

11. Каков важный результат прикладного системного анализа конкретной проблемы, кроме решения самой проблемы?
12. В данной главе введены специальные понятия (и соответствующие им термины), входящие в профессиональный язык прикладного системного анализа. Часть этих терминов используется и в разговорном языке, но в другом, более расплывчатом, смысле. Другие несут специальную смысловую нагрузку. Проверьте, можете ли вы воспроизвести профессиональные определения для всех перечисленных ниже понятий (если какое-то нет — обязательно найдите такое определение и постарайтесь его запомнить):
  - проблемная ситуация;
  - оценка (чего-то субъектом);
  - проблема;
  - решение проблемы;
  - вмешательство;
  - улучшающее вмешательство;
  - прикладной системный анализ;
  - оптимальность;
  - «твердые» и «мягкие» проблемы.

## ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ

Термин «система» употребляется в очень широком смысле. Мы говорим: Солнечная система, система Станиславского, нервная система, система уравнений, отопительная система, система взглядов и убеждений и т.д. Есть системы, естественно возникшие в природе, есть искусственно созданные человеком, материальные и идеальные. Так в языке нашло отражение нечто общее между любыми проявлениями действительности. Это всеобщее подобие обозначается термином «системность», и нам предстоит конкретизировать его смысл.

Простейшим описанием разнообразия систем является их классификация. Многие особенности системы, которые придется учитывать при работе с ней, связаны с ее происхождением. Этот признак дает следующую классификацию:

- физические системы (например, бассейны рек);
- биологические системы (живые организмы, популяции);
- технические системы (автомобили, электростанции);
- абстрактные системы (философия, математика);
- социальные системы (семья, этнос).

Возможны и другие классификации. Например:

- экологические системы (сочетание физических, биологических, технических и социальных систем);
- организационные системы (группы, государства, партии);
- процессные системы (алгоритмы, технологии, жизненный цикл).

Р. Акофф предлагает классифицировать системы по тому, насколько присущи целеполагание и выбор частям системы и самой системе.

Поскольку конкретное употребление термина связано с конкретной ситуацией и целью его использования, существует множество различных определений системы, от почти бессодержательного («системой является все то, что мы хотим рассматривать как систему») до сугубо специфических определений, даваемых разными — точными, естественными и гуманитарными науками (один философ собрал и опубликовал коллекцию из 45 разных определений!).

Свое определение требуется и для системного анализа. В силу его направленности на решение любых проблем понятие системы в этом случае должно быть очень общим, применимым к любым ситуациям. Выход видится в том, чтобы обозначить, перечислить, описать такие черты, свойства, особенности систем, которые, во-первых, присущи всем системам без исключения, независимо от их искусственного или естественного происхождения, материального или идеального воплощения; а во-вторых, из множества свойств были бы отобраны и включены в список по признаку их необходимости для построения и использования технологии системного анализа. Полученный список свойств можно назвать дескриптивным (описательным) определением системы.

Приступим к обсуждению необходимых нам свойств системы. Они естественно распадаются на три группы (статические, динамические и синтетические), по четыре свойства в каждой.

### 2.1. Статические свойства системы

*Статическими свойствами* назовем особенности конкретного состояния системы. Это как бы то, что можно разглядеть на мгновенной фотографии системы, то, чем обладает система в любой, но фиксированный момент времени.

**Целостность** — первое свойство системы. Всякая система выступает как нечто единое, целое, обособленное, отличающееся от всего остального. Назовем это свойство целостность системы. Оно позволяет весь мир разделить на две части: систему и окружающую среду (рис. 2.1). Понятие целостности в дальнейшем будет расширяться и углубляться, а пока оно обозначает лишь факт внешней различимости системы в среде.

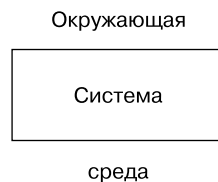


Рис. 2.1

**Открытость** — второе свойство системы. Выделяемая, отличимая от всего остального, система не изолирована от окружающей среды. Наоборот, они связаны и обмениваются между собой любыми

видами ресурсов (веществом, энергией, информацией и т.д.). Обозначим эту особенность термином «открытость» системы и обсудим это свойство подробнее.

Отметим, что связи системы со средой имеют направленный характер: по одним среда влияет на систему (их называют *входами* системы), по другим система оказывает влияние на среду, что-то делает в среде, что-то выдает в среду (такие связи называют *выходами* системы) (рис. 2.2). Перечень входов и выходов системы называют *моделью черного ящика*. В этой модели отсутствует информация о внутренних особенностях системы. Несмотря на (кажущуюся) простоту и бедность содержания модели черного ящика, эта модель часто вполне достаточна для работы с системой.



Рис. 2.2

Во многих случаях управления техникой (автомобилем, радиоаппаратурой, компьютером, прибором) или людьми (например, в менеджменте) информация только о входах и выходах управляемой системы позволяет успешно достигать цели. Однако для этого модель должна отвечать определенным требованиям. Вы можете испытывать затруднения, если не знаете, что у некоторых моделей телевизоров кнопку включения надо не нажимать, а вытягивать, или что в некоторых отелях выключатель в темном помещении совмещен с задвижкой, и вообще встретившись с прибором, не все входы которого вам известны. Ясно, что для успешного управления системой модель черного ящика должна содержать всю информацию, необходимую для достижения цели. При попытке удовлетворить это требование исполнитель встретится с трудностями, которые следует иметь в виду. Перечислим эти трудности.

