности только структурных параметров. И **лишь причины и тенденции развития чисто структурными методами мы изучить не можем, для этого нужны уже собственно системные представления и понятия**. При этом и структурные, и субстанциальные методы оказываются совершенно необходимыми, дополняющими друг друга, если, конечно, исследователь владеет системной методологией и знает законы взаимодействия и взаимовлияния структурных и субстанциальных параметров объектов в ходе их адаптации для выполнения определенной функции в некоторой над-надсистеме.

Итак, **если исследуемый объект является глубоко адаптированной системой и рассматривается лишь в синхронном плане, то в силу согласованности его субстанциальных характеристик со структурными наиболее эффективным оказывается изучение всех его свойств через выявление особенностей структуры**. Тогда открывается возможность использовать структурное и знаковое моделирование как *главное* средство изучения объекта, если мы не интересуемся причиной возникновения вскрываемых свойств и прогнозами их изменения.

В частности, весьма плодотворны методы структурного изучения естественного языка, но той лишь его части, которая удовлетворяет названным требованиям: может считаться *глубоко адаптированной* благодаря длительной предшествующей эволюции и адаптации и относительно неизменной в рассматриваемом синхронном срезе. Из всего рассмотренного в схеме речевой коммуникации следует, что к такой части естественного языка и языкового мышления вообще относятся все те единицы, которые являются *узуальными*, т. е. значения, гештальты для опознания и воспроизведения речевых единиц, устоявшиеся комбинации значимых единиц, например, слова, обязательные схемы их внешнего согласования в речевом потоке, а также воспроизводимые, т. е. узуальные смыслы, выступающие в роли посредников в актах называния окказиональных смыслов.

В то же время ясно, что все **одноразовое, неповторимое, уникальное, окказиональное** опирается не на жесткие воспроизводимые связи **по смежности**, а на предположительные ассоциации **по сходству**. Оно не может оказаться **узуальным, повторяющимся, глубоко адаптированным**, и поэтому недоступно структурному моделированию, не поддается изучению только структурными методами, не выразимо через конструкты какого-либо исчисления и поэтому может быть понято лишь содержательно, на основе системных представлений. К числу таких

“неисчисляемых” процессов даже только в рамках языкового мышления относятся акты подбора значений и узуальных смыслов для намека на окказиональные смыслы и, соответственно, наоборот, акты догадки по воспринятым знакам и (связанным с ними узуально) значениям об окказиональном смысле, который имелся в виду при формировании речевого отрезка. **“Неподвластны” структурному знаковому моделированию процессы формирования сообщения**, поскольку они основаны на гипотезах говорящего о знаниях слушающего и на учете всех контекстных и ситуативных условий при выборе тех смыслов, которые нуждаются в языковом намекании, и тех, которые и без того очевидны для воспринимающего.

Следует заметить, что **между языковыми и речевыми единицами, с одной стороны, и единицами знакового моделирования с другой, прослеживается очень глубокий изоморфизм, в свете которого противопоставление естественного языка и формальных исчислений структурного моделирования может показаться излишне резким.** Действительно, в обоих случаях мы имеем **внешние (речевые или текстовые) знаки или символы, внутренние знаки гештальты — для воспроизведения и опознания внешних знаков, а также элементы абстрактного узуального содержания - значения языка или конструкторы знаковой модели.** При конкретном использовании языковых знаков требуется окказиональное установление подобия между смыслом и значением, а при использовании знаковой модели *интерпретация* представлений об изучаемом объекте через конструкторы избранной знаковой модели, т. е. снова окказиональное установление подобия между смыслом в акте моделирования и значением в облике конструктора модели.

Но после экспликации этого изоморфизма ярко проявляется и различие между знаковым моделированием и языковой коммуникацией. При моделировании процесс выбора модели и процесс интерпретации смысла в конструктах модели признается *творческой* частью работы исследователя, и никто не претендует на то, что когда-либо будет формализован процесс формализации. Речевое же общение — *непрерывная формализация и интерпретация смыслов через значения и значений через смыслы.* И, тем не менее, основная масса математических лингвистов и кибернетиков убеждена, что можно создать формальное описание процесса общения на естественном языке и, следовательно, творческий акт перехода от содержательного к формальному свести к формальной рутинной операции.

Ясно, что формально в речевой коммуникации можно описать самую простую, минимально зависящую от содержания часть

оформления уже творчески избранных языковых единиц, в синтаксически согласованную целостность — предложение. Но выбор единиц и даже их синтаксис при общении зависит прежде всего от особенностей окказиональных смыслов, тогда как синтаксис в знаковых моделях полностью задан свойствами значений, т. е. конструктов.

В свете сказанного достаточно ясно, что популярные среди кибернетиков разнообразные порождающие грамматики, методика составления которых около нескольких десятилетий назад была предложена Н. Хомским, весьма эффективны для описания лишь этих внешних, не смысловых коммуникативных процессов с фиксированным и, следовательно, лишь узуальным набором содержательных единиц. **Но в то же время эти грамматики не имеют никакого отношения к реальному процессу коммуникации на естественном языке, поскольку звено с отношением *намекаемое* — *намекающее*, без замыкания которого общение невозможно, в порождающих грамматиках принципиально непредставимо и влияние окказиональных, смыслов даже на синтаксис не отражается, так как в схеме просто нет окказиональных смыслов.** Для иллюстрации этого положения приведем простой пример.

В древней Руси некоторым эрудитам образованные люди напоминали пословицу, почерпнутую из переводов с греческого: “Многознание не есть мудрость”. С точки зрения законов порождающей грамматики это безукоризненно правильное предложение. Простой народ, не зная греческих пословиц, сам пришел к этой же истине, но облек ее в иную форму: “**Много знает, да мало понимает**”. Весьма сомнительно, чтобы среди всех вариантов первой фразы порождающая грамматика выдала и вторую. Но совершенно исключено, что на основе правил порождения будет сформирована фраза, которую высказал проводник писателя-путешественника Арсеньева, гольд Дерсу Узала: “Знай - много, понимай- нет”. Он плохо знал русский язык, но охарактеризовал эрудита не менее метко, чем знатоки греческой литературы.

По-видимому, для кибернетики гораздо более ценно создать автоматы, которые могли бы дойти до истины, а если на первых порах они будут выражать ее как Дерсу Узала или даже хуже, общение человека с машиной на естественном языке, хотя и ломаном, окажется возможным. Рассмотренные нами механизмы коммуникации приближают нас к разработке методов такого общения, а грамматически правильные фразы, порождаемые грамматиками Хомского, не дают даже зацепок для обеспечения

привязки речевых знаков к окказиональному содержанию. Это все более ясно понимают и последователи Хомского, хотя пути преодоления семантической ограниченности порождающих грамматик продолжают искать в построении новых формализмов, и в схеме “говорящего автомата” до сих пор нет каналов взаимодействия с внешней средой.

Рассмотрим теперь ряд актуальных задач кибернетики, для успешного решения которых недостаточная ясность представлений о природе, языковых категориях и их отношении к содержанию до сих пор является довольно серьезной помехой.

Пути осуществления качественного машинного перевода

Если исходить из рассмотренной нами довольно детальной онтологической схемы языка как психического узуального механизма окказиональной коммуникации, то ясно, что при машинном переводе текстов с одного языка на другой, если машина не способна думать и иметь собственный жизненный опыт, плана семантики вообще нет. Самое большое, что может сделать машина — это по опознанным символам текста на одном языке, найти образы воссоздания символов текста другого языка, а переход от символов к содержанию может осуществляться только в голове человека. Правила выбора выходных символов по входным символам могут быть примитивнейшие: символу ставится в соответствие символ (“пословный” перевод), но они могут включать в себя и сложные инструкции по учету наличия и связи многих символов входного и уже найденных символов выходного текста, прежде чем будет выбран очередной символ выходного текста.

На что направлены силы специалистов по машинному переводу с начала разработки этой проблемы по настоящее время? На то, чтобы последовательность символов выходного текста была такой же, как если бы входной текст воспринимала не машина, а *человек-переводчик*.

Но переводчик, восприняв текст, **сначала понимает его, т. е. последовательно опознает по его символам значения, по значениям — узуальные смыслы, по узуальным смыслам — окказиональные.** После этого переводчик имеет право забыть о том, как он “получил” окказиональные смыслы. Для него они представляют собой тот смысловой замысел, который нужно выразить средствами выходного языка. Для этого переводчик должен подвести понятия окказиональные смыслы, где можно, под узуальные смыслы другого языка, и тем самым определить набор значений и языковых знаков другого языка для этих узуальных смыслов.

Для тех окказиональных смыслов, которые не подводятся под узуальные, он должен непосредственно, опираясь на сходство между значениями и фрагментами окказионального смысла, а также на представление о том, какие ассоциации могут вызвать эти значения в сознании читателя переведенного текста, непосредственно подобрать нужные значения и через них — **языковые знаки**. Потом уже переводчик может переходить к **речевым знакам** как для узуальных, так и для второй группы окказиональных смыслов. **А так как машины не имеют плана окказиональных и узуальных смыслов и не имеют плана значений, то все рассмотренные процедуры не осуществимы в современных электронных машинах, и осуществление перевода, ориентированного на названный выше результат, принципиально не возможно.** Те внешние подобию такого перевода, которые достигаются в настоящее время, похожи на реальный перевод не более, чем игрушечная собачка на живую, и чуть изменяется “ракурс” подачи содержания, как обнаруживается непреодолимость многих трудностей, которые при переводе живым человеком даже не воспринимаются как трудности.

Есть ли выход из создавшегося положения? В свете всего ранее рассмотренного, ясно, что **есть, и не одни. Первый — самый надежный, но самый трудный, способный дать требуемый результат очень не скоро** (многие считают его вообще неосуществимым), это построение *думающей* машины, которая, умея думать, сможет и говорить, и переводить. Поскольку реальное думание на современных цифровых и аналоговых машинах создать пока не удастся (в частности, потому, что мышление отождествляется с коммуникацией) то оставим первый путь на будущее.

Есть и второй путь: выжать всю информацию, которая содержится в тексте входного языка, и только ее, и никакую больше (потому что вся иная информация извлекается из жизненного опыта переводчика, а у машины этого опыта нет) и представить в символах выходного языка, т. е. описать на выходном языке. Ясно, что тогда текст не будет похож на тот, какой дал бы переводчик, но зато наличие всей подразумевавшейся автором исходного текста текстовой информации позволяет читающему текст перевода максимально полно воссоздать по ней смысл передаваемого исходного текста.

Но как это сделать практически, что за информация представлена текстом, почему она не есть тот смысл, который имел в виду составитель текста? Остановимся на этом детальнее.

Говорящий подбирает тот минимум значений, по которому можно догадаться о подразумеваемом, намекаемом смысле.

Смысл в нашей схеме — это образы действительных или воображаемых явлений, значения— тоже образы, но обобщенные, объединенные, причем образы таких классов смыслов, которые оказалось целесообразно выделить лишь при данном способе коммуникации, при данном грамматическом строе. В другом языке разбиения на коммуникативные классы производятся иначе, и поэтому набор значений, как коммуникативно значимых обобщенных образов, в другом языке иной. Передающий так подбирает значения, чтобы по ним воспринимающий догадался о смысле. **Но передающий предполагал при этом, что набор значений у воспринимающего такой же, как и у самого автора текста. Но эта гипотеза неверна, если воспринимающий не знает языка передающего,** и эту “**ошибку**” мы должны по возможности исправить с помощью машины-переводчика. Так как речь идет о значениях, т. е. единицах узуальных и социальных, наличных и в высокой степени подобных у всех членов языкового коллектива (а не об окказиональных смыслах, которые всегда уникальны), **то появляется основа для разговоров об автоматизации.** Так как передающий с помощью речевых знаков должен прежде всего возбудить только набор вполне определенных значений в сознании воспринимающего, а дальнейшие процессы перехода к смыслу, как мы ранее видели, протекают в сознании самого воспринимающего на основе **законов подобия и ассоциации образов, то машина должна быть способной помочь возбудить в сознании воспринимающего, если он и не знает языка говорящего, те же образы, которые возбудились бы как значения в сознании воспринимающего, который знает язык говорящего.** Иначе говоря, *смыслами* иноязычного воспринимающего сначала должны стать образы, тождественные тем, которые являются *значениями* для неиноязычного воспринимающего. Лишь после этого иноязычный читатель сможет по осмысленным значениям чужого языка как *намекам* на окказиональный смысл, имевшийся в виду автором исходного текста, начать процесс перехода от намека к намекаемому, т. е. к *окказиональным смыслам* переводимого текста.

Нетрудно видеть, что такой режим перехода от иностранного текста к его содержанию с помощью современных ЭВМ - задача вполне реальная. Остановимся на принципах реализации этого режима несколько детальнее.

Принципы перевода текстов на естественном языке с помощью машины-справочника

Любой естественный язык является универсальным средством выражения содержания. Следовательно, если на основе лингвистического анализа мы выявим внеконтекстные значения элементов некоторого чужого для нас языка (например, английского), то мы сможем с помощью русских слов описать каждое из таких значений. В наиболее благоприятных случаях описание будет состоять также из одного слова (хотя таких счастливых случаев немного). Например, может обнаружиться, что внеконтекстно русское “да” и английское “йез” не отличаются по своему значению.

Если такого совпадения нет, то потребуется не одно, а несколько (возможно, и много) слов для описания значения каждой морфемы, каждой значимой единицы. Это описание делается людьми на основе глубокого изучения обоих языков. Но важно при этом то, что как только описание составлено, оно уже может быть введено в машину без всякого содержания: просто машина будет помнить, что на такой-то символ входного языка нужно выдать такой-то символ (или такую-то цепочку символов) выходного языка. Следовательно, если теперь на вход подан переводимый текст, то на выходе будет появляться текст из символов и цепочек, которые воспринимаются представителем другого языка. По ним, как уже отмечалось, он сначала опознает такие смыслы через значения символов родного языка, которые совпадают со значениями, которые возникли бы в голове воспринимающего, если бы он знал язык передающего и читал входной текст непосредственно. Следовательно, машина помогла произнести тот же психический эффект на воспринимающую иноязычного (правда, за большее число шагов в сознании воспринимающего), какой был бы у воспринимающего, который знает входной язык и читает входной текст. Тождественно ли это восприятие?

По ряду характеристик - такое восприятие иноязычных значений через смыслы, полученные с помощью символов родного языка, принципиально отлично от непосредственного перехода от символов к требуемым значениям. Во-первых, как уже говорилось, человек, знающий входной язык, от символов текста сразу приходит к своим, готовым до акта чтения, значениям этого языка. Иноязычный же воспринимающий по символам выходного текста опознает сначала значения своего языка и уж по ним восстанавливает, **как смысл, а не как значения (т. е. окказионально конструирует), те образы,**

которые у носителей входного языка являются значениями — уже готовыми, узуальными коммуникативными единицами. Следовательно, проделав переход от своих значений к смыслам, иноязычный воспринимающий еще не продвинулся в понимании текста дальше, чем носитель входного языка, прочитавший символы текста и воспринявший только значения. Лишь после этого оба воспринимающих могут переходить к следующему этапу понимания - **к этапу восстановления смысла**, подразумеваемого передающим на входном языке на основе знаний тех значений, которые выразил передающий через символы текста. Но это — не единственная разница.

Сам набор тех намеков, которые восприняты в значениях человеком, читающим входной текст как на родном языке, таков, что читающий уже имеет навыки именно через такие намеки, через такой “ракурс” рассмотрения замысла восполнять обобщенные образы значения до образов конкретного полного смысла.

Когда же аналогичный набор намеков-образов иноязычный человек получает с помощью машины-переводчика, то многое в этих намеках может показаться ему странным: в них, как правило, подчеркнута то, на что в родном языке обычно не обращают внимание (например, был или не был пишущий очевидцем описываемого события, как это имеет место в ряде языков мира), и в то же время среди намеков может отсутствовать то, что казалось бы, обязательно должно всякий раз отмечаться (например, для русского человека обязательным кажется указание на время действия). Но **так как в сумме имеющегося количества намеков достаточно, чтобы восстановить смысл, то иноязычный воспринимающий тоже все поймет**, но вначале процесс понимания займет у него больше времени, чем процесс понимания текста на родном языке.

Ясно, что при таком машинном переводе выходной текст будет отражать многие черты своеобразия “языкового видения” автора входного текста. Поэтому необходимо приобретать навык понимания машинного перевода для каждого из входных языков (как мы привыкаем к манере выражения в различных областях науки).

Но зато все то, что не отражено в значениях входного языка лишь потому, что представлено другими элементами текста, окажется полностью сохраненным в других элементах текста на выходном языке. Потерянной может быть лишь информация, которая опирается на ассоциации с обликом (или звучанием) самих символов входного текста. Так, в частности, такая машина будет давать в переводе “подстрочник” стихотворения, но ни рифмы, ни ритмических его характеристик она передать не сможет. Однако все каламбуры, намеки,

переносные смыслы, если они опираются только на значения, машинный перевод сохранит.

Здесь детально не рассматривается вопрос об отношении узуального смысла к значениям на входном языке. Но в общих чертах ясно, что поскольку и значения, и смыслы узуальны, то при переводе должны обязательно сохраняться значения, и точно так же, как по ним на родном входном языке читающий восстановил бы, какой из нескольких узуальных смыслов имеется в виду, что и на выходном языке воспринимающий по понятому значению сможет выбрать требуемый узуальный смысл этого значения. Разница в восприятии здесь лишь такая: носитель входного языка, читая входной текст, уже заранее знает набор узуальных смыслов каждого значения, а читатель иноязычного текста может не знать этого набора узуальных смыслов. Следовательно, все узуальные смыслы к данному значению машина-переводчик должна выдавать в виде перечня описании этих смыслов, а тот, кто воспринимает текст, должен уже сам выбирать наиболее подходящий узуальный смысл из этого списка. Если же окказиональный смысл символа не совпадает ни с одним из узуальных и догадаться о нем можно, только учтя символы уже введенного контекста и содержания, понятого на его основе, то в этом случае и тот, кто читает текст на родном языке, и тот, кто его старается понять после машинного перевода, окажутся в одинаковом положении. Следовательно, любые метафорические употребления сохранятся в тексте на выходном языке, сохранится игра тонких синонимических замен, основания антонимов и т. д. Таким образом, и при переводе художественных текстов такой способ использования ЭВМ останется эффективным.

Если будут преобладать тексты однотипные по содержанию, например узкоспециальные, то в них будут содержаться типовые куски, которые регулярно нужно переводить одинаковым способом. Следовательно, такие типовые переводы типовых кусков тоже полезно вводить в машину. Потом этот кусок перевода можно отредактировать так, чтобы он был изложен в стиле не входного, а выходного языка. Этот отредактированный вариант можно выдавать на выход. Но такой способ перевода может быть только вспомогательным (в обычной “идеологии” машинного перевода он - единственный), ибо все типовое имеет лишь статистическое преобладание, и элементы типового куска узкоспециализированного текста иногда могут быть использованы и не “профессионально”. В этих случаях нужно снова возвращаться к переадаптированному варианту, т. е. к переводу значений, а не специализированных смыслов, чтобы сохранить

возможность догадываться о нетиповом окказиональном смысле элементов куска. Следовательно, весь процесс перевода с помощью вычислительной машины должен вестись в этом случае в режиме диалога: если что-либо человеку кажется непонятным, он запрашивает у машины о соответствующем слове или морфеме более детальную лингвистическую информацию, помогающую понять окказиональный смысл.

Рассмотренный принцип автоматизации перевода явится стимулом действительного глубокого изучения строя и семантики языков. Кроме того, в той мере, в какой в машину будут со временем вводиться элементы мышления, некоторые из простейших процедур догадки (с возможностью их контроля получателем переведенного текста) также могут вводиться в машину, и тогда она из машины-справочника все больше будет превращаться в машину-переводчика. Но главное в излагаемом принципе машинного перевода заключается в том, что мы действительно получаем возможность выжать из современных ЭВМ все для того, чтобы творческие процессы, производимые человеком при расшифровке текста, написанного “странным стилем” на родном языке, опирались на тот максимум информации о содержании, который отражен во входном тексте. Следует отметить, что при описании семантики языка для построения машины-справочника много полезной информации можно получить из так называемой “модели смысл — текст”. Остановимся на этом отдельно.

Язык для описания смыслов

Следует сразу подчеркнуть, что мы не будем вдаваться в детали существенных расхождений между высказываниями различных авторов о цели и значении их работ и предлагаемой здесь интерпретацией содержания этих работ. Для нас важна роль этих работ в аспекте языковых задач кибернетики, рассматриваемых с позиций изложенной выше концепции системного подхода и схемы окказиональной коммуникации, а также в аспекте использования результатов названных работ для реализации излагаемых приемов перевода с помощью ЭВМ.

Так как значения и некоторые смыслы узуализированы и социализированы, т. е. взаимно уподоблены у основной массы членов языкового коллектива, то в принципе можно создать такое исчисление, исходные элементы которого являются психическими единицами-конструктами высокого уровня абстракции, т. е. **представляют собой образы с небольшим числом внутренних черт. Из таких элементов**

можно собирать, как из деталей детского конструктора, более сложные образования и, в частности, такие, которые с достаточной степенью точности будут совпадать с образами, являющимися значениями языковых знаков и узуальными смыслами, выраженными через эти знаки. Следовательно, если этим элементам как конструктам и правилам их комбинирования поставить в соответствие специальные символы, то каждое значение и каждый узуальный смысл получит возможность быть описанным через комбинации этих символов. Следовательно, мы получим *формальную модель для исчисления* узуализированных единиц плана содержания определенного, в том числе, естественного языка. Такое исчисление ряд авторов называет (не совсем удачно, с нашей точки зрения) “языком для описания смыслов”.

В свете сказанного ясно, в чем заключается принципиальное отличие отношения значений языковых знаков к смыслам, например, узуальным, от отношения единиц “языка смыслов” к значениям и этим же узуальным смыслам как своим означаемым.

Конструкты “языка смыслов” всегда должны полностью, без остатка “покрывать” представляемое ими значение языковых знаков или узуальные смыслы естественного языка, тогда как значения естественного языка “покрывают” лишь “броские” части обозначаемых ими узуальных смыслов, только минимальное необходимое число намеков на смыслы, что и является главной причиной полисемии языковых знаков.

Вопрос о том, какова техника описания значения и узуальных смыслов через значения “языка смыслов”, нас непосредственно не интересует. Ясно, что она может основываться как на “интегральных” принципах, т. е. на перечислении тех компонентов, на которые можно разложить описываемый смысл, так и на “дифференциальных принципах”, т. е. на преимущественном указании того, чем один узуальный смысл отличается от остальных (в названных работах Ю. Д. Апресяна, А. К. Жолковского и др. преобладает вторая тенденция). Для нас важно другое: **в какой мере “язык”, создаваемый прежде всего для описания узуальных смыслов, способен отражать структуру реального текста, определяемую связями между компонентами актуального смысла, т. е. ситуативно, окказионально возникающего замысла.**

Если всю совокупность узуальных смысловых единиц естественного языка удастся выразить через “язык смыслов” и составить соответствующие словари перехода от единиц естественного языка к их “смысловому описанию”, то, казалось бы, переход от

единиц реального текста к единицам смысловой записи может производиться уже автоматически. А поскольку все смысловые единицы текста будут при этом эксплицированы, то и смысловая структура текста окажется явно выраженной, после чего уже не трудно выявить эту актуальную смысловую структуру с помощью машины. По-видимому, именно так представляют себе возможность выявления смысловой структуры текста создатели “языка смыслов” для описания словарных единиц естественного языка.

Однако, если мы воспользуемся нашим различием понятий **значения, узуального и окказионального смысла**, то станет ясным, что это направление семантических исследований не способно обеспечить автоматическое распознавание структуры связного *текста*, если автомат производит только формализованные операции.

Допустим, что исходный набор значений “языка смыслов” удалось сделать таким, что через него с достаточной степенью точности можно эксплицитно выразить все узуальные семантические компоненты естественного языка. Легко показать, что даже в этом случае многим речевым единицам естественного языка (поскольку они представляют прежде всего значение, а уже через значение — тот или иной набор узуальных смыслов) будет соответствовать несколько эквивалентных точных единиц - “лексем” на “языке смыслов”. Выбор той единственной из них, которая входила в замысел говорящего или пишущего, требует обращения к контексту и ситуации, следовательно, **не к узуальным, а к окказиональным смыслам**, перечень которых **безграничен**, и формальные правила перехода от которых к единицам “языка смыслов” принципиально не могут быть найдены. Но предположим, что даже эта проблема решена каким-либо прямым или косвенным способом. Получим ли мы правильное отражение смысловой структуры текста, если переведем все языковые единицы естественного текста на “язык смыслов”?

Из нашей схемы речевой деятельности следует, что в этом случае будет снята вся “словарная” полисемия, т. е. **истинные подразумевавшиеся узуальные смыслы исходного текста получат однозначное и явно выраженное в символах “языка смыслов”**. Однако, как мы знаем, название **узуальных смыслов** в реальном акте коммуникации **служит лишь средством указания** (прямого или переносного) на **окказиональный смысл**, который как правило, намного конкретнее узуального и является образным представителем внешних (или воображаемых) объектов во всей (или почти во всей) их неповторимой индивидуальности. **Если же автомат не имеет этого плана непосредственного отражения внешних объектов, то у него**

нет и окказиональных смыслов. Но именно **связь между окказиональными смыслами и задает структуру связного текста**, тогда как все формальные признаки связности служат лишь частичным и весьма приблизительным проявлением этой фактической структуры текста.

Так мы снова приходим к выводу, что для установления содержания текста необходимо **“расшифровывать” творческие приемы**, использованные автором текста при выборе средств выражения его содержания, и поэтому нужно либо сознательно идти на участие человека в операции выявления актуальной структуры текста, как в нашей схеме перевода с помощью машины-справочника, либо искать пути осуществления творческих операций на электронных автоматах, для чего в первую очередь **необходимо выйти за границы “чистой лингвистики” и составить представление о психических основах не только коммуникативной деятельности, но и мышления вообще** (т. е. “внеязыковое мышление”, как его называл Бодуэн де Куртенэ, противопоставляя “языковому мышлению”). Следовательно, **“язык смыслов”** оказывается эффективным средством описания только допускающей взаимное соотнесение (терминирование), узуализированной части семантики языка, т. е. только той семантики, которая должна находить отражение в толковых словарях, а не той, которая представлена языковыми единицами в конкретных контекстах или в актах содержательного общения. **Поэтому данные, полученные в рамках модели “смысл-текст”, могут быть весьма полезны для разработки машины-справочника, но не машины-переводчика.**

Однако отсюда нельзя делать вывод, что описание узуальной семантики языка средствами формальных исчислений не имеет отношения к изучению и к машинной реализации содержательного обращения на естественном языке. Как ясно из рассмотренной схемы окказиональной коммуникации, передача неповторимого окказионального смысла средствами языка возможна лишь при наличии *рефлексии у коммуникантов*, способности представлять чужие *представления*, т. е. **знания и умения собеседника**. Следовательно, если для того, чтобы выбрать окказиональный смысл, информативный для воспринимающего, нужно знать, что известно, а что неизвестно ему в той содержательной области, о которой идет речь, то для того, чтобы выбрать средства для языкового выражения этого содержания, необходимо опираться на вполне определенные *предположения* о том, какие узуальные, терминированные семантические единицы содержатся в памяти воспринимающего. А это значит, что вся **узуальная семантика подлежит осознанию**, особенно

если речь идет о воссоздании актов содержательной коммуникации кибернетическими автоматами. Для такого осознания и описания результатов этого осознания новаторские работы создателей “языка смыслов” также имеют большое значение. На проблеме принципиальной возможности содержательного общения человека с машиной, как на одной из важнейших проблем кибернетики, мы тоже должны остановиться. Но перед этим мы должны уточнить, что понимать под **выводным содержанием, которое может стать окказиональным смыслом сообщений**.

Условия формальной выводимости смыслов

Рассмотрев психическую природу основных языковых единиц и механизмы не только **называния (номинации)** любой единицы содержания с помощью ограниченного набора языковых знаков, но и **предикации (передачи элементов нового знания)**, мы теперь уже не смешаем языковую семантику, т. е. **план значений языковых знаков**, с семантикой передаваемого мыслительного содержания, т. е. с **планом окказиональных и узуальных смыслов**, вступающих с единицами значения в **отношение намекания**. Эти представления о природе коммуникации на естественном языке позволили сделать вывод **о принципиальной невозможности построения чисто математических моделей речевой деятельности**, но, в то же время, указали пути увеличения эффективности человеко-машинного общения в тех частных случаях, когда **звено намекания в коммуникативном цикле удается редуцировать до узуальных ассоциаций по смежности**. Такая редукция возможна тогда, когда **тексты, предъявляемые машине и порождаемые машиной, могут быть интерпретированы только в узуальных и, следовательно, перечислимых смыслах и в перечислимом составе преобразований одних смыслов в другие**. Теперь мы детальнее остановимся на вопросе о том, как велика доля таких семантических условий, благоприятных для машинной реализации, причем нас будет интересовать в первую очередь семантика экономических текстов, поскольку именно они представляют основной массив информации в современных АСУ.

Противопоставив смысловое содержание языковому, а языковое тем речевым или текстовым символам, которые лишь указывают на языковое содержание, мы имеем право рассуждать **о смысловом содержании**, отвлекаясь, если это нужно, от способов его текстового выражения. Учтя сказанное, обратим теперь снова внимание на одну

существенную особенность смыслового содержания в психике человека, которая важна и для проблемы человеко-машинного общения. Эта существенная особенность заключается в **“генеративных способностях” смыслов.**

Будучи отражением свойств явлений реальной действительности, элементы содержания — смыслы, допускают взаимодействия и преобразования, результатом которых являются новые элементы знания, *новые смыслы*, уже не относящиеся к числу возникших вследствие отражения наблюдавшихся ранее явлений действительности, но, тем не менее, соотносимые с реальными явлениями и именно благодаря этому представляющие ценность для субъекта и используемые им наряду с непосредственными отражениями. Иными словами, **смыслы могут служить основой получения выводного знания** и чем реже выводное знание вступает в противоречие с *эмпирически* полученным знанием, тем эффективнее сама мыслительная деятельность. **Поэтому естественно желание оценить, насколько сохраняется названное свойство выводимости одного знания из другого, одних смыслов из других, если мы намерены иметь план смыслового содержания и в кибернетических автоматах.**

Представим для начала, что получение новых смыслов из имеющихся осуществляется из элементарных смыслов с помощью логических операций, например, **в границах булевой алгебры**. В роли элементарных возьмем смыслы простых высказываний, единственное требование к которым, если исходить из утверждений, изложенных в книгах по математической логике, заключается в очевидности отнесения выражаемого ими содержания к значению “истина” или “ложь”, а выводное знание получим из этих элементарных смыслов как “смысл сложного высказывания” с помощью той или иной логической операции, например, **импликации**.

Почти любой учебник или монография по математической логике содержит такие утверждения: истинностное значение сложного высказывания зависит только от того, истина или ложь приписана (в таблице истинности) рассматриваемой комбинации истинностных значений элементарных высказываний. В частности, в таблице импликации мы находим значение “ложь”, если первое элементарное высказывание имеет значение “истина”, а второе — “ложь”. В остальных же случаях сложное высказывание истинно, поэтому утверждение вида: “то, что из высказывания “атом кислорода легче атома водорода” следует, что “дельфин — рыба””, должно считаться истинным. Примеры подобного рода постоянно смакуются в

логической литературе, однако если мы хотим построить автомат, который осуществлял бы логические операции, то, с одной стороны, получать подобные “выводные знания” автоматически не представляет никакого труда, однако в то же время трудно представить, какую пользу может получить от подобной операции человек, общающийся с автоматом, и сам этот автомат. Кроме того, обычно возникает сомнение: а имеет ли какое-либо отношение то, что называется выводом в математической логике, к тем логическим процессам, на основе которых получает выводные знания мыслящий субъект. И если не имеет, то не ясно, с какой же стороны подступиться к проблеме реализации смысловых противопоставлений в автомате, соответствующих смысловым противопоставлениям именно в психике человека.

Отвечая на поставленные вопросы, мы сможем сначала обратить внимание на **некоторые широко распространенные недоразумения в понимании соотношений между элементарными и сложными логическими высказываниями**, после чего станут более ясными условия, при которых выводные знания, полученные даже в рамках только булевой алгебры, перестают быть странными и парадоксальными и не противоречат более нашим интуитивным представлениям **о связи выводного знания с исходным**. Лишь после этого сможем мы продолжить анализ вопроса и о тех необходимых условиях, которые обеспечат действительную смысловую содержательность логических преобразований, даже если осуществляются эти преобразования чисто формально, в памяти электронного автомата.

Сначала обратим внимание на один факт из истории математической логики, который является фундаментальным для понимания ее природы, но почему-то не учитывается современными логиками, когда они приводят “поясняющие” примеры определения истинности сложного высказывания из элементарных. К числу тех немногих математиков, которые осознали фундаментальность этого факта, относится А. С. Кузичев. В книге “*Диаграммы Венна*” он пишет, что около ста лет тому назад Джон Венн пришел к выводу, что “законы формальной логики... не действуют автоматически: если не позаботиться о надлежащем выборе универсума и соответствующем уточнении понятий, они потеряют смысл”. Иными словами, **чтобы составлять сложное высказывание из элементарных, необходимо точно установить, что они являются элементами одного и того же универсума**; лишь в этом случае они сопоставимы по смыслу и производное, сложное высказывание тоже приобретает смысл. Иначе

получается то, что в народе давно высмеивается шуткой: “В огороде бузина, а в Киеве дядька”.

А как понимается в настоящее время *универсум* (универсальное множество)? Вот как определяется оно американским математиком Л. Т. Берзтиссом. “Если все множества, рассматриваемые в рамках определенной ситуации или рассуждения, являются подмножествами определенного множества U , то последнее является универсальным множеством (или универсумом) для данного рассуждения”.

Итак, и из этого определения следует: **одного того факта, что рассматриваемые элементарные высказывания принимают лишь значения “истина” или “ложь”, недостаточно для того, чтобы процедура составления сложного высказывания из простого имела смысл. Необходимо, чтобы эти высказывания представляли в качестве своего смысла элементы одной и той же “ситуации или рассуждения”. Если это элементы множества, то необходимо, чтобы они являлись подмножествами одного и того же множества более высокого уровня. Более точно эту же мысль можно выразить через понятие булеана $B(M)$, т. е. множества всех подмножеств исходного множества M : элементарные высказывания могут вступать в логические отношения и производить бессмысленные сложные высказывания, если смыслы элементарных высказываний являются членами одного и того же булеана; при этом смысл составного высказывания будет принадлежать этому же булеану и следовательно, будет иметь отношение к решаемой задаче.**

Таким образом, если мы хотим осуществлять в автомате даже одни только формальные логические операции, то должны побеспокоиться о том, чтобы символам элементарных высказываний соответствовали смыслы, принадлежащие одному множеству всех подмножеств исходного множества смыслов, т. е. **одному булеану смыслов**. Иначе производные, сложные высказывания будут бессмысленными и, следовательно, утратит практический смысл и сама деятельность автоматизации логических операций.

Первоисточки совместимости смыслов элементарных высказываний

Теперь возникает вопрос: каким же образом установить принадлежность смыслов элементарных высказываний к “определенной ситуации или рассуждению” и, следовательно, как быть уверенным в том, что если эти смыслы имеют внешнее выражение, например, в виде высказываний, то мы вправе рассматривать эти высказывания как **символы членов одного булеана?**

Как отмечалось в одной из работ, **успех формального анализа сложных явлений “в первую очередь зависит от того, насколько удачно (интуитивно или из теоретических предпосылок, неважно) выбраны индикаторы.** Например, раскрытие сложной структуры рефлекторных реакций животных стало возможным потому, что физиолог И. П. Павлов выбрал очень эффективный индикатор - **знаменитую слюнную железу**”. Естественно, что сложная задача подразумевает использование большого количества индикаторов, но они должны быть не независимыми, а объединенными иерархически: **некоторый “главный” индикатор отражает факт принадлежности компонентов, рассматриваемых в задаче, к одному множеству, другие индикаторы свидетельствуют о разбиении этого множества компонентов на подмножества, каждый из которых может в свою очередь распадаться на под-подмножества, о чем должны свидетельствовать показания индикаторов следующего, более, глубокого уровня и т. д.** Но сколько бы уровней рассмотрения ситуации ни понадобилось при решении поставленной задачи, отражения ее компонентов в виде высказываний, моделей т. т. д. в конечном счете сводят семантику этих высказываний и моделей к констатации **наличия определенных физических свойств, обнаруживаемых с помощью индикаторов.** В частности, если речь идет о мыслительной смысловой семантике, то она является фиксацией (в нейронах мозга) показаний естественных индикаторов - **органов чувств.**

При этом сами сигналы с различных органов чувств могут иметь единственную физическую природу, например, электрические импульсы, частота которых пропорциональна интенсивности того физического свойства, которое обнаруживается с помощью каждого из органов чувств. Однако, отражаясь в памяти, эти сигналы должны хранить следы не только обнаруженной интенсивности, но и те или иные пометы о том, показанием какого именно органа, какого рецептора являются зафиксированные сигналы (это условие соблюдено в используемой нами символической записи процессов отражения).

Соответственно и при построении семантического поля автомата, если он будет снабжен рецепторами, **сохранение “имени**

индикатора” при информации, поступившей с него в память машины, является необходимым условием определения смысловой сопоставимости элементов знания такого автомата о внешней среде и, следовательно, способности получать знания о ней путем логического вывода.

И, наконец, если имеется в виду современная ЭВМ и с ее помощью мы намерены решать семантические задачи, то, как и при построении формальной теории, такое предприятие будет успешным лишь в той мере, в какой за символами теории будут стоять совместимые в смысловом отношении элементы содержания, даже если эти элементы размещены не в памяти машины, а в сознании пользователей.

Наиболее полно указанный принцип излагается в системной концепции И. П. Кузнецова. Вот что он пишет по этому поводу в одной из своих работ: “В математике каждому вводимому термину предшествует так называемый квантор существования, который делает законным использование соответствующего термина. В реальной ситуации роль квантора существования возлагается на измерительный прибор. Если измерительный прибор существует, то значение термина определяется отсчетом на шкале или шкалах измерительных приборов... Мы можем говорить об “экспериментальном пространстве”, где число осей соответствует числу шкал измерительных приборов”.

Ясно, что требование принадлежности множества всех смыслов элементарных высказываний к одному булеану является частным выражением более общего принципа принадлежности смысла любого термина или высказывания теории к одному и тому же “экспериментальному пространству”, а взаимная сопоставимость различных теорий возможна лишь тогда, когда их “экспериментальные пространства” являются “подпространствами” пространства более высокого уровня.

Чем полнее свойства различных объектов и ситуаций удастся отразить через комбинации показаний одного и того же набора измерительных приборов, тем больше вероятность сводимости частных “экспериментальных пространств” к единому, обобщающему “экспериментальному пространству”, тем более полные выводные знания могут быть получены в таком пространстве из уже имеющихся знаний.

Как показано в работах П. Г. Кузнецова и Р. О. ди Бартини, все физические величины, в том числе масса, могут быть выражены в размерности только времени и пространства, следовательно, в этом случае сопоставимость высказываний о самых различных

физических величинах имеет минимальную вероятность оказаться бессмысленной. Исходя из всего сказанного, рассмотрим конкретный пример. Остановимся на проблеме спецификации семантики экономических текстов как наиболее типичных для значительной части информационных систем АСУ в связи с оценкой возможностей использования естественного языка при общении человека с машиной.

Особенности смыслового выявления свойств денотатов экономических текстов

Нетрудно видеть, что в подавляющем числе случаев с единицами экономического текста могут быть соотнесены без особого труда единицы внешней денотативной семантики, т. е. единицы реальной действительности, подразумеваемые автором текста. Следовательно, если исходить из нашего понимания смыслов как отражения свойств реальной действительности в психике, а также свойств, выявленных логически, то ясность внешней денотативной соотнесенности единиц текста позволяет установить многие важные характеристики и единиц смысла, представляемого единицами текста, и, прежде всего, проверить, в какой мере в экономических текстах выполняется условие смысловой совместимости элементарных высказываний. Для этого достаточно выявить, могут ли быть сформированы смыслы этих высказываний с помощью очевидных и общепризнанных индикаторов свойств тех денотатов и тех ситуаций, рассмотрение и анализ которые важен для решения экономических задач.

Убедимся, что семантика значительной части экономических текстов в рассматриваемом отношении представляет собой весьма редкое по благоприятности исключение из многообразных видов семантик других текстов, если речь идет о текстах, отражающих состояния функционирующих производственно-экономических систем: предприятий, министерств, ведомств и т. п. Остановимся для примера на АСУ промышленного предприятия. К главным характеристикам объектов и явлений внешнего мира относятся их пространственные и временные координаты. В экономических системах (с той степенью точности, которая важна для ее функционирования) всегда существуют отработанные средства фиксации места и времени событий, перемещений объектов, моменты их переходов из одного состояния в другое, места, моменты и периоды их взаимодействия и т. п. Так, в частности, физически измеренным всегда бывает абсолютный возраст работников предприятия, моменты их перехода из одной возрастной группы в другую; фиксируется

момент начала и момент окончания изготовления продукта и т. п.

Принадлежность работников к профессиональным группам, уровням и подразделениям определяется и единообразным способом фиксируется квалификационной комиссией, идентификация каждого работника осуществляется работником бюро пропусков или табельщиком, табельщик же стандартным образом записывает время, потраченное работниками на производстве. Эффективность этого времени характеризуется величиной и качеством продукции, для чего продукция осматривается и нередко измеряется работниками отдела технического контроля.

На предприятии есть также отработанные процедуры, приспособления и приборы для определения затрат материала и энергии на производство заданной продукции.

Из сказанного следует, что символами экономических текстов представлены именно свойства реальных объектов, ситуаций и состояний производственно-экономической системы, выявленные на уровне телесной реальности с помощью системы индикаторов, измерительных приборов, опознающих устройств, в том числе и таких, которые используют возможности человеческих органов чувств и логику человеческого мышления, но фиксируют результаты проверки и оценки только *стандартными символами*.

В психике человека все эти показания индикаторов не просто запечатляются, но и различаются по таким параметрам, как вид индикатора, от которого то или иное показание получено, как связь показаний индикаторов качеств с одним и тем же показанием измерителя времени или с пространственной локализацией. В самой реальной действительности (в силу ее материальности) одни виды свойств и взаимодействий между объектами экономической системы оказываются возможными, другие — исключенными, третьи — подготовленными к возникновению наличием других. Следовательно, в психологических отражениях этих объектов с обнаруженными в них свойствами одни взаимодействия между отражениями окажутся возможными, другие — исключенными, третьи — подготовленными к возникновению, хотя степень этого гомоморфизма может быть различной, в зависимости от количества индуцируемых свойств, точности и разрешающей способности используемых измерительных приборов, датчиков и индикаторов.

Таким образом, для экономических текстов мы имеем уровень смысла, “экспериментальное пространство”, отражающее “пространство” реальных и возможных (потенциальных) свойств определенной

области действительности. Среди отношений между элементами такого смыслового поля появятся такие, которые тоже имеют смысл, и такие, которые бессмысленны и автоматически будут отбраковываться при выведении новой информации из уже имеющейся. В этом случае парадоксальным импликациям, требующим признать истинным сложный смысл из двух элементарных: “атом кислорода тяжелее атома водорода и дельфины—рыбы”, на том лишь основании, что истинность или ложность каждого компонента будет проверена физически, уже не останется места. Пока не будет указана та процедура, тот индикатор, то измерение, которое делает небесмысленным сопоставление индикаторов истинности—ложности составных смыслов, ответ об истинности или ложности сложного смысла просто не выводится.

В то же время, если имеется в виду экономическая система и в качестве ее объектов рассматриваются такие экономические показатели, как, например, сменная норма производства определенного продукта, факт ее выполнения досрочно и факт перевыполнения нормы (т. е. выдачи в течение смены продукта в большем количестве, чем предусмотрено нормой), то все эти явления и объекты на самом физическом, внешнем денотативном уровне находятся в сети вполне определенных связей, могут образовывать более сложные явления и объекты, представлять собой члены одного и того же булеана. Поэтому и выводное, полученное на основании законов даже формальной логики знание, не может в этом случае оказаться “формально истинным” и фактически бессмысленным: формальная проверка выводимости нового знания окажется эффективным, хотя и простейшим, средством выведения нового смысла из уже имеющегося, получения новых знаний из накопленного опыта, средством предсказания того, что в реальной экономической системе возможно, а что принципиально невозможно, что позволяет свести к минимуму количество прямых экспериментальных проверок состояния системы без риска ухудшить процесс управления этой системой.

Рассмотрим пример. Пусть известно, что в цехе хорошо налажена служба регистрации выполнения и перевыполнения сменной нормы рабочими. Тогда мы в документах встретим лишь такие записи:

- 1) норма (за время смены) перевыполнена и норма выполнена досрочно;
- 2) норма не перевыполнена и норма выполнена досрочно;
- 3) норма не перевыполнена и норма не выполнена досрочно.