**Трудности построения модели черного ящика.** Все они происходят из того, что модель всегда содержит конечный список связей, тогда как их число у реальной системы не ограничено. Возникает вопрос: какие из них включать в модель, а какие — нет? Ответ мы уже знаем: в модели должны быть отражены все связи, существенные для

достижения цели. Но слово «существенные» — оценочное! Оценку может дать только субъект. Но кроме способности оценивать, субъект обладает еще одним свойством — способностью иногда ошибаться в своих оценках. Ошибка в оценке приведет к тому, что модель не вполне будет отвечать требованию адекватности, а значит, ее использование приведет к затруднениям в работе с системой.

Возможны четыре типа ошибок при построении модели черного ящика.

*Ошибка первого рода* происходит, когда субъект расценивает связь как существенную и принимает решение о включении ее в модель, тогда как на самом деле по отношению к поставленной цели она несущественна и могла бы быть неучитываемой. Это приводит к появлению в модели «лишних» элементов, по сути ненужных.

*Ошибка второго рода*, наоборот, совершается субъектом, когда он принимает решение, что данная связь несущественна и не заслуживает быть включенной в модель, тогда как на самом деле без нее наша цель не может быть достигнута в полной мере или даже совсем.

Контрольный вопрос: какая из ошибок хуже? Обычно говорят: конечно, вторая. Ответ не точен. Ведь слово «хуже» — оценочное! Следовательно, нужно определить — «в каком смысле?» Отметим, что использование модели, содержащей ошибку, неизбежно приведет к потерям. Потери могут быть небольшими, приемлемыми или нетерпимыми, недопустимыми.

Если принять как критерий качества решения величину потерь при его реализации, то вопрос о том, какая ошибка хуже, сводится к сравнению величин потерь, связанных с ними.

Урон, наносимый ошибкой первого рода, связан с тем, что информация, внесенная ею, лишняя. При работе с такой моделью придется тратить лишние ресурсы на фиксацию и обработку лишней информации, например, тратить на нее память машины и время обработки. На качестве решения это может не сказаться, а на стоимости и своевременности — обязательно. Кроме того, если информация о «лишнем» элементе в модели зашумлена (например, погрешностями измерений), то присутствие этого шума снизит качество решения.

Потери от ошибки второго рода — это урон от того, что информации для полного достижения цели не хватит, цель не может быть достигнута в полной мере.

Теперь ясно, что хуже та ошибка, потери от которой больше. А это зависит от конкретных обстоятельств. Например, если время является критическим фактором, то ошибка первого рода становится гораздо более опасной, чем второго: вовремя принятое,

пусть не наилучшее, решение предпочтительнее оптимального, но запоздавшего.

*Ошибкой третьего рода* принято считать последствия незнания. Для того чтобы оценивать существенность некоторой связи, надо знать, что она вообще есть. Если это неизвестно, вопрос о включении или невключении ее в модель вообще не стоит: в моделях есть только то, что мы знаем. Но от того, что мы не подозреваем о существовании некой связи, она не перестает существовать и проявляться в реальной действительности. А дальше все зависит от того, насколько она существенна для достижения нашей цели. Если она несущественна, то мы в практике и не заметим ее наличия в реальности и отсутствия в модели. Если же она существенна, мы будем испытывать те же трудности, что и при ошибке второго рода. Разница состоит в том, что ошибку третьего рода труднее исправить: надо добывать новые знания.

*Ошибка четвертого рода* может возникнуть при неверном отнесении известной и признанной существенной связи к числу входов или выходов. Например, жесткую корреляцию между урожайностью зерновых и яйценоскостью кур можно толковать как вход — то из них, что известно, а выход — то, что надо оценить. Но ведь можно счесть ношение определенного головного убора входом, поскольку было точно установлено, что в Англии прошлого века здоровье мужчин, носящих цилиндры, было намного лучше, чем здоровье носящих кепки. Как интерпретировать факт, что заключенные чаще посещают церковь, чем люди на свободе? А проблема симптомов и синдромов в медицине?

Таким образом, при построении модели черного ящика следует остерегаться совершить любую из четырех ошибок.

**Открытость систем и целостность мира.** Очень важным для системного анализа следствием открытости систем является очевидность *всеобщей взаимосвязи и взаимозависимости в природе*. Этот закон диалектики, установленный в интеллектуальных и экспериментальных муках нескольких поколений, оказывается вполне простым результатом открытости систем. Между любыми двумя системами обязательно существует, и ее можно отыскать, длинная или короткая цепочка систем, связывающая их: выход каждой системы является входом другой. При этом прямая и обратная цепи, как правило, различны, откуда возникает понятие несимметричной причинно-следственной связи.