И ни в коем случае не встретим записи: норма перевыполнена и норма не выполнена досрочно. Это следует из того, что прежде, чем

перевыполнить норму в течение смены, ее нужно выполнить до окончания смены, т. е. досрочно. Иными словами, здесь смысл импликации вытекает из *логики вещей*, и парадоксальные выводные знания, если это не следствия неполноты исходных знаний, получиться не могут и к свойствам импликации самой по себе это отношения не имеет.

Условия реализуемости содержательного общения с машиной

Таким образом, мы приходим к выводу, что если имеется реальная экономическая система, если релевантные экономические параметры этой системы проверяются физически, если автоматизированная система управления способна, несмотря на все многоступенчатые преобразования сигналов индикаторов и приборов, определяющих эти параметры, сохранить окончательные формы сигналов в таком виде, чтобы сопоставимые показания остались сопоставимыми, связанные — связанными и т. д., **то мы можем рассматривать такую АСУ как имеющую в себе содержательную, смысловую информацию, способную выводить новые смыслы из уже имеющихся, прогнозировать состояния управляемой экономической системы на основе сопоставления имеющихся смысловых данных об этой системе.** И только при этом условии, когда сама машина имеет **поле смыслов**, становится реальным вопрос о том, как приобщаться человеку к этим смыслам на основе определенной вспомогательной знаковой системы и как в той или иной мере изменять смысловую информацию в АСУ не только с помощью показаний индикаторов состояния управляемой системой или выводов новых смыслов из имеющихся в смысловом поле самой машины, но и на основе воздействий на машину со стороны человека с помощью знаков этой знаковой системы.

Рассмотренные нами механизмы общения людей на естественном языке позволяют нам ответить и на этот вопрос.

Введение языка для общения человека с машиной в современных АСУ максимально упрощается в случае, если информация об объекте управления относится к такому типу характеристик объекта, и, следовательно, если получаемые от машины и передаваемые машине тексты являются выразителями информации со строгой соотнесенностью с **физическими параметрами внешних денотатов.** При этом можно четко выделить **два главных этапа** введения и совершенствования такого языка человеко-машинного общения.

Первый, наиболее простой и вполне реализуемый на ЭВМ и в то же время существенно облегчающий взаимодействие человека с АСУ этап внедрения должен использовать, как уже отмечалось, **принципы построения квазиестественного языка**. В той мере, в какой внешние объекты, например, экономические, отражены в АСУ через их реальные параметры, прежде всего — **числовые и вычислимые, эти параметры являются в нашем понимании содержательными**. Поэтому логически выводимые из них новые параметры (в том числе выводимые путем количественных преобразований некоторых исходных чисел) также являются **осмысленными, интерпретируемыми** в терминах свойств управляемого объекта. Если, кроме того, объект управления не проектируется, не создается, а функционирует в установившемся режиме, то изменимость параметров его компонентов находится в определенных границах, вследствие чего и закономерности влияния одних параметров на другие остаются неизменными. А так как в процессе общения необходимо бывает называть определенные смыслы, а перечень элементарных смыслов и законов перехода от элементарных к производным в таких АСУ можно считать неизменным или, во всяком случае, во всем многообразии смыслов выделить подмножество названных неизменных смыслов, то, **в соответствии с нашей схемой речевой деятельности, эти смыслы должны быть отнесены к классу узуальных**.

Как и любой иной, узуальный смысл может быть выражен в естественном языке с помощью окказионально подобранных намекающих значений и соответствующих этим значениям языковых знаков. Но узуальные смыслы могут, в отличие от окказиональных, выражаться и стандартизованным, узуализированным способом. В этом случае в естественном языке наличие значений у узуальных знаков узуальных смыслов представляет интерес лишь с точки зрения этимологии и мотивировки выбора знаков этих смыслов. В сложившихся нормах общения значения знаков узуальных смыслов почти теряют функциональную нагрузку, и ассоциация по смежности может сформироваться непосредственная, **от психического образа знака к обозначаемому смысловому элементу**. Это освобождает говорящих от необходимости каждый раз, при назывании данного смысла, подбирать значения-намекатели, и в коммуникативной цепи звено “намекающее — намекаемое” вообще исчезает.

Как мы видели, в актах общения на естественном языке “стыковка” значений со смыслом, т. е. осуществление отношения “намекаемое - намекающее” представляет сложный творческий акт, опыты по

реализации которого на ЭВМ дали пока что незначительные результаты, что и является одним из главных препятствий осуществления общения с машиной на естественном языке (другим препятствием, как мы видели, служит непонимание отличия собственно смысловых операции от операций над условными знаками).

Но так как в случае, если АСУ предназначена прежде всего для управления экономическими показателями управляемого объекта, на первом этапе общения предполагается называть только узуальные смыслы, то можно обойтись без звена “намекающее — намекаемое”. **Достаточно связать ассоциацией по смежности эти узуальные смыслы непосредственно с образами используемых знаков и, следовательно, построить язык из знаков, не имеющих значений, а имеющих только узуальные смыслы.**

Так как знаки, поскольку они ассоциированы со смыслами по смежности, могут быть в этом случае любыми, то можем воспользоваться этой степенью свободы для того, чтобы взять в качестве знаков те же термины, которые используют специалисты для называния “языковленных” смыслов, отражающих экономические показатели управляемого объекта.

Таким образом, каждый экономический показатель в такой АСУ представлен двумя “полями”. Во-первых, независимо от того, предусмотрено общение с такой АСУ на удобном человеко-машинном языке или нет, **в автомате хранится собственно смысловая информация**: экономически значимые параметры компонентов управляемого объекта, их взаимодействия и т.д. **с внутренними “машинными” пометами**, поясняющими на показаниях каких приборов, индикаторов или процедур эти параметры опираются. Наличие такой информации делает АСУ **действующей имитационной моделью управляемого объекта**, и если нужно, прогнозы такой АСУ и получаемые в ней новые параметры могут воздействовать непосредственно на управляемый объект и, следовательно, влиять на его текущее состояние. Во-вторых, если АСУ является такой имитационной моделью, то всем **неизменным единицам ее смыслового поля в памяти должны быть поставлены в соответствии языковые знаки названного выше вида**. С помощью этих знаков как образов должны легко воспроизводиться речевые знаки и, наоборот, воспринимаемые речевые знаки должны отождествляться с соответствующими языковыми, т. е. **опознаваться с помощью хранящихся в памяти эталонов — языковых знаков**.

На первых этапах легче всего реализовать речевые знаки в виде печатных и одновременно перфорируемых, что упростит проблему их

опознания, хотя общение с автоматом будет в этом случае лишь **письменное, текстовое**. По мере совершенствования систем распознавания звуковых образов общение с АСУ может быть переведено и на **звуковое, устное**. Следовательно, **средством общения в этом случае будет язык**, состоящий из терминов, принятых в экономических текстах, и в этом смысле человек будет воспринимать такое общение как достаточно естественное. “Искусственность” же такого общения будет выражаться в ограничениях на типы вопросов, которые можно задавать машине, что реально проявится в ограниченности типов ответов, которые она сможет выдать.

В заключение наметим пути перехода от первого ко второму этапу разработки языка человеко-машинного общения в АСУ, управляющих экономическими параметрами объектов. На этом этапе язык будет приближен к естественному не только внешне, с точки зрения восприятия общающегося с автоматом человека, но и внутренне, т. е. по принципам формирования и анализа экономических текстов во внутренних информационных механизмах автомата.

В свете всего сказанного легко понять, что рано или поздно в содержательной, способной прогнозировать и получать выводной смысл части АСУ удастся осуществить выведение нового смысла не только с помощью жестко детерминированных логических схем и не только с вероятностными поправками, которые, по существу, не выводят нас за границы детерминационного моделирования, но и с помощью сопоставления характеристик одного экономического объекта с характеристиками других как образов, между которыми устанавливается отношение лишь нестрогой упорядоченности по степени сходства. Введение этих режимов целесообразно лишь при поиске ответов на такие задачи, которые детерминированным количественным или логическим методом уже не решаются.

Следовательно, эти нестрогие режимы решения и прогнозирования не отменяют строгих решений, а лишь дополняют их; они не могут конкурировать со строгими, если последние осуществимы, но, с другой стороны, когда детерминированное решение вообще не осуществимо, автомат может выдать хотя и второсортное нестрогое решение, но все-таки выдать, а не отказать вообще от решения.

В заключение сформулируем одну чисто внешнюю отличительную черту излагаемой системологической концепции к решению сложных задач от строгого формального структуралистического подхода, с одной стороны, и от интуитивного, относящегося скорее к области искусства, чем науки — с другой.

Человек, имеющий богатый опыт и природную интуицию, способен успешно решать самые сложные проблемы. Но как он это делает и сделал ли он все возможное в каждом конкретном случае — это неизвестно даже ему самому. Если же непосредственное решение задачи удастся заменить анализом вспомогательной структурной модели, построенной из элементов, свойства которых предварительно изучены, появляется высокий уровень гарантии того, что полученное решение верно, ибо любой другой человек, владеющий соответствующим формализмом, имеет возможность перепроверить каждый шаг решения и убедиться в его правильности (либо найти ошибку и исправить ее). Основное преимущество такого метода решения (который многие в настоящее время считают единственно научным) заключается в его *объективности*: независимо от индивидуальных особенностей многих решающих все результаты будут тождественными (если, конечно, не допущено простых ошибок в расчетах или в доказательствах).

Однако, если задача не допускает формализации, то она научно (в упомянутом смысле) вообще оказывается неразрешимой, причем круг формализуемых задач, как мы видели, принципиально весьма узок.

Что же дает системный подход?

Во-первых, решение средствами формального структурного моделирования является одним из начальных этапов системного подхода к задаче. Во-вторых, с помощью понятий системологии удастся оценить степень соблюдения необходимых условий успешного применения структурного моделирования, так что псевдоточные решения, которые не удастся интерпретировать в терминах компонентов ситуации, приведшей к постановке задачи, при системном подходе практически исключены, тогда как при чисто структурном подходе определить уровень формализуемости задачи можно только на основе интуиции и опыта. В-третьих, после того, как задача решена на уровне формализуемого компонента ситуации, исследователь или конструктор может привлечь знания о законах адаптации, о принципах согласования структуры, субстанции, функции, материала и детерминанты объекта и тем самым объяснить или предсказать многие тонкие свойства объекта, которые уже не могут обсуждаться на уровне формального моделирования. Правда, при этом эффективность извлечения

дополнительных сведений за счет привлечения методов системологии зависит от индивидуальных особенностей решающего, от его опыта и эрудиции, следовательно, результаты, полученные несколькими исследователями или конструкторами, принципиально могут быть различными. Но это различие иное, чем при чисто интуитивном подходе. Ведь речь идет о различии в дополнительной, более “тонкой” информации, полученной сверх того максимума, который принципиально достижим на стадии формального решения. Следовательно, **только при системном подходе** появляется возможность гарантировать то, что качество решения объективно находится на уровне, не ниже получаемого “строгими” методами, и субъективно представляет то высшее, на что способен индивид при его творческих возможностях. Именно этот принцип со временем удастся реализовать и на кибернетических автоматах, осуществляющих хотя бы элементарные творческие акты. Без осознанного внедрения этого принципа в теорию и практику современной кибернетики едва ли можно надеяться на серьезные успехи в области создания искусственного интеллекта и использования естественного языка для общения человека с машиной.

5. Линейные стационарные системы

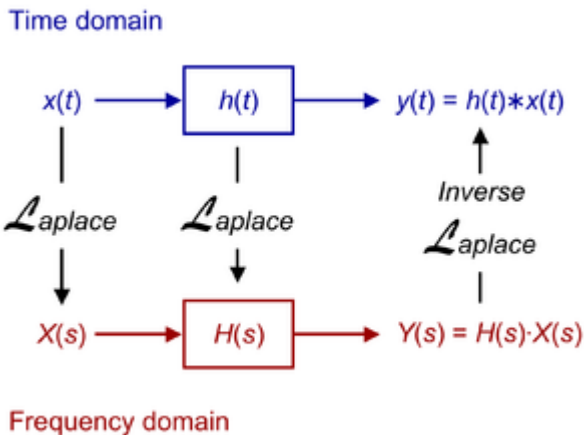
Теория линейных стационарных систем — раздел общей теории изучающий поведение и динамические свойства линейных стационарных систем (ЛСС). Широко используется в процессе управления техническими системами, цифровой обработке сигналов и других областях науки и техники.

Определяющими свойствами для любой линейной стационарной системы являются линейность и стационарность:

- Линейность означает, что связь между входом и выходом системы удовлетворяет свойству. Формально, линейной называется система, обладающая следующим свойством: если сигнал на входе системы (воздействие) — $x(t) = A \cdot x_1(t) + B \cdot x_2(t)$ тогда сигнал на выходе системы (реакция) — $y(t) = A \cdot y_1(t) + B \cdot y_2(t)$ для любых постоянных A и B , где $y_i(t)$ — выход системы как реакция на входной сигнал (воздействие) $x_i(t)$.

- Стационарность — означает, что выходной сигнал системы как реакция на любой заданный входной сигнал одинаков для любого момента приложения входного сигнала (с точностью до времени запаздывания момента приложения входного сигнала). В более узком смысле — при запаздывании входного сигнала по времени на некоторую величину, выходной сигнал будет запаздывать на ту же самую величину.

Динамика систем, обладающих вышеперечисленными свойствами, может описываться одной простой функцией, к примеру, импульсной переходной функцией. Выход системы может рассчитываться как свёртка входного сигнала с импульсной переходной функцией системы. Этот метод анализа иногда называется анализом во временной области. Сказанное справедливо и для дискретных систем.



Связь между временной и частотной областями

Кроме того, любая ЛСС может быть описана в частотной области с помощью своей передаточной функции, которая является преобразование Лапласа импульсной передаточной функции (или Z-преобразованием в случае дискретных систем). В силу свойств этих преобразований, выход системы в частотной области будет равен произведению передаточной функции и соответствующего преобразования входного сигнала. Другими словами, свёртке во временной области соответствует умножение в частотной области. Для

всех ЛСС собственные функции являются комплексными экспонентами. То есть, если вход системы представляет собой комплексный сигнал Ae^{st} с некоторой комплексной амплитудой A и частотой s , то выход будет равен некоторому сигналу Be^{st} с комплексной амплитудой B . Отношение B/A будет являться передаточной функцией системы на частоте s . Так как синусоиды представляют собой сумму комплексных экспонент с комплексно-сопряжёнными частотами, если вход системы — синусоида, то выходом системы будет также синусоида, в общем случае с другой амплитудой и фазой, но с той же частотой.

Теория ЛСС хорошо подходит для описания многих систем. Большинство ЛСС гораздо проще анализировать, чем нестационарные и нелинейные системы. Любая система, динамика которой описывается линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, является линейной стационарной системой. Примерами таких систем являются электрические схемы, собранные из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности (RLC-цепочки). Груз на пружинке также можно считать ЛСС. Большая часть общих концепций ЛСС схожа как в случае непрерывных систем, так и в случае дискретных систем.

5.1. Стационарность и линейные преобразования

Рассмотрим нестационарную систему, чья импульсная характеристика представляет собой функцию двух переменных. Посмотрим, как свойство стационарности поможет нам избавиться от одного измерения. К примеру, пусть входной сигнал — $x(t)$, где аргумент — числа действительной оси, то есть $t \in \mathbb{R}$. Линейный оператор \mathcal{H} показывает, как система обрабатывает этот входной сигнал. Соответствующий оператор для некоторого набора аргументов представляет собой функцию двух переменных:

$$h(t_1, t_2), t_1, t_2 \in \mathbb{R}.$$

Для дискретной системы:

$$h[n_1, n_2], n_1, n_2 \in \mathbb{Z}.$$

Так как \mathcal{H} — линейный оператор, воздействие системы на входной сигнал $x(t)$ представляется линейным преобразованием, описываемым следующим интегралом (интеграл суперпозиции)

$$y(t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t_1, t_2) x(t_2) dt_2.$$

Если линейный оператор \mathcal{H} ко всему прочему является и стационарным, тогда

$$h(t_1, t_2) = h(t_1 + \tau, t_2 + \tau) \quad \forall \tau \in \mathbb{R}.$$

Положив

$$\tau = -t_2,$$

получим:

$$h(t_1, t_2) = h(t_1 - t_2, 0).$$

Для краткости записи второй аргумент в $h(t_1, t_2)$ обычно опускается и интеграл суперпозиции становится интегралом свёртки:

$$y(t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t_1 - t_2) x(t_2) dt_2 = (h * x)(t_1).$$

Таким образом, интеграл свёртки показывает как линейная стационарная система обрабатывает любой входной сигнал. Полученное соотношение для дискретных систем:

$$y[n_1] = \sum_{n_2=-\infty}^{\infty} h[n_1 - n_2] x[n_2] = (h * x)[n_1].$$

5.2. Импульсная переходная функция

Если ко входу системы приложить входной сигнал в виде дельта-функции Дирака, результирующий выходной сигнал ЛСС будет представлять собой импульсную переходную функцию системы. Запись:

$$(h * \delta)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t - \tau) \delta(\tau) d\tau = h(t),$$

Для дискретной системы:

$$x[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m] \delta[n - m].$$

(из-за свойства сдвига дельта-функции).

Заметим, что:

$$h(t) = h(t, 0) \text{ (with } t = t_1 - t_2)$$

то есть $h(t)$ — импульсная переходная функция системы

Импульсная переходная функция используется для того, чтобы найти выходной сигнал системы как реакцию на любой входной сигнал. Кроме того, любой вход может быть представлен в виде суперпозиции дельта-функций:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \delta(t - \tau) d\tau$$

Приложив ко входу системы, получим:

$$\begin{aligned}
 \mathcal{H}x(t) &= \mathcal{H} \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \delta(t - \tau) d\tau \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{H}x(\tau) \delta(t - \tau) d\tau && \text{(так как } \mathcal{H} \text{ линейна)} \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \mathcal{H}\delta(t - \tau) d\tau && \text{(так как } x(\tau) \text{ постоянна по } t \text{ и} \\
 &\quad \mathcal{H} \text{ линейна)} \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t - \tau) d\tau && \text{(by definition of } h(t))
 \end{aligned}$$

В импульсной переходной функции $h(t)$ содержится вся информация о динамике ЛСС.

5.3. Собственные функции

Собственная функция — функция, для которой выход оператора представляет собой ту же функцию, в общем случае с точностью до постоянного множителя. Запись:

$$\mathcal{H}f = \lambda f,$$

где f — собственная функция, и λ — собственное число, константа.

Экспоненты e^{st} , где $s \in \mathbb{C}$ являются собственными функциями линейного стационарного оператора. Простое доказательство:

Пусть входной сигнал системы $x(t) = e^{st}$. Тогда выходной сигнал системы $h(t)$ равен:

$$\int_{-\infty}^{\infty} h(t - \tau) e^{s\tau} d\tau$$

что эквивалентно следующему выражению в силу коммутативности свёртки:

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) e^{s(t-\tau)} d\tau \\ &= e^{st} \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) e^{-s\tau} d\tau \\ &= e^{st} H(s), \end{aligned}$$

где

$$H(s) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-st} dt$$

зависит только от s .

Таким образом, e^{st} — собственная функция ЛСС.

5.4. Преобразования Лапласа и Фурье

Преобразование Лапласа

$$H(s) = \mathcal{L}\{h(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-st} dt$$

является точным способом получить собственные числа из импульсной переходной функции. Особенный интерес представляют чистые синусоиды, то есть экспоненты вида $\exp(j\omega t)$ где $\omega \in \mathbb{R}$ и j — мнимая единица. Они обычно называются комплексными экспонентами даже если аргумент не имеет действительной части.

Преобразование Фурье $H(j\omega) = \mathcal{F}\{h(t)\}$ даёт собственные числа для чисто комплексных синусоид. $H(s)$ называется *передаточной функцией системы*, иногда в литературе этот термин применяют и к $H(j\omega)$.

Преобразование Лапласа обычно используется для односторонних сигналов, то есть при нулевых начальных условиях. Начальный момент времени без потери общности принимается за ноль, а преобразование берётся от ноля до бесконечности (преобразование, которое получается при интегрировании также и до минус бесконечности, называется двустороннее преобразование Лапласа).

Преобразование Фурье используется для анализа систем, через которые проходят периодические сигналы, и во многих других случаях — например, для анализа системы на устойчивость.

Из-за свойств свёртки для обоих преобразований имеют место следующие соотношения:

$$\begin{aligned} y(t) &= (h * x)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t - \tau)x(\tau)d\tau \\ &= \mathcal{L}^{-1}\{H(s)X(s)\} \end{aligned}$$

Для дискретных систем:

$$\begin{aligned} y[n] &= (h * x)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} h[n - m]x[m] \\ &= \mathcal{Z}^{-1}\{H(s)X(s)\} \end{aligned}$$

5.5. Некоторые свойства линейных систем

Некоторые из важных свойств любой системы — причинность и устойчивость. Для того, чтобы система существовала в реальном мире, должен выполняться принцип причинности. Неустойчивые системы могут быть построены и иногда быть даже полезными.

Причинная система (причинность)

Система называется причинной, если её выход зависит только от текущего или предыдущего приложенного воздействия. Необходимое и достаточное условие причинности:

$$h(t) = 0 \quad \forall t < 0,$$

Для дискретных систем:

$$h[n] = 0 \quad \forall n < 0,$$

где $h(t)$ — импульсная переходная функция. В явном виде определить причинная система или нет из её преобразования Лапласа в общем случае невозможно, так как обратное преобразование Лапласа не является уникальным. Причинность может быть определена когда задана область сходимости.

Устойчивость BIBO

Система является устойчивой по ограниченному входу, ограниченному выходу (англ. *bounded input, bounded output stable, BIBO stable*) если для каждого ограниченного входа выходной сигнал является конечным. Запись: Если

$$\|x(t)\|_{\infty} = \lim_{p \rightarrow \infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^p dt \right)^{1/p} < \infty$$

и

$$\|y(t)\|_{\infty} = \lim_{p \rightarrow \infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} |y(t)|^p dt \right)^{1/p} < \infty$$

(то есть, максимумы абсолютных значений $x(t)$ и $y(t)$ конечны), тогда система устойчива. Необходимое и достаточное условие устойчивости: импульсная переходная характеристика системы, $h(t)$, должна удовлетворять выражению

$$\|h(t)\|_1 = \int_{-\infty}^{\infty} |h(t)| dt < \infty.$$

Для дискретных систем:

$$\|h[n]\|_1 = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |h[n]| < \infty.$$

В частотной области область сходимости должна содержать мнимую ось $s = j\omega$.