В заключение рассмотрения второго свойства систем предлагается маленькое интеллектуальное развлечение. Ответьте на вопрос:

существуют ли закрытые (т.е. не имеющие связей с окружающей средой) системы? Для облегчения предлагается три варианта ответа: 1) да, существуют; 2) нет, не существуют; 3) не знаю, и никогда не узнаю. Эксперимент, проверяющий существование или не существование закрытой системы, поставить невозможно, поэтому этот вопрос является предметом веры, а не науки; сторонники противоположных утверждений («да» и «нет») не в состоянии доказать свою правоту, насколько бы они ни были уверены в ней.

**Внутренняя неоднородность:** *различимость частей* (третье свойство системы). Если заглянуть внутрь «черного ящика», то выяснится, что система не однородна, не монолитна: можно обнаружить, что разные качества в разных местах отличаются. Описание внутренней неоднородности системы сводится к обособлению относительно однородных участков, проведению границ между ними. Так появляется понятие о *частях системы*. При более детальном рассмотрении оказывается, что выделенные крупные части тоже не однородны, что требует выделять еще более мелкие части. В результате (рис. 2.3) получается иерархический список частей системы, который мы будем называть *моделью состава системы*.

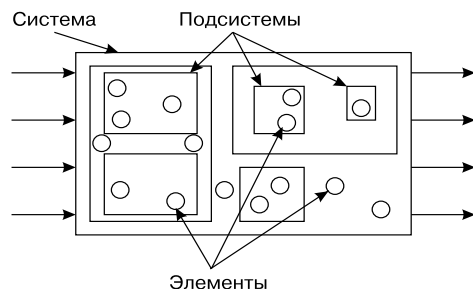


Рис. 2.3

Информация о составе системы может использоваться для работы с системой. Цели взаимодействия с системами могут быть различными, в связи с чем могут различаться и модели состава одной и той же системы. Полезную, пригодную для работы модель создать непросто.

**Трудности построения модели состава.** На первый взгляд части системы различить нетрудно, они «бросаются в глаза». Некото-

рые системы дифференцируются на части самопроизвольно в процессе естественного роста и развития (организмы, социумы, планетные системы, молекулы, месторождения полезных ископаемых и т.д.). Искусственные системы заведомо собираются из ранее отдельных частей (механизмы, здания, тексты, мелодии и пр.). Есть и смешанные типы систем (заповедники, сельскохозяйственные системы, природоисследующие организации, тягловый транспорт).

С другой стороны, спросите, из каких частей состоит университет, у ректора, студента, бухгалтера, хозяйственника — и каждый выдаст свою, отличную от других модель состава. Так же по-разному определяют состав самолета летчик, стюардесса, пассажир. Можно сказать, что тело состоит из правой и левой половинок, а можно — из верхней и нижней. Так из чего же оно состоит «на самом деле»?

Трудности построения модели состава, которые каждому приходится преодолевать, можно представить тремя положениями.

**Первое.** Целое можно делить на части по-разному (как разрезать булку хлеба на ломти разного размера и формы). А как именно надо? Ответ: так, как вам надо для достижения вашей цели. Например, состав автомобиля по-разному представляют начинающим автолюбителям, будущим профессионалам-водителям, слесарям, готовящимся к работе в авторемонтных мастерских, продавцам в автомагазинах.

Тогда естественно вернуться к вопросу: а существуют ли части «на самом деле»? Обратите внимание на аккуратную формулировку рассматриваемого свойства: *различимость частей*, а не *разделимость* на части. Мы с еще одной стороны вышли на проблему *целостности* систем: можно различать нужные вам для вашей цели части системы и использовать доступную вам информацию о них, но не следует разделять их. Позднее мы углубим, разовьем это положение.

**Второе.** Количество частей в модели состава зависит и от того, на каком уровне остановить дробление системы. Части на конечных ветвях получающегося иерархического дерева называются *элементами*. В различных обстоятельствах прекращение декомпозиции производится на разных уровнях. Например, при описании предстоящих работ приходится давать опытному работнику и новичку инструкции разной степени подробности. Таким образом, модель состава зависит от того, что считать *элементарным*, а поскольку это слово оценочное, то это не абсолютное, а относительное понятие. Однако встречаются случаи, когда элемент носит природный, абсолютный характер (клетка — простейший элемент живого организма; индивид — последний элемент общества) либо определяется нашими возможностями (например, можно предполагать, что электрон тоже из чего-

то состоит, но пока физики не смогли обнаружить его части с дробным зарядом).

*Третье.* Любая система является частью какой-то большей системы (а нередко частью сразу нескольких систем). А эту метасистему тоже можно делить на подсистемы по-разному. Это означает, что *внешняя граница системы имеет относительный, условный характер*. Даже «очевидная» граница системы (кожа человека, ограда предприятия и т.п.) при определенных условиях оказывается недостаточной для определения границы в этих условиях. Например, во время трапезы я беру вилок с тарелки котлету, откусываю ее, пережевываю, глотаю, перевариваю. Где та граница, пересекая которую котлета становится моей частью? Другой пример с границей предприятия. Работник упал на лестнице и сломал ногу. После лечения при оплате бюллетеня возникает вопрос: какая это была травма — бытовая или производственная (они оплачиваются по-разному)? Нет сомнения, если это была лестница предприятия. Но если это была лестница дома, где живет работник, то все зависит от того, как он шел домой. Если прямо с работы и еще не дошел до двери квартиры, травма считается производственной. Но если он по дороге зашел в магазин или кино-театр — травма бытовая. Как видим, закон определяет пределы предприятия *условно*.

Условность границ системы опять возвращает нас к проблеме целостности, теперь уже целостности всего мира. Определение границы системы производится с учетом целей субъекта, который будет использовать модели системы.

**Структурированность.** Четвертое статическое свойство заключается в том, что части системы не независимы, не изолированы друг от друга; они связаны между собой, взаимодействуют друг с другом. При этом свойства системы в целом существенно зависят от того, как именно взаимодействуют ее части. Поэтому так часто важна информация о связях частей. Перечень *существенных связей между элементами системы* называется *моделью структуры системы*. Наделенность любой системы определенной структурой и будем называть четвертым статическим свойством систем — *структурированностью*.

Понятие структурированности дальше углубляет наше представление о целостности системы: связи как бы скрепляют части, удерживают их как целое. Целостность, отмеченная ранее как внешнее свойство, получает подкрепляющее объяснение изнутри системы — через структуру (рис. 2.4).

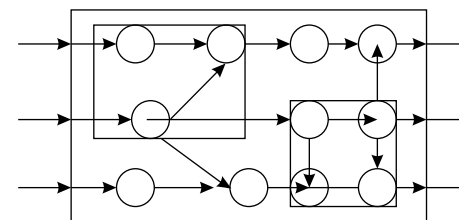


Рис. 2.4

Если нам потребуется использовать модель структуры системы, то снова необходимо позаботиться о качестве модели. А это опять-таки оказывается непростым делом.

**Трудности построения модели структуры.** Подчеркнем, что для данной системы может быть предложено множество разных моделей структуры. Ясно, что для достижения определенной цели потребуется одна, конкретная, наиболее подходящая модель из них. Трудность выбора из имеющихся или построения модели специально для нашего случая проистекает из того, что, по определению, модель структуры — это перечень *существенных* связей. Слово «существенные» — оценочное, поэтому его смысл зависит от объективных обстоятельств и от субъективных оценок этих обстоятельств. Обсудим основные трудности, подстерегающие нас при определении модели структуры.

Первая трудность связана с тем, что модель структуры определяется после того, как выбирается модель состава, и зависит от того, каков именно состав системы. Но даже при зафиксированном составе модель структуры вариабельна — из-за возможности по-разному определить существенность связей. Например, современному менеджеру рекомендуется учитывать, что наряду с формальной структурой его организации (которая определена уставными документами) неизбежно существует неформальная структура (в силу личностных связей между работниками), которая тоже влияет на функционирование организации. Для повышения эффективности управления следует знать и использовать как формальную, так и неформальную структуру. Другой пример: при конструировании и эксплуатации компьютерных систем приходится учитывать одновременно их аппаратную (hardware) и программную (software) составляющие со своими, взаимодействующими между собой, а иногда взаимозаменяющимися структурами.

Вторая трудность проистекает из того, что каждый элемент системы есть «маленький черный ящик». Так что все четыре типа оши-

бок возможны при определении входов и выходов каждого элемента, включаемых в модель структуры.

## 2.2. Динамические свойства системы

Перейдем к рассмотрению второй группы свойств систем, называемых *динамическими свойствами*.

Если рассмотреть состояние системы в другой, отличный от первого, момент времени, то мы вновь обнаружим все четыре статических свойства. Но если наложить эти две «фотографии» друг на друга, то обнаружится, что они отличаются в деталях: за время между двумя моментами наблюдения произошли какие-то изменения в системе и ее окружении. Такие изменения могут быть важными при работе с системой и, следовательно, должны быть отображены в описаниях системы и учтены в работе с ней. Особенности изменений со временем внутри системы и вне ее и именуются динамическими свойствами систем. Если статические свойства — это то, что можно увидеть на фотографии системы, то динамические — то, что обнаружится при просмотре кинофильма про систему. О любых изменениях мы имеем возможность говорить в терминах перемен в статических моделях системы. В этой связи различаются четыре динамических свойства.

**Функциональность** — пятое свойство системы. Процессы  $Y(t)$ , происходящие на выходах системы ( $Y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)\}$ , рис. 2.5), рассматриваются как ее *функции*.

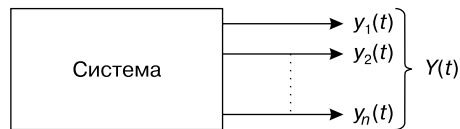


Рис. 2.5

Функции системы — это ее поведение во внешней среде; изменения, производимые системой в окружающей среде; результаты ее деятельности; продукция, производимая системой.

Из множественности выходов следует множественность функций, каждая из которых может быть кем-то и для чего-то использована. Поэтому одна и та же система может служить для разных целей.

Субъект, использующий систему в своих целях, будет, естественно, *оценивать* ее функции и *упорядочивать* их по отношению к своим потребностям. Так появляется понятие главной, второстепенной, нейтральной, нежелательной, лишней и т.п. функции. Снова обратим

внимание, что все эти термины оценочные, субъективные, относительные. Так, главной функцией лампы считается давать свет; но при выборе светильника из десятков прочих продаваемых в магазине на первый план выходят его декоративные качества, согласованность с интерьером помещения, его стоимость и пр.