6. Системы второго порядка

6.1. Устойчивость стационарных состояний систем второго порядка

Пусть система описывается системой двух автономных дифференциальных уравнений второго порядка общего вида:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= P(x, y), \\ \frac{dy}{dt} &= Q(x, y). \end{aligned} \tag{6.1}$$

Стационарные значения переменных системы определяются из алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} P(\bar{x}, \bar{y}) &= 0, \\ Q(\bar{x}, \bar{y}) &= 0. \end{aligned} \tag{6.2}$$

Исследование характера поведения траекторий системы в окрестностях стационарных состояний, а также анализ устойчивости стационарных состояний проводят с помощью метода Ляпунова (метод линеаризации систем в окрестности стационарного состояния). Ляпунов показал, что в большом числе случаев анализ устойчивости стационарного состояния нелинейной системы можно заменить анализом устойчивости системы, линеаризованной в окрестности стационарного состояния.

Коэффициенты линеаризованной системы в окрестности **каждого** стационарного состояния исходной нелинейной системы определяются по формулам:

$$\begin{pmatrix} a = P'_1(\bar{x}, \bar{y}) & b = P'_2(\bar{x}, \bar{y}) \\ c = Q'_1(\bar{x}, \bar{y}) & d = Q'_2(\bar{x}, \bar{y}) \end{pmatrix}.$$

Так же, как и в линейных системах, корни характеристического уравнения $\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left((a+d) \pm \sqrt{(a+d)^2 - 4(ad-bc)} \right)$ дают

представление о характере поведения решений системы. Если оба характеристических корня имеют отличные от нуля действительные части (**грубые системы**), то исследование линеаризованной системы дает всегда правильный ответ на вопрос о типе устойчивости состояния исходной нелинейной системы, а также о характере фазовых траекторий в достаточно малой его окрестности. Как и в случае линейных уравнений, возможны пять типов грубых состояний равновесия: узел (устойчивый, неустойчивый), фокус (устойчивый, неустойчивый) и седло. Если действительные части обоих корней характеристического уравнения равны нулю, или если один корень равен нулю, а другой отрицателен, то для ответа на вопрос об устойчивости необходимо рассматривать члены более высокого порядка малости в разложении в ряд Тейлора правых частей уравнений исходной системы (функций $P(x,y), Q(x,y)$).

ПРИМЕР: Проведите линеаризацию системы уравнений в окрестности нулевого стационарного состояния и определите его тип устойчивости:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2xy - x + y, \\ \frac{dy}{dt} = 5x^4 + y^3 + 2x - 3y. \end{cases}$$

РЕШЕНИЕ: Для линеаризации системы уравнений в окрестности нулевого стационарного состояния найдем частные производные функций в правых частях уравнений. В качестве координаты стационарного состояния (\bar{x}, \bar{y}) подставим значения $(0,0)$.

$$a = P'_x(\bar{x}, \bar{y}) = [2xy - x + y]'_x = 2y - 1, \quad 2y - 1|_{y=0} = -1;$$

$$b = P'_y(\bar{x}, \bar{y}) = [2xy - x + y]'_y = 2x + 1, \quad 2x + 1|_{x=0} = 1;$$

$$c = Q'_x(\bar{x}, \bar{y}) = [5x^4 + y^3 + 2x - 3y]'_x = 20x^3 + 2, \quad 20x^3 + 2|_{x=0} = 2;$$

$$d = Q'_y(\bar{x}, \bar{y}) = [5x^4 + y^3 + 2x - 3y]'_y = 3y^2 - 3, \quad 3y^2 - 3|_{y=0} = -3.$$

Имеем $a + d = -1 + (-3) = -4$, $ad - bc = (-1) \cdot (-3) - 1 \cdot 2 = 1$, особая точка грубая. Характеристические корни системы

первого приближения равны $\lambda_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 4 \cdot 1}}{2} = -2 \pm \sqrt{3}$, оба

действительны и отрицательны, следовательно, в окрестности нулевой особой точки поведение фазовых траекторий системы будет соответствовать типу «устойчивый узел».

Системы нелинейных уравнений будем исследовать по следующему плану:

- 1) определение стационарных состояний,
- 2) линеаризация системы в окрестности **каждого** стационарного состояния,
- 3) расчет значений корней характеристических уравнений системы, линеаризованной в окрестности **каждого** стационарного состояния,
- 4) вывод об устойчивости и характере поведения фазовых траекторий в окрестностях **каждого** стационарного состояния.

Стационарные состояния соответствуют особым точкам дифференциального уравнения первого порядка, определяющего интегральные кривые:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Q(x, y)}{P(x, y)}. \quad (6.3)$$

Математический анализ поведения траекторий этой системы на фазовой плоскости связан с именами французского математика Анри Пуанкаре и русского математика и механика Александра Михайловича Ляпунова (1857-1918). Как мы уже отмечали, Ляпунов показал, что в большом числе случаев анализ устойчивости стационарного состояния нелинейной системы можно заменить анализом устойчивости системы, линеаризованной в окрестности стационарного состояния.

Рассмотрим характер поведения переменных при некотором небольшом отклонении системы от состояния равновесия. Введем вместо переменных x, y новые независимые переменные ξ, η , определив их как смещения относительно равновесных значений переменных

$$\begin{aligned} x &= \bar{x} + \xi, \\ y &= \bar{y} + \eta. \end{aligned} \quad (6.4)$$

Подставив эти выражения в (6.1), получим:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{x}}{dt} + \frac{d\xi}{dt} &= P(\bar{x} + \xi, \bar{y} + \eta), \\ \frac{d\bar{y}}{dt} + \frac{d\eta}{dt} &= Q(\bar{x} + \xi, \bar{y} + \eta). \end{aligned} \quad (6.5)$$

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = \frac{d\bar{y}}{dt} = 0, \quad \text{так как } \bar{x}, \bar{y} \text{ - координаты особой точки.}$$

Предположим, что функции P и Q непрерывны и имеют непрерывные производные не ниже первого порядка. Тогда мы можем разложить правые части уравнений (6.5) в ряд Тейлора по переменным ξ, η .

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= P(\bar{x}, \bar{y}) + a\xi + b\eta + (p_{11}\xi^2 + 2p_{12}\xi\eta + p_{22}\eta^2 + \dots) + \dots, \\ \frac{d\eta}{dt} &= Q(\bar{x}, \bar{y}) + c\xi + d\eta + (q_{11}\xi^2 + 2q_{12}\xi\eta + q_{22}\eta^2 + \dots) + \dots, \end{aligned} \quad (6.6)$$

где

$$\begin{aligned} a &= P'_x(\bar{x}, \bar{y}), b = P'_y(\bar{x}, \bar{y}), \\ c &= Q'_x(\bar{x}, \bar{y}), d = Q'_y(\bar{x}, \bar{y}). \end{aligned} \quad (6.7)$$

Учтем, что по определению особой точки

$$\begin{aligned} P(\bar{x}, \bar{y}) &= 0, \\ Q(\bar{x}, \bar{y}) &= 0, \end{aligned}$$

и отбросим в уравнениях (6.6) нелинейные члены. Получим систему линейных уравнений с постоянными коэффициентами — *систему первого приближения*:

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= a\xi + b\eta, \\ \frac{d\eta}{dt} &= c\xi + d\eta. \end{aligned} \quad (6.8)$$

Решение этой системы определяется корнями характеристического уравнения системы:

$$\begin{vmatrix} a - \lambda & b \\ c & d - \lambda \end{vmatrix} = 0. \quad (6.9)$$

Ляпунов показал, что в случае, если оба корня уравнения (6.9):

$$\lambda_{1,2} = \frac{(a+d) \pm \sqrt{(a+d)^2 - 4(ad-bc)}}{2} \quad (6.10)$$

имеют отличные от нуля действительные части, исследование уравнений первого приближения (6.8) всегда дает правильный ответ на вопрос о типе устойчивости состояния равновесия в системе (6.1). А именно:

- если *оба корня* имеют *отрицательную действительную часть* и, следовательно, все решения уравнений первого приближения (6.8) затухают, то *состояние равновесия устойчиво*;
- если *хотя бы один корень* имеет *положительную действительную часть*, то есть система (6.8) имеет нарастающие решения, то *состояние равновесия неустойчиво*.

Если *действительные части обоих корней* характеристического уравнения *равны нулю* или если *один корень равен нулю*, а *другой отрицателен*, то уравнения (6.8) не дают ответа на вопрос об устойчивости состояния равновесия, и необходимо *рассматривать члены более высокого порядка малости в разложении в ряд Тейлора правых частей уравнений* (6.6).

В случае, когда *оба корня* характеристического уравнения имеют *отличные от нуля действительные части (грубые системы)*, уравнение первого приближения определяют не только устойчивость стационарного состояния, но и характер фазовых траекторий в достаточно малой его окрестности.

Как и в случае линейных уравнений здесь возможны пять типов грубых состояний равновесия: устойчивый узел, неустойчивый узел, устойчивый фокус, неустойчивый фокус и седло. Для системы (6.1):

$$\sigma = [P'_x(\bar{x}, \bar{y}) + Q'_y(\bar{x}, \bar{y})], \quad (6.11)$$

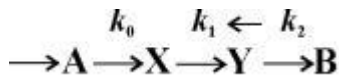
$$\Delta = \begin{vmatrix} P'_x(\bar{x}, \bar{y}) & Q'_x(\bar{x}, \bar{y}) \\ P'_y(\bar{x}, \bar{y}) & Q'_y(\bar{x}, \bar{y}) \end{vmatrix}. \quad (6.12)$$

Грубым состояниям равновесия соответствуют все точки плоскости параметров σ , Δ , лежащие вне оси $\Delta=0$ и полуоси $\sigma=0$, $\Delta>0$.

Точкам оси $\Delta = 0$ и полуоси $\sigma = 0$, $\Delta>0$ соответствуют негрубые состояния равновесия (негрубые особые точки). Их свойства могут быть изменены сколь угодно малыми изменениями правых частей уравнений (6.1) за счет сколь угодно малых изменений функций $P(x,y)$, $Q(x,y)$ и их производных. Поэтому характер негрубых состояний равновесия (в частности, устойчивость) уже не определяется значениями коэффициентов в правых частях уравнений первого приближения (6.8). В отличие от линейных систем, уже при небольших изменений в правых частях содержащихся там нелинейных членов может произойти качественное изменение фазового портрета — бифуркация.

6.2. Кинетические уравнения Лотки (A.J. Lotka. Elements of Physical Biology, 1925)

Лоткой была исследована гипотетическая химическая реакция:



Модель очень простая и служит хорошей иллюстрацией применения исследования устойчивости стационарного состояния системы методом линеаризации.

Пусть в некотором объеме находится в избытке вещество **A**. Молекулы **A** с некоторой постоянной скоростью k_0 превращаются в молекулы вещества **X** (реакция нулевого порядка). Вещество **X** может превращаться в вещество **Y**, причем скорость этой реакции тем

больше, чем больше концентрация вещества **Y** – реакция второго порядка. В схеме это отражено обратной стрелкой над символом **Y**. Молекулы **Y** в свою очередь необратимо распадаются, в результате образуется вещество **B** (реакция первого порядка). Запишем систему уравнений, описывающих реакцию:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= k_0 - k_1xy, \\ \frac{dy}{dt} &= k_1xy - k_2y, \\ \frac{dB}{dt} &= k_2y. \end{aligned} \tag{6.13}$$

Здесь x, y, B - концентрации химических компонентов. Первые два уравнения этой системы не зависят от B , поэтому их можно рассматривать отдельно. Рассмотрим стационарное решение системы:

$$\frac{dx}{dt} = 0, \quad \frac{dy}{dt} = 0.$$

Из этих условий получим систему алгебраических уравнений, связывающих равновесные концентрации \bar{x}, \bar{y} :

$$\begin{aligned} k_0 - k_1\bar{x}\bar{y} &= 0, \\ k_1\bar{x}\bar{y} - k_2\bar{y} &= 0. \end{aligned} \tag{6.14}$$

Координаты особой точки:

$$\bar{x} = \frac{k_2}{k_1}, \quad \bar{y} = \frac{k_0}{k_2}.$$

Исследуем устойчивость этого стационарного состояния методом Ляпунова. Введем новые переменные ξ, η , характеризующие отклонения переменных от равновесных концентраций \bar{x}, \bar{y} :

$$x(t) = \bar{x} + \xi(t)$$

$$y(t) = \bar{y} + \eta(t)$$

Линеаризованная система в новых переменных имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= -k_2\eta - \frac{k_1k_0}{k_2}\xi, \\ \frac{d\eta}{dt} &= \frac{k_1k_0}{k_2}\xi. \end{aligned} \tag{6.15}$$

Отметим, что величины отклонений от стационарных значений переменных ξ, η могут менять знак, в то время как исходные переменные x, y , являющиеся концентрациями, могут быть только положительными.

Запишем характеристическое уравнение системы:

$$\begin{vmatrix} -\frac{k_1k_0}{k_2} - \lambda & -k_2 \\ \frac{k_1k_0}{k_2} & -\lambda \end{vmatrix} = 0,$$

или

$$\lambda^2 + \lambda \frac{k_1k_0}{k_2} + k_0k_1 = 0$$

Корни характеристического уравнения:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left[\frac{k_1k_0}{k_2} \pm \sqrt{\left(\frac{k_1k_0}{k_2} \right)^2 - 4k_0k_1} \right].$$

Фазовый портрет системы (6.13) изображен на рис. 6.1.

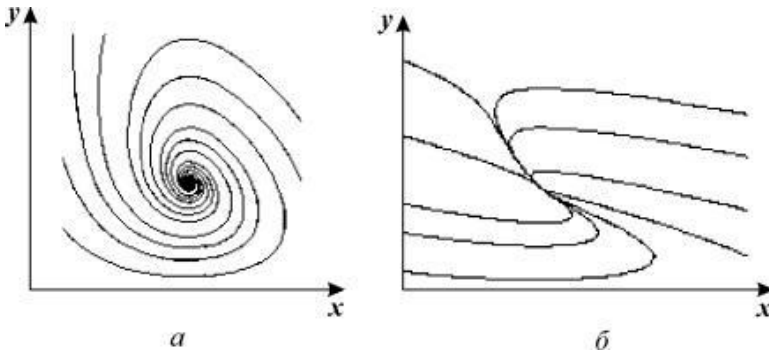


Рис. 6.1. Фазовый портрет системы 6.13.

а – устойчивый фокус, $k_0 = 2$, $k_1 = 10$, $k_2 = 2$.

б – устойчивый узел. $k_0 = 2$, $k_1 = 2$, $k_2 = 4$.

При $4k_2^2 > k_0k_1$ подкоренное выражение отрицательно, и особая точка – фокус, при обратном соотношении – узел. И в том и в другом случае особая точка устойчива, так как действительная часть обоих корней характеристического уравнения отрицательна.

Таким образом, в описанной выше химической реакции возможны разные режимы изменения переменных в зависимости от соотношения величин констант скоростей. Если $4k_2^2 > k_0k_1$, имеют место затухающие колебания концентраций компонентов, при $4k_2^2 < k_0k_1$ – бесколебательное приближение концентраций к стационарным.

Соотношение параметров $4k_2^2 > k_0k_1$ соответствует изменению типа особой точки системы уравнений (6.13).

Рассмотрим плоскость параметров, где по оси абсцисс отложены значения константы k_2 , а по оси ординат – произведение k_0k_1 . Парабола

$k_0 k_1 = 4 k_2^2$ делит изображенную на рис. 6.2 плоскость параметров на две области – устойчивых узлов и устойчивых фокусов.

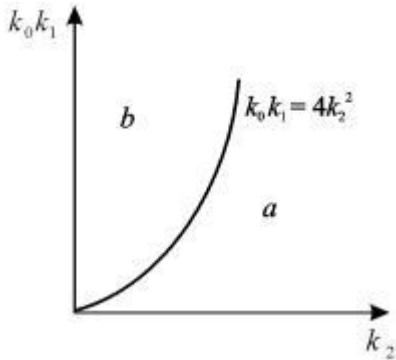


Рис. 6.2. Плоскость параметров для системы 6.14.

a – область устойчивого фокуса; b – область устойчивого узла

Задавая те или иные значения параметров, можно получить колебательный и бесколебательный режимы изменения концентраций веществ x и y , и фазовый портрет системы, соответственно, будет собой представлять фокус (а) или узел (б), изображенные соответственно на рис 6.1а, и 6.1б.

Если в системе установятся стационарные концентрации веществ x и y , это приведет к установлению постоянной скорости прироста концентрации вещества **В** в третьем уравнении системы (6.13):

$$\frac{dB}{dt} = k_2 y$$

Ясно, что в действительности такая система реализоваться не может, так как в ней при $t \rightarrow \infty$ концентрация вещества **В** стремится к бесконечности. Однако система, подобная системе реакций Лотки, может представлять собой фрагмент более сложной химической системы. Исследованные нами уравнения правильно описывают поведение компонентов x и y , если приток вещества x (скорость его

постоянна и равна k_0) осуществляется из большого «резервуара», а отток вещества u – в большой «резервуар» (значение V очень велико). При этих предположениях на малых промежутках времени (по сравнению с временем существенного изменения заполненности емкости V) наше рассмотрение является вполне правомерным.

6.3. Модель Вольтерра

В качестве второго примера рассмотрим классическую модель взаимодействия видов, которая впервые была предложена В. Вольтерра в тридцатые годы XX века для объяснения периодических изменений числа особей, так называемую *вольтерровскую модель «хищник-жертва»*.

Пусть в некотором замкнутом районе живут хищники и жертвы, например, зайцы и волки. Зайцы питаются растительной пищей, имеющейся всегда в достаточном количестве. Волки могут питаться лишь зайцами. Обозначим число зайцев (жертв) x , а число волков (хищников) – y . Так как количество пищи у зайцев неограниченно, мы можем предположить, что они размножаются со скоростью, пропорциональной их числу:

$$\varepsilon_x x. \tag{6.16}$$

Если рождаемость зайцев превышает их смертность, $\varepsilon > 0$. Выражение (6.16) соответствует автокаталитической реакции первого порядка. Пусть убыль зайцев пропорциональна вероятности встречи зайца с волком, т.е. пропорциональна произведению численностей xy . Можно предположить по аналогии с бимолекулярными реакциями, где вероятность появления новой молекулы пропорциональна вероятности встречи двух молекул, что и количество волков нарастает тем быстрее, чем чаще происходят их встречи с зайцами, а именно, пропорционально xy .

Кроме того, имеет место процесс естественной смертности волков, причем скорость смертности пропорциональна их количеству.

Эти рассуждения приводят к системе уравнений для изменений численности зайцев-жертв x и волков-хищников y .

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(\varepsilon_x - \gamma_{xy}y), \\ \frac{dy}{dt} &= -y(\varepsilon_y - \gamma_{yx}x). \end{aligned} \quad (6.17)$$

Здесь x - число жертв, y - число хищников, ε_x - скорость размножения жертв, ε_y - скорость гибели хищников, γ_{xy} , γ_{yx} - параметры, отражающие влияние встречи жертвы и хищника на скорость изменения численности жертвы и хищника соответственно.

1) **Поиск стационарных состояний.** Решаем систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x(\varepsilon_x - \gamma_{xy}y) = 0, \\ y(\gamma_{yx}x - \varepsilon_y) = 0. \end{cases}$$

Получаем координаты двух стационарных состояний:

$$\bar{x}_1 = 0, \bar{y}_1 = 0, \bar{x}_2 = \frac{\varepsilon_x}{\gamma_{xy}}, \bar{y}_2 = \frac{\varepsilon_y}{\gamma_{yx}}. \text{ Все параметры}$$

положительны, поэтому точка, соответствующая второму (ненулевому) стационарному состоянию принадлежит положительной четверти фазовой плоскости.

2-3) **Линеаризация системы** в окрестности стационарного состояния и расчет значений корней характеристических уравнений системы, линеаризованной в окрестности каждого стационарного состояния.

$$P'_x(\bar{x}, \bar{y}) = \varepsilon_x - \gamma_{xy}\bar{y}, \quad P'_y(\bar{x}, \bar{y}) = -\bar{x}\gamma_{yx}$$

$$Q'_x(\bar{x}, \bar{y}) = \bar{y}\gamma_{yx}, \quad Q'_y(\bar{x}, \bar{y}) = \gamma_{xy}\bar{x} - \varepsilon_y$$

В окрестности стационарного состояния $\bar{x}_1 = 0, \bar{y}_1 = 0$ матрица коэффициентов линеаризованной системы имеет вид:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_x & 0 \\ 0 & -\varepsilon_y \end{pmatrix}.$$

Корни соответствующего характеристического уравнения

$$\text{есть } \lambda'_{1,2} = \frac{1}{2} \left((\varepsilon_x - \varepsilon_y) \pm \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + 4\varepsilon_x\varepsilon_y} \right) = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ -\varepsilon_y \end{bmatrix}.$$

Корни действительные, разных знаков. Таким образом, получаем, стационарное состояние $\bar{x}_1 = 0$, $\bar{y}_1 = 0$ неустойчиво, и поведение фазовых траекторий в его окрестности имеет седловой характер.

В окрестности стационарного состояния

$\bar{x}_2 = \frac{\varepsilon_1}{\gamma_{1x}}$, $\bar{y}_2 = \frac{\varepsilon_1}{\gamma_{1y}}$ матрица коэффициентов линеаризованной

системы имеет вид:

$$\begin{pmatrix} 0 & -\varepsilon_1 \frac{\gamma_{1y}}{\gamma_{1x}} \\ \varepsilon_x \frac{\gamma_{1x}}{\gamma_{1y}} & 0 \end{pmatrix}.$$

Корни соответствующего характеристического уравнения есть $\lambda_{1,2}^H = \pm i \sqrt{\varepsilon_x \varepsilon_1}$. Таким образом, исследование показывает, что

особая точка $\bar{x}_2 = \frac{\varepsilon_1}{\gamma_{1x}}$, $\bar{y}_2 = \frac{\varepsilon_x}{\gamma_{1y}}$ является центром, а траектории

вблизи этого стационарного состояния являются концентрическими эллипсами.

Покажем, что система уравнений (6.17) имеет на фазовой плоскости переменных x, y ненулевую особую точку типа центр.