Итак, выделим два момента данного свойства систем: объективную многофункциональность и субъективную упорядоченность функций.

**Стимулируемость** — шестое свойство системы. На входах системы тоже происходят определенные процессы  $X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)\}$  (рис. 2.6), воздействующие на систему, превращаясь (после ряда преобразований в системе) в  $Y(t)$ . Назовем воздействия  $X(t)$  *стимулами*, а саму подверженность любой системы воздействиям извне и изменение ее поведения под этими воздействиями — *стимулируемостью*.

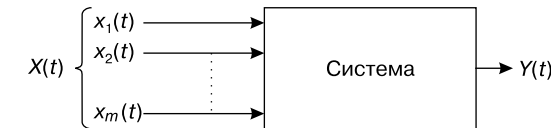


Рис. 2.6

**Изменчивость системы со временем** — седьмое свойство системы. В любой системе происходят изменения, которые надо учитывать: предусматривать и закладывать в проект будущей системы; способствовать или противодействовать им, ускоряя или замедляя их при работе с существующей системой. Изменяться в системе может что угодно, но в терминах наших моделей можно дать наглядную классификацию изменений: изменяться могут значения внутренних переменных (параметров)  $Z(t)$  (рис. 2.7), состав и структура системы и любые их комбинации.

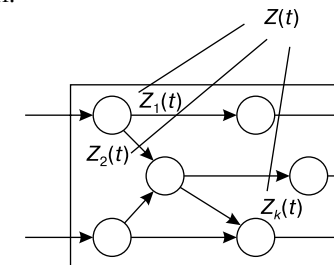


Рис. 2.7

Характер этих изменений тоже может быть различным. Поэтому могут рассматриваться дальнейшие классификации изменений.

Самая очевидная классификация — по скорости изменений: быстрые, медленные (по сравнению с чем-то, взятым за стандарт); возможно введение большего числа градаций скоростей (сверхбыстрые, очень быстрые и т.д.).

Представляет интерес классификация тенденций перемен в системе, касающихся ее состава и структуры. Начнем эту классификацию с введения специальных понятий, рассматривая изменения на коротком интервале времени, чтобы изменения можно было считать идущими «в одну сторону», т.е. монотонными.

Можно говорить о таких изменениях, которые не затрагивают структуры системы: одни элементы заменяются другими, эквивалентными; параметры (внутренние переменные  $Z(t)$ ) могут меняться без изменения структуры («работают» часы, городской транспорт, школа, баня и т.д.). Такой тип динамики системы называют ее *функционализацией*.

Далее, изменения могут носить преимущественно *количественный* характер: происходит наращивание состава системы, и хотя при этом автоматически меняется и ее структура, это до поры до времени не сказывается на свойствах системы (расширение мусорной свалки или кладбища — примеры). Такие изменения называют *ростом* системы.

Затем выделяют *качественные* изменения системы, при которых происходит изменение ее существенных свойств. Если такие изменения идут в позитивном направлении, они называются *развитием*. С теми же ресурсами развитая система добивается более высоких результатов, могут появиться новые позитивные качества (функции). Это связано с повышением уровня системности, организованности системы.

Применительно к организационным системам Р. Акофф определяет развитие как «увеличение желаний и способности удовлетворять свои собственные и чужие нужды и оправданные желания». (Желания называются «оправданными», если их удовлетворение ради одних не скажется отрицательно на развитии других. Нужды — это то, что необходимо для выживания. Возможны разные комбинации: например, можно не хотеть нужного, можно желать ненужного.)

Сколько субъект (индивид или организация) имеет, это вопрос накопленного богатства. Показателем богатства является *уровень жизни*. А вот вопрос о том, что мы можем сделать с тем, что имеем, — это вопрос компетентности, т.е. чему мы научились. А это выражает-

ся достигнутым *качеством жизни*. Чем более развит субъект, тем меньше средств ему требуется для достижения удовлетворительного качества жизни, либо тем большего качества жизни он может достичь с тем, что имеет.

Интересно заметить, что сосредоточение на росте является патологией для индивида, но обычно является нормальным для организаций.

Итак, рост происходит в основном за счет потребления материальных ресурсов, развитие — за счет усвоения и использования информации. Рост есть увеличение в размерах и численности. Развитие — это увеличение компетентности. Объемность — результат роста; компетентность — результат развития. Цель роста организации — повышение уровня жизни. Цель развития организации — повышение качества жизни. Рост может сдерживать развитие, но развитие не может сдерживать рост. Рост и развитие могут идти одновременно (как у ребенка), но не обязательно связаны между собой. Рост всегда ограничен (в силу внешних физических условий, в частности ограниченности материальных ресурсов), а развитие извне не ограничено, поскольку информация о внешней среде неисчерпаема: сколько бы мы ни знали, всегда есть нечто еще непознанное. Недостаток материальных ресурсов может ограничить рост, но не развитие. Однако существует внутреннее ограничение на развитие. Дело в том, что развитие есть результат усвоения и использования новой информации, т.е. результат *обучения*. Но обучение есть, пожалуй, единственное действие, которое нельзя осуществить для и вместо обучаемого. Если система не желает обучаться, она не будет, не может развиваться. Извне невозможно развить систему, можно только помочь в развитии, но при условии склонности системы к обучению. *Развитие возможно только как саморазвитие*. Например, пробуксовка российских реформ в их начальном периоде 1990-х гг. связана с нежеланием руководителей обучаться. Черномырдин в бытность премьер-министром отказался даже выслушать соображения обратившихся к нему десяти всемирно известных лауреатов Нобелевской премии по экономике, озабоченных неэффективностью социально-экономических преобразований в нашей стране.

Ясно, что, кроме процессов роста и развития, в системе могут происходить и обратные процессы. Обратные росту изменения называют *спадом*, сокращением, уменьшением. Обратное развитию изменение именуют *деградацией*, утратой или ослаблением полезных свойств.

Мы рассмотрели возможные монотонные изменения самой системы (рис. 2.8).

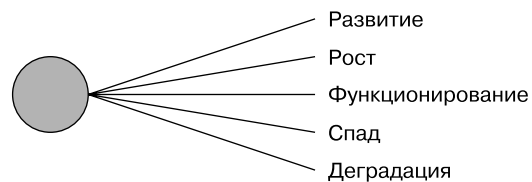


Рис. 2.8

Очевидно, монотонные изменения не могут длиться вечно. В истории любой системы можно усмотреть периоды спада и подъема, стабильности и неустойчивости, последовательность которых и образует индивидуальный *жизненный цикл* системы.

Понятие жизненного цикла заслуживает специального обсуждения, поскольку как при проектировании будущих систем, так и при изучении существующих и при управлении ими информация об индивидуальной истории системы играет весьма существенную, часто решающую роль в достижении поставленной цели.

При построении описания жизненного цикла особое внимание необходимо обратить на *непрерывность* его траектории. По-разному приходится определять жизненный цикл в прошлом и будущем. Прошедшую историю восстанавливают по дошедшей до нас информации о ней. К сожалению, нередко эта информация неполна, неточна, а об отдельных периодах вовсе утрачена. Поэтому описание прошедших событий часто поневоле имеет невосстановимые пробелы (примером может служить жизнеописание Иисуса Христа, содержащееся в Евангелиях). Но при определении будущего жизненного цикла проектируемой системы непрерывность должна быть предметом особой заботы: история этой системы закончится на первом же пробеле в описании ее жизненного цикла. Примеров тому много. Непродуманность этапа утилизации отслуживших ламп дневного света привела к тому, что из разбитых на свалках ламп ртуть попадает в почву и воды, отравляя все живое. Непродуманность этапа соединения кабелей космической ракеты закончилась тем, что у корабля, отправленного на Марс, не раскрылись антенны из-за неправильно подсоединенного сигнального кабеля, и все многомиллиардные затраты на проект пошли прахом. А сколько было случаев гибели урожая на полях из-за пропуска какого-нибудь этапа (например, своевременного вывоза буртов) его жизненного цикла. В описании любой технологии не должно быть пробелов.

Заметим далее, что, характеризуя процессы, происходящие в системе, можно использовать и другие их классификации. Например, классификация *по предсказуемости*: детерминированные и случайные процессы. Или классификация *по типу зависимости от времени*: процессы монотонные, периодические, гармонические, импульсные и т.д.

**Существование в изменяющейся среде** — восьмое свойство системы. Изменяется не только данная система, но и все остальные. Для данной системы это выглядит как непрерывное изменение окружающей среды. Неизбежность существования в постоянно изменяющемся окружении имеет множество последствий для самой системы, начиная с необходимости ее приспособления к внешним переменам, чтобы не погибнуть, до различных других реакций системы. При рассмотрении конкретной системы с конкретной целью внимание сосредотачивается на некоторых конкретных особенностях ее реакции. В качестве примера рассмотрим вопрос о том, как должна соотноситься скорость изменений внутри системы со скоростью изменений в окружающей среде — быть медленнее, совпадать или идти быстрее? Это определяется в зависимости от природы системы или ее предназначенности. Например, системы, предназначенные для переноса информации во времени (книги, памятники, произведения искусства, видео- и аудиозаписи, триангуляционные метки и т.п.), тем лучше выполняют свою функцию, чем медленнее они меняются при изменениях в окружающей среде. Другой пример этого — сохранение своего состояния автоматами и живыми организмами (гомеостат, стабилизация, стационарность). Иная реакция живых организмов идет практически одновременно с изменениями среды, например, адаптация зрачка при изменениях освещения. Существуют системы, функции которых могут выполняться только если изменения в системе опережают изменения в среде. Типичный пример — управление: перебор и сравнение различных вариантов управляющего воздействия должны происходить в ускоренном темпе, чтобы выбранное воздействие шло в реальном масштабе времени.