Координаты этой особой точки (\bar{x}, \bar{y}) легко найти, приравняв правые части уравнений системы (6.17) нулю. Это дает стационарные ненулевые значения:

$$\bar{x} = \frac{\varepsilon_y}{\gamma_x}, \quad \bar{y} = \frac{\varepsilon_x}{\gamma_y}.$$

Так как все параметры $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_x, \gamma_y$ положительны, точка (\bar{x}, \bar{y}) расположена в положительном квадранте фазовой плоскости. Линеаризация системы вблизи этой точки дает:

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= -\frac{\varepsilon_y \gamma_y}{\gamma_x} \\ \frac{d\eta}{dt} &= \frac{\varepsilon_y \gamma_x}{\gamma_y} \xi \end{aligned} \tag{6.18}$$

Здесь ξ, η - отклонения \bar{x}, \bar{y} численностей от их стационарных значений:

$$\begin{aligned} \xi(t) &= x(t) - \bar{x}, \\ \eta(t) &= y(t) - \bar{y}. \end{aligned}$$

Характеристическое уравнение системы (6.18):

$$\begin{vmatrix} -\lambda & -\frac{\varepsilon_y \gamma_y}{\gamma_x} \\ -\frac{\varepsilon_x \gamma_x}{\gamma_y} & -\lambda \end{vmatrix} = 0, \quad \lambda^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y = 0.$$

Корни этого уравнения чисто мнимые:

$$\lambda_{1,2} = \pm i \sqrt{\varepsilon_x \varepsilon_y}.$$

Таким образом, исследование системы показывает, что траектории вблизи особой точки являются концентрическими эллипсами, а сама особая точка – центром. Рассматриваемая модель Вольтерра и вдали от особой точки имеет замкнутые траектории, хотя форма этих траекторий уже отличается от эллипсоидальной, и определяется параметрами системы (рис. 6.3).

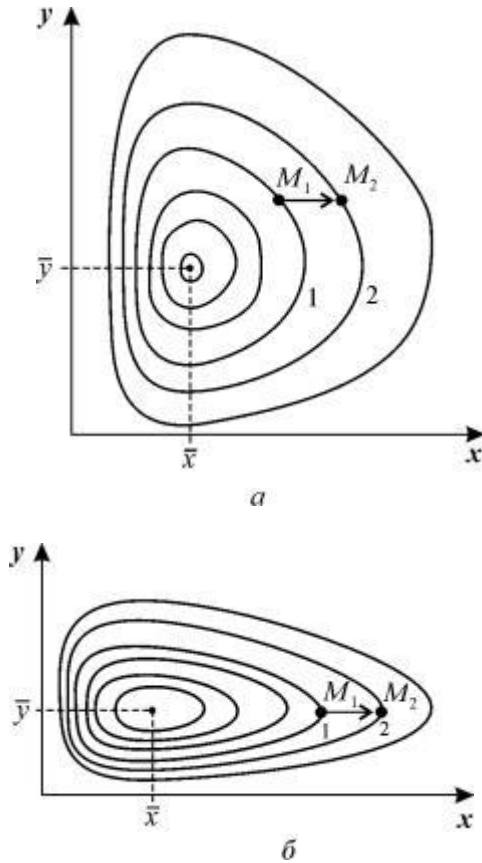


Рис. 6.3. Фазовый портрет системы 6.17. Особая точка типа «центр».

a – параметры системы: $\varepsilon_x = 4, \gamma_{xy} = 0,3, \varepsilon_y = \gamma_{yx} = 0,4$

б – параметры системы: $\varepsilon_x = 2, \gamma_{xy} = 0,3, \varepsilon_y = \gamma_{yx} = 0,4$

Изменения численности жертвы и хищника во времени представляют собой колебания, причем колебания численности хищника отстают по фазе от колебаний жертв.

Как мы уже отмечали, особая точка типа центр устойчива по Ляпунову, но не асимптотически. Покажем на данном примере, в чем это проявляется. Пусть колебания $x(t)$ и $y(t)$ происходят таким образом, что изображающая точка движется по фазовой траектории 1 (рис 6.3). В момент, когда точка находится в положении M_1 , в систему добавляется извне некоторое число особей y такое, что изображающая точка переходит скачком из точки M_1 в точку M_2 . Если после этого систему предоставить самой себе, колебания $x(t), y(t)$ уже будут происходить с большими амплитудами, чем прежде, и изображающая точка будет двигаться по траектории 2. Это и означает, что колебания в системе неустойчивы: они навсегда изменяют свои характеристики при внешнем воздействии.

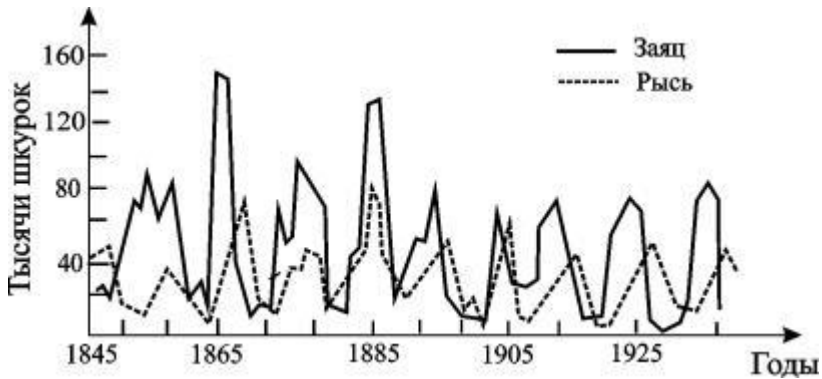


Рис. 6.4. Кривые численности зайца и рыси в Канаде (по К. Вилли, В. Детье, 1974)

В дальнейшем мы рассмотрим модели, описывающие устойчивые колебательные режимы, и покажем, что на фазовой плоскости такие асимптотически устойчивые периодические движения описываются предельными циклами.

На рис. 6.4 приведены кривые колебаний численности пушных зверей по данным компании Гудзонова залива о числе заготовленных шкурок. Во всех классических учебниках в течение многих лет колебательный характер этих изменений приводили как подтверждение гипотез, положенных в основу модели Вольтерра, которую мы только что рассмотрели. Действительно, периоды колебаний численности зайцев (жертв) и рысей (хищников) примерно

одинаковы и составляют порядка 9 – 10 лет. При этом максимум численности зайцев опережает, как правило, максимум численности рысей на один год. Можно полагать, что мы видим регулярные колебания, осложненные случайными факторами, связанными с погодой и др. Однако возможна и другая интерпретация этих данных наблюдений на основе моделей детерминированного хаоса.

Серьезным недостатком рассмотренной модели Вольтерра является неустойчивость решений по отношению к малым случайным воздействиям, приводящим к изменению переменных. Кроме того, в силу «негрубости» этой системы произвольно малое изменение вида правых частей уравнений (величин параметров системы) приведет к изменению типа особой точки, и, следовательно, к изменению характера фазовых траекторий. Поскольку природные системы подвергаются огромному количеству случайных воздействий, реалистическая модель должна быть по отношению к ним устойчивой. Поэтому негрубые системы не могут давать адекватное описание природных явлений.

Различные модификации рассмотренной нами системы, изученные самим Вольтерра и другими авторами, лишены этих недостатков. Остановимся на модели, которая учитывает самоограничение в росте обеих популяций. На ее примере видно, как может меняться характер решений при изменении параметров системы.

Итак, рассмотрим систему:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(\varepsilon_x - \gamma_{xy}y - \delta_x x), \\ \frac{dy}{dt} &= -y(\varepsilon_y + \gamma_{yx}x - \delta_y y). \end{aligned} \tag{6.19}$$

Система (6.19) отличается от ранее рассмотренной системы наличием в правых частях членов: $-\delta_x x^2$, $-\delta_y y^2$.

Эти члены отражают тот факт, что численность популяции жертв не может расти до бесконечности даже в отсутствие хищников в силу

ограниченности пищевых ресурсов, ареала существования и др. Такие же «самоограничения» накладываются на популяцию хищников.

Система имеет два стационарных решения: нулевое и ненулевое. Анализ показывает, что нулевое решение представляет собой неустойчивый узел. Рассмотрим систему алгебраических уравнений, решение которых дает координаты ненулевого стационарного состояния.

$$\begin{aligned} \gamma_{xy} \bar{x} + \delta_x \bar{y} &= \varepsilon_1, \\ \gamma_{yx} \bar{x} - \delta_y \bar{y} &. \end{aligned} \tag{6.20}$$

Стационарное решение:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\varepsilon_x \delta_y - \varepsilon_y \gamma_{xy}}{\delta_x \delta_y - \gamma_{xy} \gamma_{yx}}, \\ \bar{y} &= \frac{\gamma_{yx} \delta_x - \varepsilon_x \gamma_{yx}}{\delta_x \delta_y - \gamma_{xy} \gamma_{yx}}. \end{aligned}$$

Корни характеристического уравнения системы, линеаризованной в окрестности особой точки:

$$\begin{aligned} \lambda_{1,2} &= -\frac{1}{2} \varepsilon_x \delta_y (\delta_x - \delta_y) + \varepsilon_y \delta_x (\gamma_{xy} + \delta_y) \pm \\ &\pm \frac{1}{2} \sqrt{[\varepsilon_x \delta_y (\delta_x - \delta_y) + \varepsilon_y \delta_x (\gamma_{xy} + \delta_y)]^2 - 4\gamma_{xy} \gamma_{yx} (\varepsilon_x \delta_y + \varepsilon_y \gamma_{xy})(\varepsilon_x \gamma_{yx} - \varepsilon_y \delta_y)}. \end{aligned}$$

Из выражения для характеристических чисел видно, что если выполнено условие

$$\begin{aligned} &[\varepsilon_x \delta_y (\delta_x - \delta_y) + \varepsilon_y \delta_x (\gamma_{xy} + \delta_y)]^2 \leq \\ &\leq 4\gamma_{xy} \gamma_{yx} (\varepsilon_x \delta_y + \varepsilon_y \gamma_{xy})(\varepsilon_x \gamma_{yx} - \varepsilon_y \delta_y), \end{aligned}$$

то численности хищников и жертв совершают во времени затухающие колебания. Система имеет особую точку – устойчивый фокус.

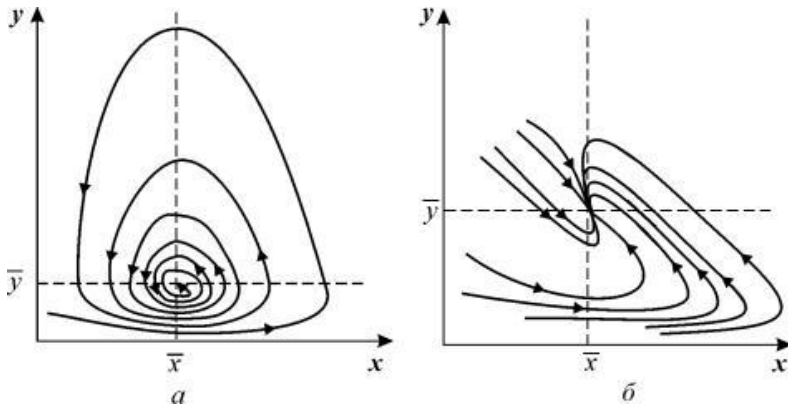


Рис. 6.5. Фазовый портрет системы 6.19

а – устойчивый фокус,

параметры системы: $\varepsilon_x = 2, \gamma_{xy} = 18, \delta_x = 1, \varepsilon_y = 3, \gamma_{yx} = 5, \delta_y = 1$

б – устойчивый узел,

параметры системы: $\varepsilon_x = 2, \gamma_{xy} = 1, \delta_x = 1, \varepsilon_y = 3, \gamma_{yx} = 1, \delta_y = 1$

При изменении знака неравенства на обратный точка становится устойчивым узлом.

И в том и в другом случае стационарное состояние асимптотически устойчиво, и решение устойчиво к малым изменениям правых частей уравнений. Таким образом, самоограничение популяции приводит к устойчивости ее численности.

Важно отметить, что простейшие вольтерровские модели, которые мы рассмотрели, не могут описывать устойчивые колебания с постоянными периодом и амплитудой. Для описания таких колебаний

необходимы нелинейные модели, имеющие на фазовой плоскости *предельный цикл*.

6.4. Метод функций Ляпунова определения устойчивости стационарного состояния системы

При аналитическом исследовании устойчивости стационарного состояния часто используется метод подбора функции, линии уровня которой представляют собой замкнутые траектории – «ловушки» для фазовых траекторий системы типа (6.1)

Этот метод применим к автономной системе уравнений n -го порядка

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ \dot{x}_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\dots\dots\dots \\ \dot{x}_n &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n),\end{aligned}\tag{6.21}$$

где $f_i(0, 0, \dots, 0) = 0$, ($i = 1, \dots, n$).

Он состоит в непосредственном исследовании устойчивости ее стационарного состояния при помощи подходящим образом подобранной функции Ляпунова $V(x_1, \dots, x_n)$.

Метод основан на двух теоремах.

Теорема 1

Если существует дифференцируемая функция $V(x_1, \dots, x_n)$, удовлетворяющая в окрестности начала координат следующим условиям:

- а) $V(x_1, \dots, x_n) \geq 0$, причем $V(x_1, \dots, x_n) = 0$ лишь в начале координат;

$$\text{б) } \frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_i} f_i(x_1, \dots, x_n) \leq 0,$$

причем $\frac{dV}{dt} = 0$ лишь при $x_1 = \dots = x_n = 0$, то точка покоя системы (6.21) устойчива.

Теорема 2

Если существует дифференцируемая функция $V(x_1, \dots, x_n)$, удовлетворяющая в окрестности начала координат следующим условиям:

а) $V(x_1, \dots, x_n) = 0$ и сколь угодно близко от начала координат имеются точки, в которых $V(x_1, \dots, x_n) > 0$;

$$\text{б) } \frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_i} f_i(x_1, \dots, x_n) \geq 0,$$

причем $\frac{dV}{dt} = 0$ лишь при $x_1 = \dots = x_n = 0$, то точка покоя системы (6.21) неустойчива.

(С доказательством этих теорем можно познакомиться в книге Л.Э. Эльсгольц «Теория дифференциальных уравнений» или в других учебниках по теории дифференциальных уравнений.)

Общего методы построения функции Ляпунова не существует. Однако для линейных автономных систем ее следует искать в виде:

$$V = ax^2 + ay^2, \quad V = ax^4 + ay^4$$

и т.п., подбирая надлежащим образом коэффициенты $a > 0$, $b > 0$. Для нелинейных систем a и b могут быть произвольных знаков.

Примеры

1. Рассмотрим линейную систему:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -x + y, \\ \dot{y} &= 2y^3 - x.\end{aligned}$$

Выберем функцию Ляпунова: $V = x^2 + y^2$. Тогда

$$\frac{dV}{dt} = 2x(-x + y) + 2y(-2y^3 - x) = -2(x^2 + 2y^4).$$

Это выражение всегда отрицательно при $x \neq 0$, т.к. в скобках стоят четные степени x . Следовательно, точка $(0, 0)$ устойчива.

2. Рассмотрим систему уравнений, описывающую конкуренцию видов, численности которых x и y . Каждый из видов размножается в соответствии с логистическим законом, а при встрече (произведения в правых частях уравнений), численность как одного, так и другого вида уменьшается.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x - x^2 - axy \\ \dot{y} &= y - y^2 - bxy\end{aligned}\tag{6.22}$$

Исследуем стационарное состояние, соответствующее сосуществованию видов (x, y) – ненулевое для x и y . Его координаты:

$$\bar{x} = \frac{1-a}{1-ab}, \quad \bar{y} = \frac{1-b}{1-ab}.\tag{6.23}$$

В. Вольтерра показал, что стационарное состояние (6.23) устойчиво для параметров системы $a > 0, b \leq 1$, построив функцию Ляпунова:

$$V(x, y) = x + y - (\bar{x} + \bar{y}) - \bar{x} \ln\left(\frac{x}{\bar{x}}\right) - \bar{y} \ln\left(\frac{y}{\bar{y}}\right)$$

Ее производная равна

$$\frac{dV}{dt} = -(\bar{x}^2 (x - 1)^2 + \varepsilon \bar{y}^2 (y - 1)^2) - (a\bar{x}^2 y(x - 1) + \varepsilon b\bar{y}^2 x(y - 1))$$

и отрицательна при малых значениях коэффициентов a , b и x , $y > 0$. Доказательство приведено в книге В. Вольтерра. «Математическая теория борьбы за существование» (М., 1976)

Напомним вкратце роль моделирования в системологии. Моделирование играет огромную роль при подготовке принятия решения. В жизни практически никогда не бывает совершенно одинаковых ситуаций, поэтому принимать решение приходится в условиях неполной и недостаточной информации. В таких случаях недостаточную информацию пытаются получить, используя предположения, результаты научных исследований, полученных путем изучения соответствующих моделей. Для успешного управления системой необходимо предсказывать ее поведение в будущем, а это можно сделать, исследуя интересующие нас свойства на моделях.

Любая деятельность человека, создание любой системы направлены на достижение определенной цели. Цель является образом того, что мы хотим достичь, т.е. цель — это модель будущего состояния системы (описательная модель). Описательная модель отвечает на вопрос "что мы хотим делать?". Наша деятельность, направленная на достижение этой цели, осуществляется по определенному плану или по определенному алгоритму. Этот алгоритм мы должны придумать заранее, так как мы должны составить модель наших действий (алгоритмическую модель). С помощью алгоритмической модели можно сравнить последствия всех наших возможных действий, не выполняя их реально, как говорят, "проиграть" их на модели. Алгоритмическая модель отвечает на вопрос "как мы будем делать?". Таким образом, моделирование является неотъемлемой частью любой целенаправленной деятельности, в том числе и деятельности, направленной на создание систем.

Как мы уже говорили, один и тот же объект может быть описан различными моделями. Выбор модели зависит от того, какие мы ставим перед собой цели, для решения каких задач эта модель предназначена. Изменение цели непосредственно влечет за собой и изменение модели. Если мы хотим сделать обеденный стол, то в нашем воображении мы нарисуем этот стол. Но если мы передумаем и решим делать письменный стол, то в нашем воображении это будет совсем другой стол, и соответственно изменится алгоритм, по которому мы будем его делать. Модели получатся разные, в зависимости и от того, какие факторы считаются важными, а какие второстепенными, какие упрощающие предположения были сделаны. Пусть мы хотим описать движение тела, брошенного под углом к горизонту. Можно сделать упрощающие предположения: тело является материальной точкой, сопротивление воздуха мало и им можно пренебречь, ускорение свободного падения постоянно и т.п. В этом случае мы получим уравнения, известные из курса физики. Если же мы решим учитывать сопротивление воздуха или какие-либо другие факторы, влияющие на движение тела, то получим другие уравнения. От цели моделирования зависит, какие свойства объекта включать в модель, а какие нет. Пусть мы создаем модель некоего мужчины. Если мы хотим, чтобы наш знакомый нашел этого мужчину среди других, то мы включим в описательную модель его примерный рост, цвет волос и еще какие-то отличительные черты его внешности. Если же модель предназначена для его лечащего врача, то описывать мы будем скорее всего не внешность, а состояние его здоровья. Таким образом, цель моделирования определяет, какие стороны оригинала должны быть отражены в модели. Для различных целей требуются различные модели одного и того же объекта. Модели можно условно разделить на две группы:

1. Модели, которые строятся для изучения какого-либо уже существующего процесса или явления (модель ядерной реакции или модель атомного ядра).
2. Модели для создания будущих процессов или явлений (планы и программы действий, модель управления производством, модель строящегося дома).

Модели первой группы — это познавательные модели, которые отражают уже существующие системы. А модели второй группы — это

так называемые прагматические модели, которые отражают еще не существующие, но желаемые системы.

Разделение моделей на эти две группы условно, поскольку существует множество моделей, которые трудно отнести к одной из этих групп, например, произведения искусства или медицинские модели. Можно подойти к делению на группы по другому принципу. Для некоторых целей нам могут понадобиться модели, которые не изменяются во времени. Например, фотография какого-либо объекта, чертеж детали и т.д. Такие модели называют статическими. Для других целей нам могут понадобиться модели, которые изменяются во времени, — так называемые динамические модели. Это, например, модель развития популяции живых организмов, модель ядерной реакции и другие.

Напомним, что под системой мы понимаем единство взаимосвязанных предметов и явлений в природе и обществе. Поэтому система характеризуется как своим составом, так и своей структурой, т.е. взаимосвязями ее элементов и их соподчиненностью (иерархией). Иерархия означает, что элементы каждой системы связаны друг с другом и что среди них находятся главные (определяющие, ведущие) и соподчиненные им (определяемые, ведомые ими) элементы. Структурирование системы заключается в установлении иерархии между элементами системы и их взаимосвязей. Общих правил определения в системе главных элементов и их взаимосвязей не существует.

Структуру системы можно описать различными способами. Часто используется иерархическая структура типа "дерево". Применение этой структуры возможно, когда все подсистемы строго соподчинены своим надсистемам. Рассмотрим для примера структуру некоего института (рис.6.4). Для простоты предположим, что в институте всего три факультета: физический, химический и биологический. На физическом факультете три кафедры: общей, теоретической и экспериментальной физики. На химическом факультете всего две кафедры: кафедра органической и неорганической химии. А на биологическом факультете есть кафедры ботаники, зоологии и анатомии. Системы в

дереве разделены на уровни. На первом уровне находится самая сложная система, которая называется корнем дерева. На втором уровне — три ее подсистемы (три ветви), которые подчинены всей системе. В свою очередь, каждая система второго уровня разбита на соответственно подчиненные им подсистемы. Системы самого нижнего уровня называют листьями. По линиям связи дерева легко определить, какая кафедра какому факультету принадлежит. Аналогично отражена принадлежность факультетов институту.



Рис. 6.6. Структура типа "дерево"

В дереве соотношения между верхними и нижними уровнями имеют характер "один ко многим".

Для наглядности структуру системы можно изобразить геометрически. Для этого ее элементы изображают чаще всего плоскими геометрическими фигурами. При этом главные элементы можно изображать в верхней части схемы, а соподчиненные — под ними. Связи между элементами изображают стрелками или отрезками. Может оказаться, что некоторые из элементов окажутся соединенными сразу с несколькими (а может, и со всеми сразу), а другие только с одним из элементов. Получается соотношение "многие ко многим". В этом случае используется сетевая структура. Примером может служить

посещение факультативов разными учащимися, когда они посещают по несколько факультативов. На рис. 6.7 хорошо видно, какие факультативы посещают какие ученики.

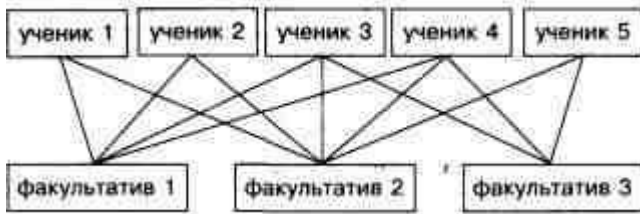


Рис. 6.7. Сетевая структура

Структуру системы часто бывает удобно представить в виде таблицы. В таком виде удобно описать, например, систему движения самолетов. Табличные структуры являются наиболее распространенными, и к ним можно свести другие рассмотренные виды структур. Кроме того, для работы с ними разработан мощный математический аппарат, что позволяет достаточно эффективно работать с ними на ЭВМ.