Отметим еще одну важную особенность существования системы в изменяющейся среде. Сами изменения постоянно меняются; это выражается в ускорении перемен в среде. Например, скорости передвижения в пространстве, передачи и обработки информации, производства и потребления продукции за время нашего поколения возросли больше, чем за всю предысторию. Это требует быстрых и значительных перемен в том, что и как мы делаем. Плохо приспособляющиеся к изменениям люди, организации, фирмы, правитель-



ства быстро сходят со сцены, выбывают из игры. Единственный шанс сохраниться в турбулентной среде — обеспечить динамическое равновесие, наподобие тому, как это делает корабль или самолет, попавший в шторм. И чем сильнее внешние изменения, тем активнее должны проводиться внутренние (сравните активность водителя на хорошей и плохой дорогах, в хорошую и плохую погоду). И хотя важными средствами остаются прогнозирование и обучение, более эффективными считаются выработка иммунитета к неподконтрольным с нашей стороны изменениям и усиление контроля над остальными.

### 2.3. Синтетические свойства системы

Перейдем теперь к третьей группе свойств систем — *синтетическим*. Этот термин обозначает обобщающие, собирательные, интегральные свойства, учитывающие сказанное раньше, но делающие упор на взаимодействия системы со средой, на целостность в самом общем понимании.

**Эмерджентность** — девятое свойство системы. Пожалуй, это свойство более всех остальных говорит о природе систем. Начнем его изложение с примеров.

**Пример механический.** С двумя взаимодействующими булыжниками можно произвести эффекты, невозможные при их отдельном использовании: издавать стуки, высекать искры, колоть орехи и т.д.

**Пример химический.** При соединении водорода с кислородом, обладающих каждый рядом особенных свойств, по формуле  $H_2O$  возникает новое замечательное вещество — вода. Свойства воды, многие из которых изучены не до конца (роль воды в живой и неживой природе, талая вода, вода омагниченная с их отличиями от обычной воды, память воды и т.п.), не являются производными от свойств водорода и кислорода.

**Пример биологический.** Мужская и женская особи двуполой популяции обладают каждая своими индивидуальными особенностями. Но только при их соединении возникает возможность продолжения рода, образования социума и т.д.

**Пример логико-математический.** Пусть у нас есть два черных ящика с одним входом и одним выходом. Каждый из них может работать только с целыми числами и выполнять только одну простенькую операцию: к числу на входе прибавлять единицу (рис. 2.9). Соединим их теперь в систему по кольцевой схеме (рис. 2.10). У нас получилась система  $S_1$  без входов и с двумя выходами. На каждом такте работы схема будет выдавать большее число, причем замеча-

тельно, что на одном выходе будут появляться только четные, а на другом — только нечетные числа. Правда, красивый пример?

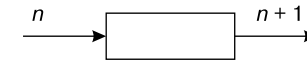


Рис. 2.9

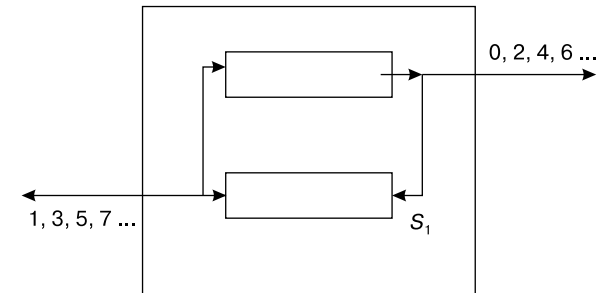


Рис. 2.10

Теперь сделаем выводы. Объединение частей в систему порождает у системы качественно новые свойства, не сводящиеся к свойствам частей, не выводящиеся из свойств частей, присущие только самой системе и существующие только пока система составляет одно целое. Система есть нечто большее, нежели простая совокупность частей. Качества системы, присущие только ей, называются *эмерджентными* (от англ. «возникать»).

Откуда же берутся эмерджентные свойства, если их нет ни у одной из частей? Что в системе несет ответственность за их появление? Ответ найдем в логико-математическом примере. Соединим те же два черных ящика по-иному, в параллель (рис. 2.11).



Рис. 2.11

Полученная система  $S_2$  имеет один вход и один выход. Если на вход подать число  $n$ , на выходе будет  $n+1$ . Выходит,  $S_2$  арифметически тождественна каждому элементу и ее арифметическое свойство не является эмерджентным (в отличие от  $S_1$ )! Но мы уже знаем, что у системы обязательно есть эмерджентные свойства. Выясняется, что таковым у  $S_2$  оказывается способность выполнять операцию  $n+1$ , даже если один из элементов выйдет из строя, т.е. повышенная надежность. В теории надежности этот способ известен как *резервирование* — повышение надежности за счет введения в схему *избыточности*.

Легко видеть, что  $S_1$  и  $S_2$ , состоящие из одинакового числа одинаковых элементов, отличаются только схемой их соединения, т.е. *структурой*. Структура системы и определяет ее эмерджентные свойства.

Подведем итоги.

1. У системы есть эмерджентные свойства, которые не могут быть объяснены, выражены через свойства отдельно взятых ее частей. Поэтому, в частности, не все биологические закономерности сводимы к физическим и химическим; социальные — к биологическим и экономическим; свойства компьютера не объяснимы только через электрические и механические законы.

2. Источником, носителем эмерджентных свойств является структура системы: при разных структурах у систем, образуемых из одних и тех же элементов, возникают разные свойства.