Табличная структура

Аэропорт назначения	Номер рейса	Тип самолета	Дни отправления	Время отправления
Адлер	302	Ту-154	1,4,6	14-30
Киев	320	Ту-154	2,3	20-45
Новосибирск	280	АН-24	1,4,7	13-00

Таким образом, если в рассматриваемой системе четко выражена иерархия, то ее модель можно построить несколькими способами.

В обобщенном виде модель структуры с четко выраженной иерархией строится так.

Пусть система S разбита на несколько подсистем. Пусть для определенности она разбита на 4 подсистемы: S_1 , S_2 , S_3 , S_4 . Обозначим через $\&1$ связи между этими подсистемами. Тогда $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, \&1\}$. Пусть система S_1 , в свою очередь, состоит из подсистем S_{11} , S_{12} , S_{13} . Связи между этими подсистемами обозначим через $\&2$. Тогда

$$S_1 = \{S_{11}, S_{12}, S_{13}, \&2\}.$$

Аналогично запишем для других систем:

$$S_2 = \{S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{25}, \&3\}.$$

$$S_3 = \{S_{31}, S_{32}, S_{33}, \&4\}.$$

$$S_4 = \{S_{41}, S_{42}, S_{43}, S_{44}, \&5\}.$$

Если, в свою очередь, системы S_{11} , S_{12} и т.д. разбиваются на подсистемы, то нужно и для них сделать соответствующие записи. Полученная модель называется кортежной. Кортежная модель не очень наглядна.

Информационные структуры, содержащие взаимосвязанные данные о реальных объектах и хранящиеся во внешней памяти ЭВМ, называются базами данных (БД). Базы данных — это хранилища информации. Чтобы работать с базами данных, нужно специальное программное обеспечение. Оно носит название системы управления базами данных (СУБД). С помощью СУБД строятся базы данных и производится работа с ними. Обычно СУБД ориентируются на определенные типы структур данных. Наибольшее распространение

получили так называемые реляционные СУБД, ориентированные на работу с таблицами.

6.5. Об управлении системами

Любой процесс в природе — физический, химический, социальный, мыслительный и т.п., будучи предоставлен сам себе, развивается и протекает по некоторым присущим ему закономерностям. Однако в силу всеобщей связи между явлениями в природе на него воздействуют и он сам воздействует на другие процессы. В результате таких воздействий происходят различные отклонения от первоначального развития процесса, т.е. он протекает по более сложным законам.

Все внешние воздействия на процесс можно разделить на случайные и управляющие. Случайные воздействия непреднамеренны (высокий снежный покров зимой затрудняет зайцам добычу пищи). Поведение влияющего процесса (выпадение снега) не зависит от состояния того процесса, на который он влияет (популяция зайцев), этот процесс протекает сам по себе, независимо от влияющего. Его, условно говоря, не интересует, что происходит под его влиянием. В противоположность этому управляющие воздействия специально предназначены для изменения хода процесса, на который они направлены (воздействие человека на численность популяции зайцев). Управляющие воздействия осуществляются с определенным намерением изменить ход процесса в желаемом направлении.

Совокупность управляющих воздействий, направленных на достижение поставленной цели, называется *управлением*. Таким образом, управление предполагает, что существует некоторый орган, вырабатывающий управляющие воздействия (в нашем примере это человек). Такой управляющий орган принято называть *системой управления*. Объект управления, на изменение состояния которого направлены управляющие воздействия, называют *управляемой системой*.

Чтобы цель управления была достигнута, в систему управления должна поступать информация о состоянии управляемой системы. Информация о состоянии управляемой системы позволяет скорректировать управляющие воздействия.

Схема управления изображена на рис. 6.8.



Рис. 6.8.

Управляемые системы разнообразны по своему составу. Это могут быть определенные технические системы, живые организмы, коллективы людей, а также смешанные человеко-технические системы. Сущность управления системами одна. Она состоит в преднамеренном воздействии со стороны ради достижения заранее поставленных целей. Естественно, что способы управления техническими системами и системами, в которых действуют люди, принципиально различаются между собой. Однако сущность управляемой системы не зависит от качественного состава ее элементов.

Любая система в процессе своего функционирования претерпевает качественные изменения. Поэтому развиваемость является отличительным признаком систем. В механизме развития любой системы выделяют следующие стадии: возникновения, становления, зрелости и качественного преобразования (отмирания прежней системы). Причем последняя стадия, по существу, совпадает с первой, т.е. с возникновением новой системы или ее нового качества. Растение (например, томат) возникает из семян, затем оно растет, развивается, дает плоды с новыми семенами и погибает. Здание, как система,

сначала проектируется, затем строится, эксплуатируется и разрушается, что порождает необходимость построения нового здания. Возникновение системы отождествляется с этапом проектирования системы. Готовый к применению проект можно считать рождением системы. Начало ее реализации, когда происходит отладка ее отдельных звеньев, согласование между субъектами правил пользования системой и т.д. совпадают с этапом становления системы. Реализация системы, когда происходит безболезненное разрешение противоречий между достигаемыми целями и складывающимися ситуациями, совпадает с этапом зрелости системы. Возникающие сбои при применении системы являются предпосылками для замены системы на новую, которая бы соответствовала изменившимся условиям. Это совпадает с этапом отмирания системы и целесообразностью зарождения новой.

В соответствии с этапами развития системы задачи управления можно разбить на три группы.

1. Задачи проектирования (конструирования) новых систем.
2. Задачи совершенствования (модернизации) свойств систем и их функциональных возможностей.
3. Задачи использования (применения, эксплуатации, реализации) систем.

На основе указанных трех задач управления системами может быть рассмотрена комплексная задача управления, которая состоит в поэтапном конструировании, применении и в улучшении системы.

В 1948 году американский ученый Норберт Винер (1894—1964) "сформулировал основные положения новой науки, названной им "кибернетикой"". Он ввел в рассмотрение новую категорию — "управление". Выделение категории управления дало возможность пользоваться понятием информации, положив в основу кибернетики изучение законов передачи и преобразования информации.

Для функционирования системы необходим информационный обмен между элементами. Представьте себе бригаду рабочих, занятых на строительстве дома. Если каждый рабочий будет работать сам по себе, не получая информации о том, что делают остальные члены бригады, то вряд ли они смогут построить дом.

Без информационного обмена системы с окружающей средой также немислимы функционирование и развитие системы, ее адаптация к постоянно меняющимся условиям и возможность воздействия на внешний мир, она не будет жизнеспособной. Если ребенок не будет получать информацию об окружающем мире или не будет взаимодействовать с ним, то из него не вырастет полноценного человека. Таким образом, информационные связи необходимы, чтобы шли процессы управления как внутри самой системы, так и между системой и окружающей ее средой.

Для принятия решений по управлению системой нужна информация о состоянии управляемой системы и внешней среды.

Главным понятием системного подхода к сложным системам управления является понятие информационного потока. Система управления по своему определению требует взаимосвязи между частями для образования сложного интегрированного целого. Информационный поток должен обеспечить необходимой информацией все подсистемы. Информационные потоки на схемах принято изображать полыми стрелками. Напомним, что описательная модель отвечает на вопрос "что мы хотим делать?", а алгоритмическая модель — на вопрос "как мы будем это делать?". Разберем движение информационных потоков на примере создания и деятельности некоего завода.

Прежде чем строить завод, мы должны иметь какую-то начальную информацию, получаемую из внешних источников, в частности, информацию о цели построения завода и имеющихся ресурсах. Затем мы должны построить описательную модель, т.е. описать, каким мы хотим видеть наш завод. После этого надо построить алгоритмическую

модель — разработать последовательность наших действий для достижения поставленной нами цели. И только после этого можно приступить к реализации наших замыслов — начинать строить завод. В ходе построения завода необходимо постоянно собирать информацию о результатах деятельности. Полученную информацию каждый раз необходимо проанализировать, определиться с необходимостью внесения изменений в нашу систему, для того чтобы добиться своей цели. Возможно, нам придется внести изменения в описательную или алгоритмические модели, а возможно, в производственный процесс. Другими словами, мы должны принять решение, что нам необходимо сделать для скорейшего и более полного достижения цели. На рис. 6.9 представлена схема движения информационных потоков.



Рис. 6.9. Схема движения информационных потоков

6.6. Цели и критерии эффективности системы

Система всегда создается для решения какой-либо задачи, для достижения какой-либо цели. Например, система водоснабжения города создается для бесперебойного снабжения города водой, правоохранительная система создается для охраны правопорядка, системы счисления созданы для удобства записи чисел.

Под *целью системы* понимают то состояние системы, которое надо достичь, или результаты, которые надо получить. Другими словами, цель определяет, для чего создается система. Важность определения цели системы не вызывает сомнения и является, в свою очередь, сложной проблемой. Неправильное или недостаточно точное определение цели системы может привести к тому, что система не даст ожидаемых результатов.

Как же правильно определить цель системы? Предположим, что вы поставили перед собой цель получить за год оценку "отлично" по математике. Разумно поставить перед собой вопрос: "Зачем мне нужна отличная оценка по математике?" Предположим, вы ответили на этот вопрос так: "Я хочу поступить в политехнический университет". Это будет являться целью более высокого уровня. Можно рассуждать так: "Я хочу сдать вступительные экзамены и поступить в политехнический университет. Что мне для этого надо?" Отвечая на этот вопрос, мы увидим, что на самом деле нам надо иметь хорошие знания по предметам, по которым придется сдавать вступительные экзамены, в том числе и по математике. Получается, что цель свою мы сформулировали несколько неправильно. Оказывается, что наша цель — получение отличных знаний, а не оценки!

Изменение цели может повлечь и изменение наших последующих действий. Отличную оценку можно получить, пользуясь шпаргалками. Но знаний от шпаргалок вряд ли прибавится! Таким образом, чтобы правильно определить цели системы, надо сначала определить цели надсистемы, причем неплохо определить цели даже не на один, а на несколько уровней выше. В нашем примере надо задать себе вопрос: "Зачем мне поступать в политехнический университет?", а может, и вопрос: "Зачем мне нужно высшее образование?".

После формулировки цели надсистемы необходимо проверить, способствует ли достижение цели системы достижению цели надсистемы. Если вы получили отрицательный ответ, то вам следует пересмотреть свои цели. Обычно, чем выше уровень системы, тем

труднее бывает сформулировать цель и тем важнее сформулировать эту цель правильно.

Цели систем и надсистем удобно оформлять в виде "дерева". На рис. 6.10 приведен пример "дерева" для целей системы и надсистем.

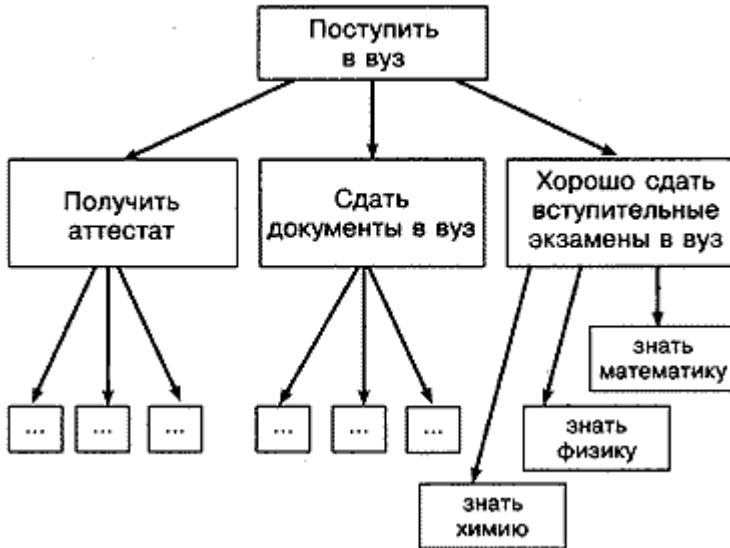


Рис. 6.10. "Дерево" целей надсистемы

Здесь была поставлена цель: "Знать математику". После этого поставлен вопрос: "Для чего мне надо знать математику?" — и получен ответ: "Чтобы сдать вступительные экзамены в вуз". Затем, в свою очередь, задан вопрос: "Для чего мне сдавать экзамены?" — и получен ответ: "Чтобы поступить в вуз". Таким образом, мы как бы идем от нижних уровней "дерева" к верхним, к "корню дерева".

После того как мы поднялись на несколько уровней выше, надо двигаться, наоборот, сверху вниз и задавать себе вопрос: "Что для этого мне надо сделать?". Так, мы должны задать себе вопрос: "Что

мне надо сделать, чтобы поступить в вуз?" Ответ: "Для этого мне надо получить аттестат об окончании школы, подать документы в вуз и хорошо сдать вступительные экзамены". Кроме того, надо проверить полноту своего ответа на этот вопрос. Для этого спросим себя: "Если я получу аттестат об окончании школы, подам документы в вуз и хорошо сдам вступительные экзамены, то я поступлю в вуз?" Если на этот вопрос мы получим отрицательный ответ, то это будет означать, что на вопрос: "Что мне надо сделать, чтобы поступить в вуз?" — был дан неполный ответ. Аналогичным образом надо поступить с вопросом: "Что мне надо сделать, чтобы хорошо сдать вступительные экзамены?"

Необходимо также провести анализ состояния системы, определить, в каком состоянии находится система на данный момент времени (исходное состояние системы) и в какое состояние мы хотим ее привести (желаемое состояние системы). Для этого нам надо определить критерии оценки состояния системы, по которым мы сможем оценить, в каком состоянии находится система, движемся ли к цели. Таким образом, чтобы правильно определить цели системы, необходимо:

1. Определить цели надсистемы, желательно на несколько уровней выше.
2. Определить, что надо сделать, чтобы добиться целей надсистем.
3. Проверить, добьемся ли мы целей надсистем, если будут достигнуты цели систем более низкого уровня.
4. Проанализировать исходное состояние системы, описать желаемое состояние системы и критерии оценки ее эффективности. Более подробно о критериях оценки эффективности системы мы поговорим дальше.

Для правильного выбора характера и интенсивности управляющих воздействий необходимо знать, как указывалось выше, цель системы — желаемое ее состояние, а также критерии, по которым оцениваются степень и эффективность ее достижения. Часто бывает очень трудно определить критерии. Как, например, определить, улучшилась ли культура обслуживания в парикмахерской, эффективно ли работает школа?

Определение цели может быть количественным или качественным. Качественные цели обычно носят психологический или социальный характер. К таким целям, например, относятся "поддержание чести фабричной марки", "улучшение взаимоотношений между сотрудниками", "повышение культуры обслуживания" и т.д. Для качественных целей обычно бывает очень трудно подобрать критерии оценки достижения цели в единицах измерения, но это сделать необходимо. Общей единицей измерения часто бывает удобно принять деньги или время. В наиболее трудных случаях прибегают к экспертным оценкам, вводят с помощью экспертов условные перерасчетные коэффициенты одних единиц измерения в другие.

Цель системы должна быть сформулирована так, чтобы можно было определить критерии оценки достижения цели, т.е. цель системы и критерии оценки должны вырабатываться одновременно. Ставя какую-либо цель, необходимо каждый раз задаваться вопросом: как мы определим, достигли мы желаемой цели или нет?

Критерий оценки состояния системы, вообще говоря, может быть и один, но чаще их бывает несколько. Например, если мы налаживаем работу аэропорта, то критерием оценки будет не только количество перевозимых пассажиров, но и количество аварий, количество пустующих мест в самолетах, нарушения расписания и т.д.

Состояние системы в каждый момент времени определяется некоторым набором значений критериев. Состояние системы удобно изобразить с помощью пространства состояний. Для этого каждому параметру ставят в соответствие ось некоторого многомерного

пространства. Любое состояние системы отображается в пространстве состояний некоторой точкой. Если состояние системы изменилось, то соответствующая точка в пространстве состояний должна переместиться. Предположим, вы хотите получить как можно больше знаний и при этом не испортить себе здоровье, а по возможности и улучшить его. Тогда надо выбрать единицы измерения для знаний и для здоровья. Например, знания вы будете измерять в баллах — это будет средняя оценка, полученная в школе. Подобрать единицы измерения для здоровья несколько труднее. Можно, например, подсчитать количество дней, когда мы были здоровы, но поскольку время течет, то удобнее будет измерять в процентном отношении "здоровых" дней к количеству всех дней.

Особенность задач управления состоит в том, что они допускают не одно, а несколько решений. Поэтому возникают вопросы: какое решение выбрать из всех возможных, какое из них будет наилучшим (оптимальным)? При этом возникает новый вопрос: а какое же управление считать оптимальным?

Представим, что мы идем из университета домой. Какой путь будем считать наилучшим, если домой можно прийти несколькими путями? Если мы хотим прийти домой поскорее — это будет наикратчайший путь. Если мы хотим немного прогуляться, то наверняка выберем другой путь. Если же мы хотим зайти по дороге домой в магазин, то это может быть третий путь. Поэтому, если мы говорим об оптимальном решении, то надо говорить о критерии или критериях, по которым мы будем оценивать оптимальность решения, т.е. о критериях оптимальности. *Критерий оптимальности называют также целевой функцией.*

В сложных системах эффективность процесса обычно зависит от нескольких переменных, причем часть их надо обратить в максимум, а другие в минимум. Например, при создании газовой горелки мы хотим, чтобы расход топлива был минимальным, а температура пламени наибольшей.

Возникает вопрос: существует ли такое решение, которое удовлетворяет всем требованиям сразу? Вообще говоря, такого решения не существует. Если же оно и существует, то только в простейшем, тривиальном случае, когда в силу очевидности не возникает никаких проблем с выбором решения. В реальных задачах обычно учитывают, что некоторые критерии имеют большую важность, чем другие. Поэтому приходится критерии ранжировать, т.е. устанавливать их относительную важность. В таких условиях оптимальным можно считать такое решение, в котором наиболее существенные критерии получают экстремальное значение, а остальные критерии не выходят из области допустимых значений.

Вспомните, например, как мы оценивали эффективность работы авиакомпании. Критериями оценки у нас были количество перевозимых пассажиров, количество несчастных случаев, количество пустующих мест в самолетах, нарушения расписания. Если надо добиваться увеличения числа перевозимых пассажиров, то остальные критерии надо постараться уменьшить. Причем наиважнейшим критерием надо, очевидно, выбрать количество несчастных случаев, ну а для остальных критериев можно подобрать области допустимых значений, из которых мы не должны выходить. Понятно, что количество пустующих мест в самолетах не должно превышать какого-то определенного числа, иначе авиакомпания просто разорится.

Декомпозиция целей системы

Слово *декомпозиция* трактуется как разложение целого на части, предполагающее дальнейшее соединение этих составных частей в единое целое, т.е. в исходный объект.

Представление исходной цели совокупностью упрощенных (локальных) целей называют *декомпозицией исходной цели*, причем при достижении упрощенных целей должна быть достигнута и исходная цель. В свою очередь, эти упрощенные цели могут быть разбиты на более мелкие цели и задачи, т.е. можно говорить о многоуровневости целей и задач. Например, цель "Получить высшее образование" может быть разбита на несколько более мелких целей: "Поступить в

институт", "Проучиться в институте положенное количество лет", "Защитить диплом". В свою очередь, эти упрощенные цели могут быть разбиты на более мелкие цели и задачи, т.е. можно говорить о многоуровневости целей и задач. Цель "Поступить в институт" может быть разбита на: "Получить аттестат", "Сдать документы в институт", "Хорошо сдать вступительные, экзамены в вуз" (см. рис. 6.10).

Совокупность целей подсистем одного уровня должна обеспечить выполнение целей системы более высокого уровня. Поэтому при проведении декомпозиции цели необходимо каждый раз проверять, будет ли достигнута цель, если мы добьемся выполнения всех целей, на которые она разбита. То есть мы должны спросить себя: "Гарантировано ли мое поступление в данный вуз, если я получу аттестат, сдам документы в институт и хорошо сдам вступительные экзамены в вуз?" Если мы ответили на этот вопрос отрицательно, значит, нам надо более четко сформулировать наши частные цели, либо мы потеряли одну или несколько частных целей.

В сложных системах достаточно высокого уровня не всегда удастся однозначно определить одну-единственную цель. Возникает необходимость одновременного достижения нескольких целей, совокупность которых можно рассматривать как некоторую общую цель системы. Если эти цели независимы и равнозначны, имеем многоцелевую систему. Управление многоцелевыми системами представляет собой сложнейшую задачу.

Если среди совокупности целей одна доминирует по своему назначению над другими, ее называют основной, а остальные — дополнительными. Например, одновременно с выпуском основной продукции предприятие строит жилые дома и детские учреждения для своих сотрудников, сдает лом черных и цветных металлов, участвует в благоустройстве города и района и т.д. Естественно, для каждой из таких функций намечается своя цель, которая входит составной частью в общую цель, установленную для предприятия.

Чтобы добиваться от управляемой системы наилучшей работы, необходимо правильно оценить относительную значимость каждой из дополнительных или частных целей. Для определения важности целей можно присвоить каждой из них весовой коэффициент. Весовой коэффициент показывает относительную важность данной цели в долях единицы. Если $q(i)$ — весовой коэффициент i -той цели, то $q(1) + q(2) + q(3) + \dots + q(k) = 1$, где k — количество целей.

Выразить важность цели числовым коэффициентом обычно трудно, эта величина, как правило, не поддается расчету, и для ее определения чаще всего приглашаются эксперты.

В середине прошлого столетия стали формироваться отдельные научные направления, так или иначе связанные с понятием систем. Предметом одной из этих наук было обоснование методов принятия решений в военном деле. Она называется исследованием операций. В годы мировой войны для того, чтобы облегчить принятие решений, стали использовать результаты исследований, основанных на математических расчетах. Расчеты показывали возможные итоги различных военных операций. Эти методы, получившие общее название — исследование операций, и легли в основу новой науки.

Операцией называют комплекс мероприятий, направленных на достижение поставленной цели. В дальнейшем стало ясно, что операции имеют место не только в военном деле. Операции характерны и для таких областей, как организация промышленности, транспорта, сельского хозяйства, обслуживания населения и т.д.

Поскольку природа реальных объектов и явлений, для которых необходимо строить математические описания, очень разнообразна, то существует несколько типов математических моделей. Математическую модель исследования операций можно записать в виде функции $W=F(x, y)$, где W — критерий качества функционирования системы (количественный), x — контролируемая переменная (или несколько переменных), т.е. переменная, которой мы можем управлять по своему усмотрению, y — неконтролируемая переменная (или несколько переменных), т.е. переменная, которой мы не можем управлять.

Переменная x принадлежит некоторому множеству X допустимых значений контролируемых переменных, y принадлежит некоторому множеству Y возможных неконтролируемых факторов, влияющих на систему.

Переменные x обычно называют *стратегией*, а функцию W называют *целевой функцией*.

Как мы уже отмечали, критерий качества может быть один, а может их быть и несколько. *Задачи с одной целевой функцией* (с одним критерием качества) называются задачами *математического программирования*. Более подробно с ними мы познакомимся дальше.

Модели исследования операций разбивают на три группы.

1. *Детерминированная модель*. Детерминированной моделью называют такую модель, в которой неконтролируемые факторы отсутствуют. В такой модели каждому из набора значений контролируемых переменных соответствует единственный результат. Детерминированная модель сопоставима с "черным ящиком" — функцией, где при одинаковых воздействиях на "черный ящик" мы всегда получаем одинаковый результат.

Для детерминированной модели наша цель — выбрать такую стратегию, для которой показатель качества W будет наивысший.

К детерминированным моделям относятся, в частности, модели, получающиеся при решении задач математического программирования.

2. *Вероятностная модель*. На реальные процессы влияют многочисленные неконтролируемые факторы. Довольно часто бывает известно, какие значения этих факторов появляются и с какой вероятностью (например, известно, как часто выходят из строя транзисторы в магнитофоне в зависимости от времени службы). Следовательно, при одной и той же стратегии мы можем получить различные результаты. Величина на выходе такой модели может быть представлена только в виде математического ожидания, т.е. мы можем предсказать, с какой вероятностью мы можем ожидать тот или иной

результат. Как же, в таком случае, выбрать наилучшую стратегию? В этом случае оценивают средние результаты.

Пусть у нас N вероятностных факторов y_1, y_2, \dots, y_n , которые появляются, соответственно, с вероятностью p_1, p_2, \dots, p_n . Тогда будем добиваться максимального значения для целевой функции $W = p_i F(x, y_i)$.

Вероятностные модели получаются при моделировании, например, работы каких-либо технических устройств, когда известна вероятность выхода из строя их деталей, или при моделировании систем массового обслуживания (билетных касс, парикмахерских, телефонных станций и т.д.), где возникают очереди.

3. *Неопределенная модель.* В этом случае вероятность появления неконтролируемых факторов неизвестна, но обычно известно множество Y — множество всех возможных неконтролируемых факторов. К таким факторам можно отнести погодные условия, действия конкурента или противника.

В неопределенной модели мы можем оценить только границы, в пределах которых мы можем получить результат. Так как множество Y известно, то выберем самый плохой результат, который только может быть: $A = \min(F(x, y))$, — и самый лучший результат: $B = \max(F(x, y))$. Тогда можно гарантировать, что результат нашей операции будет не хуже, чем A , и не лучше, чем B . Таким образом, в условиях неопределенности мы не можем получить точного решения. Но тем не менее такое решение будет лучше, чем взятое наугад.

Методами обоснований решений в условиях неопределенности занимаются математическая теория игр и теория статистических решений. В теории игр рассматриваются ситуации, когда имеются несколько участников выполнения операций, каждый из которых преследует различные и противоположные цели, т.е. при наличии противника. Такие случаи характерны для военных действий, но также часто встречаются в области экономики при наличии конкуренции.

Кроме того, они встречаются в спорте и в самых разнообразных играх в буквальном смысле этого слова.

Напомним, что задачи с одной целевой функцией (с одним критерием качества) называются задачами математического программирования. Математическое программирование изучает методы нахождения экстремумов функций многих переменных при наличии ограничений на эти переменные. Заметим, что термин "программирование" здесь не связан с составлением программ для ЭВМ.

Рассмотрим несколько задач такого типа.

Задача о дневном рационе

Пусть дневной рацион гусей на ферме составляется из трех продуктов — Π_1 , Π_2 , Π_3 . Необходимое количество этих продуктов обозначим, соответственно, x_1 , x_2 , x_3 , а их стоимость — c_1 , c_2 , c_3 . Тогда стоимость всего рациона будет выражаться функцией

$$F(x_1, x_2, x_3) = cx_1 + cx_2 + cx_3.$$

Но для нормального развития гусей рацион должен содержать определенное количество питательных веществ, а именно: не менее b_1 единиц белков, b_2 — жиров, b_3 — углеводов, b_4 — витаминов. Известно, что в единице продукта Π_1 содержится a_{11} единиц белка, a_{12} единиц жиров, a_{13} единиц углеводов и a_{14} единиц витаминов. Аналогично, в продукте Π_2 содержится a_{21} , a_{22} , a_{23} , a_{24} , а в продукте Π_3 — a_{31} , a_{32} , a_{33} , a_{34} , соответствующих питательных веществ. Все эти величины удобно свести в таблицу (см. табл.2).

Таблица 2

Питательные вещества	Количество питательных веществ в единице продукта			Минимально необходимое количество питательных веществ
	$П1$	$П2$	$П3$	
Белки	a_{11}	a_{12}	a_{13}	b_1
Жиры	a_{21}	a_{22}	a_{23}	b_2
Углеводы	a_{31}	a_{32}	a_{33}	b_3
Витамины	a_{41}	a_{42}	a_{43}	b_4
Стоимость единицы продукта	c_1	c_2	c_3	
Количество единиц продукта	x_1	x_2	x_3	

Величины x_1 , x_2 , x_3 неизвестны, их надо выбрать, остальные же величины заданы. Причем величины x_1 , x_2 , x_3 следует выбрать так, чтобы стоимость рациона была наименьшей, но при этом в рационе

содержалось необходимое количество питательных веществ, т.е. должны выполняться неравенства:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \geq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \geq b_3$$

$$a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 \geq b_4$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0$$

Задача о выпуске продукции

Пусть некий завод выпускает три вида продукции: П1, П2, П3. Для выпуска этой продукции требуется четыре вида ресурсов (например, электроэнергия) и три вида сырья. Запасы ресурсов ограничены. Расход ресурсов на единицу продукции и другие величины указаны в табл. 3.

Таблица 3

Виды ресурсов	Расход ресурсов на единицу продукции			Запасы ресурсов
	<i>П1</i>	<i>П2</i>	<i>П3</i>	
Электроэнергия	a_{11}	a_{12}	a_{13}	b_1
Ресурс 1	a_{21}	a_{22}	a_{23}	b_2

Ресурс 2	a_{31}	a_{32}	a_{33}	b_3
Ресурс 3	a_{41}	a_{42}	a_{43}	b_4
Стоимость единицы продукта	c_1	c_2	c_3	
Количество единиц продукта	x_1	x_2	x_3	

Нам необходимо спланировать производство (т.е. выбрать x_1 , x_2 , x_3) так, чтобы доход был максимальный. Доход выражается функцией f .

$$f(x_1, x_2, x_3) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3.$$

Поскольку запас ресурсов ограничен, то должны выполняться неравенства:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \leq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \leq b_3$$

$$a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 \leq b_4$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0$$

Задача об эвакуации

Пусть некий завод производит эвакуацию. На заводе имеется n предметов, подлежащих эвакуации. Но в распоряжении завода есть

всего один самолет, который может загрузить не более A тонн груза. Известны вес каждого предмета (a_1, a_2, \dots, a_n) и его стоимость (c_1, c_2, \dots, c_n). Задача состоит в том, чтобы вывести предметов на возможно большую сумму.

Введем n переменных x_1, x_2, \dots, x_n . Эти переменные могут принимать одно из двух значений: 0 — если данный предмет загружается в самолет, и 1 — если не загружается.

Тогда нам надо найти набор значений переменных x_1, x_2, \dots, x_n , удовлетворяющих условиям:

$x_j = 0$ или $x_j = 1$ для всех $j = 1, 2, \dots, n$;

$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n < A$,

при котором функция

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

принимает максимальное значение.

Мы видим, что при всем кажущемся различии приведенных здесь задач их математическая форма очень сходна.

В первых двух задачах ограничения имеют вид линейных неравенств. Задачи такого типа называют задачами *линейного программирования*. Отметим, что в задачах линейного программирования ограничения могут быть выражены не только неравенствами (строгими или нестрогими), но и равенствами. Третья задача относится к задачам *нелинейного программирования*, поскольку на переменные накладывается условие целостности.

Имитационное моделирование — это искусственный эксперимент, при котором вместо проведения натуральных испытаний с реальными объектами проводят опыты с помощью математических моделей.

Имитационное моделирование обычно связано с моделированием динамических (изменяющихся во времени) объектов, процессов и явлений. Например, на железной дороге существуют табло, на которых отражается движение вагонов и поездов на сортировочной станции. Здесь диспетчер имеет дело с отображающей моделью, т.е. моделью, отражающей действительное положение дел. Аналогичные табло используются и в учебных центрах, где обучают будущих диспетчеров. Но в этом случае обучающимся предлагаются какие-либо вымышленные ситуации, которые лишь имитируют реальность. В этом случае речь идет об имитационном моделировании.

Для иллюстрации этого метода рассмотрим ставшую "классической" задачу "о сбежавшем крокодиле".

Предположим, что в некотором городе есть зоопарк, из которого ровно в полночь сбежал крокодил. Крокодил не знал, куда ему идти, и поэтому, дойдя до очередного перекрестка, выбирал направление случайным образом. Для простоты будем считать, что крокодил за один час проходил ровно один квартал. Поскольку дело происходило ночью, то искать крокодила начали только через пять часов после побега. Крокодил же через пять часов блужданий испугался появившихся на улицах города машин и где-то спрятался. Спрашивается: как далеко успел убежать крокодил и в каком квартале его надо искать в первую очередь?

Конечно, можно провести натурный эксперимент: выпустить из зоопарка порядка 30 крокодилов и посмотреть, куда они пойдут... Нелепость такого опыта очевидна, поэтому лучше провести искусственный эксперимент.

Поскольку крокодил выбирает направление своего движения случайно, то провести эксперимент мы можем с использованием генератора случайных чисел. Генератор случайных чисел должен вырабатывать одно из четырех определенных чисел. Пусть это будут числа 1, 2, 3 и 4. Если генератор случайных чисел выдаст число 1, то

будем считать, что наш крокодил пошел на восток, 2 — на запад, 3 — на юг, 4 — на север.

Теперь можно проводить искусственный эксперимент, рисуя движение крокодила, например, на бумаге. Но еще удобнее провести этот эксперимент на компьютере, составив необходимую для этого программу.

Таким образом, мы с вами получим вероятностную модель.

6.7. Этапы системного анализа

Системология, или системный анализ, является прикладной наукой. Он направлен на решение "жизненных", плохо поставленных задач. Укрупненно системный анализ состоит из этапов постановки задач, структуризации системы, построения и исследования модели.

1-й этап.

Постановка задачи. На этом этапе нужно выяснить, что мы хотели от управляемой системы — для чего она создана, как функционирует, в каких терминах может быть сформулирована ее цель и в чем она состоит, как оценивается эффективность ее работы, какие существуют ограничения. Выяснение ответов на эти вопросы практически не поддается формализации. Успех определяется искусством и опытом специалистов по системному анализу, глубиной понимания исследуемой системы, умением установить контакты с работающими в системе специалистами. В то же время этот начальный этап имеет определяющее значение, от него зависит успех всей последующей работы.

2-й этап.

Структуризация системы. Этот этап начинается с локализации системы, установления ее границ. Для этого определяют полный набор элементов, в той или иной степени связанных с поставленной задачей,

и делят их на два класса — входящих в исследуемую систему и ее внешнюю среду. Определение элементов системы и ее внешней среды существенно зависит от постановки задачи.

Структуризация рассматриваемой системы заключается в разбиении ее на подсистемы в соответствии с поставленной задачей. Вообще говоря, делить систему на подсистемы можно по любому признаку, но важно найти такую структуру, которая обеспечивает наилучшую эффективность решения задачи. Нельзя забывать при этом, что совокупность функций, выполняемых подсистемами, обеспечивает выполнение функций системы в целом. При необходимости каждая подсистема может быть тоже структурирована.

Во внешней среде локализуют системы, которым исследуемая система или подчинена, или находится с ними во взаимодействии. Определяются приоритеты этих систем по принципу близости связей с исследуемой.

Завершается этап структуризации определением всех существенных связей между исследуемой системой и системами, выделенными во внешней среде.

3-й этап.

Построение модели. Мы создаем для себя некоторое представление об изучаемом объекте или процессе, помогающее лучше понять его функционирование и устройство, его характеристики, т.е. создаем модель. Модели значительно облегчают понимание системы, позволяют проводить исследования в абстрактном плане, прогнозировать поведение реальной системы в интересующих нас условиях. Основное назначение и преимущество модели заключается в том, что в ней сконцентрированы важные факторы реальной системы, которые подлежат изучению в конкретном исследовании. Несущественные факторы либо отсутствуют в модели, либо отражены в ней в небольшой степени.

Наиболее важное преимущество модели — возможность простыми средствами изменять ее параметры; вводить некоторые воздействия с целью изучения реакции системы. В реальных условиях получить аналогичные сведения значительно труднее и дороже, а иногда и просто невозможно (например, изучение работы системы в аварийных условиях).

Чтобы модель можно было хорошо изучить и проводить с нею эксперименты, она сама должна быть достаточно простой. Однако чем проще модель, тем в меньшей степени она соответствует моделируемому процессу или объекту. Поэтому моделирование всегда компромисс между простотой модели и обеспечиваемой ею точностью.

При моделировании сложных систем используют различные виды моделей. Наиболее мощным средством исследования, анализа и синтеза систем являются математические модели.

4-й этап

Исследование модели. Этот этап проводится после того, как модель получена и проверена на соответствие (адекватность) реальной системе. Основным назначением этого этапа является выяснение поведения моделируемой системы в различных условиях, при разных состояниях самой системы и ее внешней среды. Для этого варьируют параметры модели, характеризующие состояния объекта, и задают на ее входах различные значения параметров. Полученные результаты позволяют выяснять поведение реальной системы в соответствующих условиях и определить, какие следует ввести изменения в модель, а затем и в реальную систему для улучшения ее функционирования.

Список литературы

1. Абчук В.А., Емельянов А.А., Матвейчук Ф.А. Введение в теорию выработки решений. М.: Воениздат, 1972.
2. Айвазян С.А., Енюков И.С. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985.
3. Абрамян Л. А. Гносеологические проблемы теории знаков. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1965.
4. Агудов В. В. Количество, качество, структура. - "Вопросы философии", 1967, №1.
5. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М., "Сов. радио", 1970.
6. Акоф Р. Общая теория систем и исследование систем как противоположные концепции науки о системах. - Кн.: Общая теория систем. М., "Мир", 1966.
7. Альбрехт Э. Об активности роли языка в процессе познания. - "Вопросы философии", 1974, № 3.
8. Анохин П. К. Опережающее отражение действительности. - "Вопросы философии", 1962, № 7.
9. Анохин П. К. Химический континуум мозга как механизм отражения действительности. - "Вопросы философии", 1970, № 6.
10. Анохин П. К. Методологический анализ узловых проблем условного рефлекса. - В кн.: Философские вопросы высшей нервной деятельности и психологии. М., Изд-во АН СССР, 1963.
11. Античные теории языка и стиля. (Хрестоматия). М.- Л., Соцэргиз, 1936.
12. Апресян Ю. Д. О понятиях и методах структурной лексикологии. - В кн.: Проблемы структурной лингвистики. М., Изд-во АН СССР, 1962.
13. Апресян Ю. Д. Идеи и методы современной структурной лингвистики (краткий очерк). М., Просвещение, 1966.
14. Апресян Ю. Д. Экспериментальное исследование семантики русского глагола. М., "Наука", 1967.
15. Апресян Ю. Д. Конверсивы как средство синонимического преобразования языковой информации. - В кн.: Проблемы прикладной лингвистики. Тезисы докладов МГПИИЯ им. М. Тореза, 1969.

16. Аристотель. О душе. М. - Л., Соцэкгиз, 1937.
17. Арутюнова Н. Д. Коммуникативная функция и значение слова. - "Филологические науки", 1973, № 3.
18. Балли Ш. Общая лингвистика и вопросы французского языка. М., ИЛ, 1955.
19. Бартини Р. О. О соотношении между физическими величинами. В кн.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М., Атомиздат, 1960.
20. Берзтисс А. Т. Структуры данных. М., "Статистика", 1974.
21. Библер В. С. Мышление как творчество (Введение в логику мысленного диалога). М., ИПЛ, 1975.
22. Бирюков Б. В. Теория смысла Готлоба Фреге. В кн.: Применение логики в науке и технике. М., Изд.-во АН СССР, 1960.
23. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М., "Наука", 1973.
24. Бодуэн де Куртенэ И. А. Избранные работы по общему языкознанию. Т. I и II, М., Изд.-во АН СССР, 1963.
25. Боргош Ю. Фома Аквинский. М., "Мысль", 1975.
26. Будагов Р. А. Категория значения в общей теории языка. - В кн.: Проблемы языкознания. Доклады и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов. М., "Наука", 1967.
27. Будагов Р. А. Проблема развития языка. М.-Л., Изд.-во АН СССР, 1965.
28. Бунге М. Причинность. Место принципа причинности в современной науке. М., "Прогресс", 1962.
29. Быковский Б. Э. Гассенди. М., "Мысль", 1974.
30. Вардуль И. Ф. Очерки потенциального синтаксиса японского языка. М., "Наука", 1964.
31. Вардуль И. Ф. Вопросы лингвистической таксономии (синтаксис и супрасинтаксис). Автореф. докт. диссертации. М., ИЯ АН СССР, 1973.
32. Веников В. А. Некоторые методологические вопросы моделирования. - "Вопросы философии", 1964, № 11.
33. Верещагин Е. М. Психологическая и методическая характеристика двуязычия (билингвизма). МГУ, 1969.
34. Ветров А. А. Семиотика и ее основные проблемы. М., Политиздат, 1968.

35. Винер Н. Я - математик. М., "Наука", 1967.
36. Войшвилло Е. К. Понятие. МГУ, 1967.
37. Волков А. Г. Язык как система знаков. МГУ, 1967.
38. Волков А. Г., Хабаров И. А. Семиотика и общество. - В кн.:
.Материалы научного семинара: Семиотика средств массовой
коммуникации. Ч. 2. МГУ, 1973.
39. Выготский Л. С. Проблема сознания.- В кн.: Психология
грамматики. МГУ, 1968.
40. Выготский Л. С. Избранные психологические исследования. М.,
Изд-во АПН РСФСР, 1956.
41. Выготский Л. С. Выступления по докладу А. Р. Лурия. - В кн.:
Психология грамматики. МГУ, 1968.
42. Выготский Л. С. Мышление и речь. М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
43. Гегель Г. Наука логики. Т. 1 - 3. М., "Мысль", 1970 - 1972.
44. Гегель Г. Соч. Гегеля. М.- Л., 1929 - 1959.
45. Герцен А. И. Избранные философские труды. М., Госполитиздат,
1948.
46. Горский Д. П. Роль языка в познании. - В кн.: Мышление и язык.
М., ИИЛ, 1957.
47. Готт В., Урсул А. Общенаучные понятия и их роль в познании.
"Коммунист", 1974, №9.
48. Грецкий М. Н. Французский структурализм. М., "Знание", 1971.
49. Давыдовский И. В. Приспособительные процессы в патологии.
"Вестник АМН СССР", 1962, №4.
50. Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д. Системы и руководство (теория
систем и руководство системами). М., "Сов. радио", 1972.
51. Дорофеев Г. В., Мартемьянов Ю. С. Логический вывод и выявление
связей между предложениями в тексте. - В кн.: Машинный перевод и
прикладная лингвистика. Вып. 12. МГПИИЯ им. М. Тореза, 1969.
52. Евреинов Э. В., Косарев Ю. Г. Однородные универсальные
вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск,
"Наука", 1966.
53. Ельмслев Л. Прологомены к теории языка. - В кн.: Новое в
лингвистике. Вып. 1. М., ИЛ, 1960.
54. Ельмслев Л. Метод структурного анализа в лингвистике. - В кн.: В.
Л. Звегинцев. История языкознания XIX-XX веков в очерках и

- извлечениях. Ч. II. М., "Просвещение", 1965.
55. Жинкин Н. И. Грамматика и смысл (Разбор случая семантической афазии у ребенка). - В кн.: Язык и человек. МГУ, 1970.
56. Жинкин Н. И. О кодовых переходах во внутренней речи. - "Вопросы языкознания", 1964, № 6.
57. Жолковский А. К. и др. К построению действующей модели языка "смысл текст". - В кн.: Машинный перевод и прикладная лингвистика. Вып. 11. МГПИИЯ им. М. Тореца, 1969.
58. Звегинцев В. А. Язык и лингвистическая теория. Изд-во МГУ, 1973.
59. Звегинцев В. А. Семасиология. МГУ, 1957.
60. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. Очерки истории и теории. М., Политиздат, 1974.
61. Ильенков Э. В. Диалектика абстрактного и конкретного в "Капитале" Маркса. М., Изд-во АН СССР, 1960.
62. Интегральные роботы. Сб. статей. Ред. Е. Г. Позняк. М., "Мир", Вып. 1, 1973; Вып. 2, 1975.
63. Исследование операций (Методологические аспекты). М., Сб. под ред. А. А. Ляпунова. М., "Наука", 1972.
64. Исследования по общей теории систем. М., "Прогресс", 1969.
65. Карнап Р. Значение и необходимость. М., ИЛ, 1959.
66. Карцевский С. Об асимметричном дуализме лингвистического знака. - В кн.: В. А. Звегинцев. История языкознания XIX-XX веков в очерках и извлечениях. Ч. II. М., "Просвещение", 1965.
67. Клименко А. П. Вопросы психолингвистического изучения семантики. Минск, "Высшая школа", 1970.
68. Комлев Н. Г. Компоненты содержательной структуры слова. МГУ, 1969.
69. Коротков Н. Н. Норма, система и структура как эталоны анализа и описания языкового строя. - В кн.: Спорные вопросы грамматики китайского языка. М., "Наука", 1963.
70. Коулз С. Работа с машиной на естественном языке. - В кн.: Проблемы современной кибернетики. М., "Знание", 1975.
71. Кочергин А. Н. Моделирование мышления. М., ИПЛ, 1969.
72. Крушинский Л. В. Возможный механизм рассудка. "Природа", № 5, 1974.
73. Кубрякова Е. С., Мельников Г. П. О понятиях языковой системы и

- структуры языка. - В кн.: *Общее языкознание. Внутренняя структура языка*. М., "Наука", 1972.
74. Кузичев А. С. *Диаграммы Венна*. М., "Наука", 1968.
75. Кузнецов П. Г. *Искусственный интеллект и разум человеческой популяции. Приложение к кн.: Е. А. Александров. Основы эвристических решений*. М., "Сов. радио", 1975.
76. Кузнецов П. Г. *Универсальный язык для описания физических законов*. - В кн.: *Материалы научного семинара: семиотика средств массовой коммуникации*. Ч. II. МГУ, 1973.
77. Курилович Е. *Заметки о значении слова*. - В кн.: Е. Курилович. *Очерки по лингвистике*. М., ИЛ, 1962.
78. Леонтьев А. А. *Психологическая структура значения*. - В кн.: *Семантическая структура слова. Психолингвистические исследования*. М., "Наука", 1971.
79. Литвиненко А. С. *Понимание при переводе*. - В кн.: *Теория и методика учебного перевода*. М., Изд-во АПН РСФСР, 1950.
80. Людсканов А. *Селективная стратегия при машинном переводе*. - В кн.: *Международный семинар по машинному переводу*. М., ВЦП, 1975.
81. Маркарян Э. С. *Человеческое общество как особый тип организации*. "Вопросы философии". № 10, 1971.
82. Мартемьянов Ю. С. *Актуальное членение фразы: смысл, распознавание, перевод*. - В кн.: "Проблемы прикладной лингвистики. Тезисы докладов". Ч. II. МГПИИЯ имени М. Тореза, 1969.
83. Мачавариани М. В. *О предмете лингвистики*. - В кн.: *Доклады и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов*. М., "Наука", 1967.
84. Мачавариани М. В. *О взаимоотношении математики и лингвистики*. "Вопросы языкознания". № 3, 1903.
85. Медведев Н. В. *Теория отражения и ее естественнонаучное обоснование*. М., Соцэкгиз, 1963.
86. Мельников Г. П. *Язык машины и план содержания (о путях создания самообучающейся машины-переводчика)*. - В кн.: *Тезисы совещания по математической лингвистике*. ЛГУ, 1959.
87. Мельников Г. П. *Взаимодействие структуры ярусов в языках семитского строя*. - В кн.: *Семитские языки*. Вып. 2 (Ч. 2). М., "Наука",

1965.

88. Мельников Г. П. Причины нарушения симметрии в системе киргизских гласных. "Советская тюркология". № 1, 1970.
89. Мельников Г. П. Детерминанта - ведущая грамматическая тенденция языка. - В кн.: Фонетика, фонология, грамматика. М., "Наука", 1971.
90. Мельников Г. П., Охотина Н. В. Выявление детерминанты и классификация морфем банту (на материале суахили). - В кн.: Проблемы африканского языкознания. Типология, компаративистика, описание языков. М., "Наука", 1971.
91. Мельников Г. П. Принципы системной лингвистики в применении к проблемам тюркологии. - В кн.: Структура и история тюркских языков. М., "Наука", 1971.
92. Мельников Г. П. Несколько "почему" из области азербайджанского вокализма. - В кн.: Вопросы тюркологии. К 60-летию академика АН АзССР М.Ш. Ширалиева. Баку, "Элм", 1971.
93. Мельников Г. П. Алтайская гипотеза с позиций системной лингвистики. - В кн.: Проблем общности алтайских языков. Л., "Наука", 1971.
94. Мельников Г. П. Монгольский вокализм и алтайская гипотеза. - В кн.: Проблема общности алтайских языков. Л., "Наука", 1971.
95. Мельников Г. П. Семантика и системная типология. - В кн.: Вопросы семантики. Тезисы докладов. М., "Наука", 1971.
96. Мельников Г. П. Детерминантная классификация языков и языки банту. - В кн.: Африканский этнографический сборник, IX. Новая серия. Т. 100, Л., "Наука", 1972.
97. Мельников Г. П. Лингвистика структурная или лингвистика системная? - В кн.: Материалы Всесоюзной конференции по общему языкознанию: Основные проблемы эволюции языка. Ч. 1. Самарканд, ГУ. им. Навои, 1966.
98. Мельников Г. П. Морфологический строи языка и средства словоразграничения. - В кн.: Исследования по фонологии. М., "Наука", 1966.
99. Мельников Г. П. Системная лингвистика и ее отношение к структурной. - В кн.: Проблемы языкознания. Доклады и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов. М.,

"Наука", 1967.

100. Мельников Г. П. Структура языка. Отличие структуры от системы. - В кн.: *Общее языкознание. Учебно-методическое пособие для студентов-заочников филологических факультетов государственных университетов.* МГУ, 1968.

101. Мельников Г. П. Системный анализ причин своеобразия семитского консонантизма (методические разработки). МГПИ им. В. Л. Ленина, 1968.

102. Мельников Г. П. Язык как система и языковые универсалии. - В кн.: *Языковые универсалии и лингвистическая типология.* М., "Наука", 1969.

103. Мельников Г. П. Системный подход к лингвистике. - В кн.: *Системные исследования. Ежегодник. 1972.* М., "Наука", 1973.

104. Мельников Г. П. Языковой знак, значение и термин. - В кн.: *Научный симпозиум: Место терминологии в системе современных наук.* МГУ, 1969.

105. Мельников Г. П. Речевая деятельность при билингвизме. - В кн.: *Четвертый семинар по вопросам теории и практики перевода научной и технической литературы.* Москва - Тбилиси, 1970.

106. Мельников Г. П. О сохранении эквивалентности значений и эквивалентности смыслов при переводе научной и технической литературы. - В кн.: *Пятый семинар по вопросам теории и практики перевода научной и технической литературы.* Москва - Ярославль, 1971.

107. Мельников Г. П. Значение, смысл и типы значимостей языкового знака. - В кн.: *Научный симпозиум: семиотические проблемы языков науки, терминологии и информатики.* МГУ. 1971.

108. Мельников Г. П. Язык и речь, значение и смысл. - В кн.: *Научная сессия по проблеме "Язык и речь". Тезисы докладов.* Тбилиси, "Наука", 1971.

109. Мельников Г. П. Семантика и проблемы тюркологии. "Советская тюркология". № 6, 1971.

110. Мельников Г. П. Типы мыслительных единиц, обозначаемых языковыми знаками. - В кн.: *Вопросы семантики. Тезисы докладов.* М., "Наука", 1971.

111. Мельников Г. П. О принципиальных возможностях передачи

- содержания текста при машинном переводе на современных ЭВМ. - В кн.: Теория и практика научно-технической информации. МДНТП, 1974.
112. Мельников Г. П., Муранивский Т. В. Степень семантической современности ИПЯ. - В кн.: Теория и практика научно-технической информации. МДНТП, 1974.
113. Мельников Г. П. Типы означаемых языкового знака и детерминанта языка. - В кн.: Проблемы семантики. М., "Наука", 1974.
114. Мельников Г. П. Психическая и логическая природа чтения и понимания текста. - В кн.: Язык научной литературы (Лингвистические проблемы и методика преподавания). Каф. иностр. языков АН СССР. Тезисы докладов и сообщения XX научно-методической конференции. М., 1975.
115. Мельников Г. П. Выявление принципов системного членения словарного состава на основе моделирования языкового общения. - В кн.: Актуальные проблемы лексикологии. Тезисы докладов и сообщений Всесоюзной научной конференции. 17-20 июня 1970. Минск, БГУ, 1970.
116. Мельников Г. П. О типах дуализма языкового знака. "Филологические науки", № 5, 1971.
117. Мельников Г. П. Азбука математической логики. М., "Знание", 1967.
118. Мельников Г. П. Фонология и понятие конструкта. - В кн.: Фонологический сборник: Материалы межвузовской конференции. Вып. II. Донецк, ГУ, 1963.
119. Мельников Г. П. Структурализм в истории развития естественных и гуманитарных наук. - В кн.: XIII Международный конгресс по истории науки. Секция № 1. Подсекция: История и перспективы развития системного подхода и общей теории систем. М., "Наука", 1971.
120. Мельников Г. П. Системный, структурный и деятельностный подход в семиотике и лингвистике. - В кн.: Научный симпозиум: семиотические проблемы языков науки, терминологии и информатики. Ч. I. МГУ, 1971.
121. Мельников Г. П., Муранивский Т. В. Системные методы в информатике и научно-информационной деятельности. - В кн.: Теория

- и практика научно-технической информации. МДНТП, 1973.
122. Мельников Г. П. Информатика, язык и речь. - В кн.: Теория и практика научно-технической информации. МДНТП, 1974.
123. Мельников Г. П. Структурализм и системный подход в истории развития науки. - В кн.: Труды XIII Международного конгресса по истории науки. Секция 1А. М., "Наука", 1974.
124. Мельников Г. П., Муранивский Т. В. Сущность и функции информатики. - В кн.: Теория и практика научно-технической информации. МДНТП, 1975.
125. Мельников Г. П. Сущность предикации и способы ее языкового выражения. - В кн.: Инвариантные синтаксические значения и структура предложения. М., "Наука", 1969.
126. Мельников Г. П. Синтаксический строй тюркских языков с позиций системной лингвистики. - "Народы Азии и Африки", № 6, 1969.
127. Мельников Г. П. Языковая стратификация и классификация языков. - В кн.: Единицы разных уровней грамматического строя и их взаимодействие. М., "Наука", 1969.
128. Мельников Г. П. Диагностический контекст для выявления минимальных коммуникативных единиц речевого потока. - В кн.: Структурно-математические методы моделирования языка. Тезисы докладов и сообщений всесоюзной научной конференции. Ч. II. Киев, КГУ, 1970.
129. Мельников Г. П. Проблема природы единиц логико-грамматического членения предложения. - В кн.: Первая Всесоюзная конференция по теории и практике перевода (функциональный стиль научной и технической литературы). Тезисы докладов. Каунас, 1975.
130. Мельников Г. П. Двучленные определительные конструкции и существенные особенности строя турецкого языка. - В кн.: Тезисы совещания. Проблемы фонологии, морфологии, синтаксиса и лексики (на материале языков различных систем). М., "Наука", 1966.
131. Мельников Г. П. Основные типы выражения атрибуции в суахили. - В кн.: Конференция аспирантов и молодых научных работников. Дополнительные тезисы по лингвистике. М., "Наука", 1967.
132. Мельничук А. С. Понятие системы и структуры языка в свете диалектического материализма. - В кн.: Ленинизм и теоретические

- проблемы языкознания. М., "Наука". 1970.
133. Язык и человек. Сб. статей памяти П. С. Кузнецова под ред. В. Л. Звегинцева. МГУ, 1970.
134. Милн Л. Дж., Милн М. Чувства животных и человека. М., "Мир", 1966.
135. Мороз В. Н. О логическом ударении. "Ученые записки ТашГУ им. В. И. Ленина". Вып. 260, 1964.
136. Напалков А. В., Целкова Н. В., Моисеев И. Ф. Эвристический анализ информационных структур. М., "Энергия", 1975.
137. Новик И. Б. Гносеологическая характеристика кибернетических моделей. "Вопросы философии". № 8, 1963.
138. Овчинников Н. Ф. Категория структуры в науках о природе. - В кн.: Структуры и формы материи. М., "Наука", 1967.
139. Павлов В. М. К вопросу о материальности объекта лингвистики. - В кн.: Проблемы языкознания. Доклады и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов. М., "Наука", 1967.
140. Панфилов В. З. К вопросу соотношения языка и мышления. - В кн.: Мышление и язык. М., ИПЛ, 1957.
141. Панфилов В. З. Грамматика и логика (грамматическое и логико-грамматическое членение простого предложения). М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963.
142. Панфилов В. З. Взаимоотношение языка и мышления. М., "Наука", 1971.
143. Плоткин В. Я. Динамика английской фонологической системы. Западно-Сибирское книжное изд-во, Новосибирск, 1967.
144. Полторацкий А., Швырёв В. Знак и деятельность. М., ИПЛ, 1970.
145. Поспелов Г. С. Предисловие к книге "Проблемы современной кибернетики". М., "Знание", 1975.
146. Поспелов Г. С. Объект управления наука. "Наука и жизнь", № 11, 1975.
147. Прибрам К. Языки мозга. Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии. М., "Прогресс", 1975.
148. Пумпянский Л. Л. Информационная роль порядка слов в научной и технической литературе. М., "Наука", 1974.
149. Резников Л. О. Понятие и слово. ЛГУ, 1959.

150. Реформатский А. Л. Агглютинация и фузия как две тенденции грамматического строя языка. - В кн.: Морфологическая типология и проблемы классификации языков. М.-Л., "Наука", 1965.
151. Рождественский Ю. В. Типология слова. М., "Высшая школа", 1969.
152. Садовский В. Н., Юдин Э. Г. О специфике методологического подхода к исследованию систем и структур. "Логика и методология науки". М., "Наука", 1967.
153. Самохвалов К. Ф. Исследование требования к теории эмпирических предсказаний. Канд. дисс. Новосибирск, 1975.
154. Самохвалов К. Ф. О теории эмпирических предсказаний. - В кн.: Вычислительные системы, № 55. ИМСОАН СССР, 1973.
155. Свидерский В. И. О диалектике элементов и структуры в объективном мире и познании. М., АМ СССР, 1962.
156. Свидерский В. И. Элементы и структура как категории диалектики. - В кн.: Диалектика и логика научного незнания. М., "Наука", 1966.
157. Севбо И. П. Определение некоторых характеристик громоздкости для дерева зависимости. - В кн.: Проблемы прикладной лингвистики. Тезисы докладов. Ч. II. МГПИИЯ им. М. Тореца, 1969.
158. Серебренников Б. А. Причины устойчивости агглютинативного строя и вопрос о морфологическом типе языков. - В кн.: Морфологическая типология и проблема классификации языков. М.-Л., "Наука", 1965.
159. Серебренников Б. А. К проблеме сущности языка. - В кн.: Общее языкознание. Формы существования, функции, история языка. М., "Наука", 1970.
160. Сеченов И. М. Элементы мысли. М., Изд-во "Научное слово", 1903.
161. Симонов П. Сознание, подсознание, сверхсознание. "Наука и жизнь", №12, 1975.
162. Славин А. Наглядный образ и структура познания. М., ИПЛ, 1971.
163. Соколов А. Н. Внутренняя речь и мышление. М., "Просвещение", 1968.
164. Солнцев В. М. Язык как системно-структурное образование (к

- проблеме онтологии языка). Докт. дисс. М., 1970.
165. Солнцев В. М. Язык как системно-структурное образование. М., "Наука", 1971.
166. Сосюр Ф. Курс общей лингвистики. М., "Соцэкгиз", 1933.
167. Степанов Ю. С. Семиотика. М., "Наука", 1971.
168. Стяжкин И. И. Формирование математической логики. М., "Наука", 1967.
169. Таирбеков Б. Г. Философские проблемы науки о переводе (гносеологический анализ). Баку, ЛГУ, 1974.
170. Таирбеков Б. Г. Проблематика перевода как предмета переводоведения. Автореф. докт. диссертации. Баку, 1973.
171. Тюхтин В. С. Отражение, системы, кибернетика. М., "Наука", 1972.
172. Тюхтин В. С. Теория отражения в свете современной науки. М., "Знание". 1971.
173. Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М., "Физматгиз", 1960.
174. Уемов А. И. О логических основаниях метода моделирования. - В кн.: Метод моделирования в естествознании. Тезисы. Тарту, 1966.
175. Украинцев Б. С. Отображение в неживой природе. М., "Наука", 1969.
176. Украинцев Б. С. Самоуправляемые системы и причинность. М., "Мысль", 1972.
177. Урсул А. Д. Проблема информации в современной науке. Философские очерки. М., "Наука". 1975.
178. Уфимцева А. А. Знаковая природа языка. - В кн.: Общее языкознание. Формы существования, функции, история языка. М., "Наука", 1970.
179. Фейербах Л. О спиритуализме и материализме, особенно в их отношении к свободе воли. Избр. философск. произв., Т. 1. М., Госполитиздат, 1955.
180. Философские проблемы теории адаптации. Под ред. Г. П. Царегородцева. М., "Мысль", 1975.
181. Философский словарь. Под ред. М. М. Розенталя. М., Политиздат, 1972.
182. Флейшман Б. С. Системный период развития науки. - В кн.: XIII Межд. конгресс по ист. науки. Секция № 1. Подсекция: История и

- перспективы развития системного подхода к общей теории систем. М., "Наука", 1971.
183. Фролов И. Т. Проблема целесообразности в свете современной науки. М., "Знание", 1971.
184. Хомский Н. Формальные свойства грамматик. - В кн.: Кибернетический сборник. Новая серия. Вып. 2. ИЛ, 1966.
185. Хомский Н. Синтаксические структуры. - В кн.: Новое в лингвистике. Вып. II. М., ИЛ, 1962.
186. Хомский Н. Язык и мышление. МГУ, 1972.
187. Хомский Н. Три модели описания языка. "Кибернетический сборник", № 2. М., ИЛ, 1961.
188. Чавчанидзе В. В., Гельман О. Я. Моделирование в науке и технике. М., "Знание", 1966.
189. Черч А. Введение в математическую логику. Т. 1. М., ИЛ. 1960.
190. Чикобава А. С. Введение в языкознание. Ч. I. М., Учпедгиз, 1952.
191. Шафф А. Введение в семантику. М., ИЛ, 1963.
192. Шептулин А. П. Природа и специфика философских категории. М., Знание", 1973.
193. Штофф В. А. Моделирование и философия. М.-Л., "Наука", 1966.
194. Щур Г. С. О сущности некоторых лингвистических методов и их роли при исследовании языка. - В кн.: Вопросы диалектологии и языкознания. Ученые записки. Вып. 44. ГПИ, 1971.
195. Энгельгардт В. А. Часть и целое в молекулярной биологии. М., "Знание", 1973.
196. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М., ИЛ, 1959.
197. Эшби У. Р. Конструкция мозга. М., ИЛ, 1962.
198. Югай Г. Л. Диалектика части и целого. Алма-Ата, "Наука", 1965.
199. Якобсон Р. В поисках сущности языка. - В кн.: Сборник переводов по вопросам информационной теории и практики. № 16, 1970, М., ВИНТИ.
200. Янг С. Системное управление организацией. М., "Сов. радио", 1972.
201. Ярошевский М. Г., Анциферова Л. И. Развитие и современное состояние зарубежной психологии. М., "Педагогика", 1974.
202. Apostol L. Logic and Ontology. "Logique et Analyse". № 11 - 12, 1974.

203. Bergaman S. Ineffability. *Ontology and Method*. "The philosophical Review", 1974, v. LXIX, № 1.
204. Krupatkin Ja. B. Toward Systemic Linguistics: A Survey of Studies by G. P. Melnikov from 1959 to 1972. "Linguistics", *An International Review*, 1974, № 139.
205. Мельников Г. П. Выступление по докладу Л. З. Софы "Типология и семиотика". - В кн.: *Actes du Xe Congres International des Linguistes*. Bucarest, 28 about - 2 September, 1967, V. III. Bucarest, 1970.
206. Мельников Г. П. Синтаксическое значение и синтаксический смысл. - В кн.: *Proceedings of the Eleventh International Congress of Linguists*. Bologna - Florence, aug. 28-sept. 2, 1972. Vol. II. Bologna, "Mulino", 1974.
207. Melnikov G. P. Turk Dilleri Yapisinin Kibernetik Bakimindan Sistemli Analizi. *Turk Dil Kurumu*, XI. *Turk Dil Kurultayi*, 8-12, temmuz 1966. *Turk Tarih Kurumu Basimevi*. Ankara, 1968.
208. Melnikov G. P. Le critere du rationnel pour l'explication du passe, du present et du futur des systemes de la langue (sur la question de la methodologic de la linguistique systeme). "Resumes du IVE Congres International de logique, methodologie et philosophic de la science". Bucarest, 1971.
209. Nowak L. O naturze dialektyki marksistowskiej. "Studia filozoficzne", 1974, Nr.3 (100).
210. Osgood C. E., Suci G. J., Tannebaum P. H. *The Measurment of Meaning*. Urbana, 1957.
211. Schank R. C. Conceptual dependency: a theory of natural language understanding. - "Cognit. Psychol." 1975, v.3, №4.
212. Stonert H. Jezyki i teorie adekwatne z ontologia jezyka nauki. - "Studia Logica", 1974, tom XV.
213. Shafer, G., *A MathematwalTheory of Evidence*. Princeton Univ. Press, Piinceton, New Jersey 1976.
214. ShaaisoH, C. E., A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, July and October 1948, pp. 379-423, 623-656.
215. Sheeoon, C. E., and W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 1964.

216. Shore, J. E., and R. W. Johnson, Axiomatic derivation of the principle of maximum entropy and the principle of minimum cross-entropy. *IEEE Transactions on Information Theory*, 1T-26, No. 1, 1980, pp. 26-37.
217. Simon, H. A., The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, 1962, pp. 467-482. (Reprinted in the *Sciences of the Artificial*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1969.)
218. Simon, H. A., Complexity and the representation of patterned sequences of symbols. *Psychological Reviews*, 79, 1972, pp. 369-382.
219. Simon, H. A., Does scientific discovery have a logic? *Philosophy of Science*, 40, Dec. 1973, pp. 441-480.
220. Simoa, H. A., How complex are complex systems? In: *PSA 1976*, Volume 2, edited by F. Suppe and P. D. Asquith, Philosophy of Science Association, East Lansing, Michigan, 1977, pp. 507-522.
221. Simson, H. A., *Models of Discovery*. Reidel, Boston, 1977.
222. Skoglood, V., *Similitude: Theory and Applications*. International Textbook Co., Scranton, Pennsylvania, 1967.
223. Sloane, N. J. A., *A Handbook of Integer Sequences*. Academic Press, New York, 1973, p. 64.
224. Slosnae, A., *The Computer Revolution in Philosophy*. The Harvester Press, Hassocks (U.K.), 1978.
225. Smuts, J. C., *Holism and Evolution*. Macmillan, London, 1926.
226. Sowa, J. F., *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1984.
227. Spriet, J. A., and G. C. Vessteekiste, *Computer-Aided Modelling and Simulation*. Academic Press, New York, 1982.
228. Streeter, D. N., *The Scientific Process and the Computer*. Wiley-Interscience, New York, 1974.

Науково-навчальне видання

Кононюк Анатолій Юхимович

Системологія

Загальна теорія систем

Книга 1

(Російська мова)

Керівник видавничих проектів Кривенко О. А.
Оригінал-макет виготовлено видавництвом «КНТ»
Редагування авторське
Відповідальний за випуск Кривенко О. А.

Підписано до друку 20.11.2011 г.
Формат 60x84/16.
Умов. друк. арк. 18,5.
Тираж 300 пр. Замовлення №

Видавництво «КНТ»
Тел./факс (044) 581-21-38.
E-mail: knt2012@ukr.net
Свідоцтво: ДК № 581 від 03.08.2001