3. У системы есть и неэмерджентные свойства, одинаковые со свойствами ее частей. Например, для технических систем это объем, масса; арифметика для  $S_2$  и т.д. И у системы в целом могут быть неэмерджентные свойства (например, окраска автомобиля). Важным и интересным случаем, когда части системы обладают свойствами системы в целом, является так называемое *фрактальное* построение системы. При этом принципы структурирования частей те же, что и у системы в целом. Фракталы наблюдаются в природе (иерархическое управление в живых организмах, тождество организации на различных уровнях в естественно растущих системах — биологических, геологических, демографических и т.п.), математики разрабатывают абстрактную теорию фракталов.

4. Эмерджентность демонстрирует еще одну грань целостности. Система выступает как единое целое потому, что она является носителем эмерджентного свойства: не будет она целой, и свойство исчезнет, проявляется это свойство, значит, система цела. Пример: ни одна из частей самолета летать не может, а самолет летает.

5. Эмерджентность является другой, более развитой формой выражения закона диалектики о переходе количества в качество.

Оказывается, для перехода в новое качество не обязательно «накопление» количества («последняя капля переполнила чашу», «последняя соломинка переломила хребет верблюду»). Для появления нового качества достаточно объединить в целое хотя бы два элемента.

6. Заметим, что динамический аспект эмерджентности обозначен отдельным термином — *синергетичность*, и исследованиям синергетики посвящена обширная литература.

7. Интересно отметить, что в то время как в искусственных системах эмерджентное свойство возникает в результате намеренного соединения отобранных частей, в естественных системах эмерджентность определяет, какие части должны быть соединены, и как они должны взаимодействовать. Так, живой организм определяет смысл скелета, сердца, печени и легких; создание семьи придает смысл ролям мужа, жены, их детей. (Эмерджентность первого — выживание в природной среде; второго — в социальной.)

8. Действие системы больше зависит от того, как ее части взаимодействуют, чем от того, как они действуют сами по себе. Поэтому улучшение действия отдельных подразделений организации вовсе не обязательно приведет к улучшению действия всей организации, и часто даже наоборот (в математике это проявляется в различии между локальной и глобальной оптимизациями; в бизнесе — в виде целесообразности производства убыточных товаров ради увеличения покупательности прибыльных).

И главная рекомендация менеджерам любого уровня состоит в том, чтобы они занимались не столько улучшением работы отдельных частей своего подразделения, сколько улучшением взаимодействий между ними и связей своего подразделения с окружающей средой.

Примером может служить работа дирижера оркестра. Он не указывает музыкантам, как играть на инструментах: они умеют это делать лучше него. Его дело управлять не их действиями, а их взаимодействием. Тут важную роль начинают играть такие факторы, как слежение оркестрантов за действиями остальных, наличие общей партитуры, желание каждого влиться в гармонию, слаженность команды. Работа же лидера еще сложнее, чем работа дирижера.

**Неразделимость на части** — десятое свойство системы. Хотя это свойство является простым следствием эмерджентности, его практическая важность столь велика, а его недооценка встречается так часто, что целесообразно подчеркнуть его отдельно. Если нам нужна сама система, а не что-то иное, то ее нельзя разделять на части.

При изъятии из системы некоторой части происходит два важных события.

Во-первых, при этом изменяется состав системы, а значит, и ее структура. Это будет уже *другая* система, с отличающимися свойствами. Поскольку свойств у прежней системы много, то какое-то свойство, связанное именно с этой частью, вообще исчезнет (оно может оказаться и эмерджентным, и не таковым, например: сравните потерю фаланги пальца для пианиста и геолога, гитариста и плотника). Какое-то свойство изменится, но частично сохранится. А какие-то свойства системы вообще несущественно связаны с изымаемой частью.

Подчеркнем еще раз, что существенно или нет скажется изъятие части из системы — вопрос оценки последствий. Поэтому, например, от пациента испрашивается согласие на операцию, и не каждый соглашается на нее.

Второе важное следствие изъятия части из системы состоит в том, что часть в системе и вне ее — это не одно и то же. Изменяются ее свойства в силу того, что свойства объекта проявляются во взаимодействиях с окружающими его объектами, а при изъятии из системы окружение элемента становится совсем другим. Оторванная рука уже ничего не схватит, вырванный глаз — ничего не увидит. Суворов или Жуков, изъятые из армии, — уже не полководцы.

Было бы, однако, неправильным абсолютизировать неделимость систем. Например, это означало бы запрет на хирургические операции, на организационные преобразования предприятий. Надо только четко отдавать себе отчет в том, что после разделения мы имеем дело с другими системами. Особо это важно при аналитическом изучении системы, когда ее части рассматриваются по очереди. Требуется специальная забота о сохранении связей рассматриваемой части с остальными частями системы.

**Ингерентность** — одиннадцатое свойство системы. Будем говорить, что система тем более ингерентна (от англ. *inherent* — являющийся неотъемлемой частью чего-то), чем лучше она согласована, приспособлена к окружающей среде, совместима с нею. Степень ингерентности бывает разной и может изменяться (обучение, забывание, эволюция, реформы, развитие, деградация и т.п.).

Факт открытости всех систем еще не означает, что все они в одинаковой степени хорошо согласованы с окружающей средой. Рассмотрим функцию «плавать в воде» и сравним по качеству выполнения этой функции такие системы, как рыба, дельфин и аквалангист. Они упорядочиваются очевидным образом: рыбе вообще не требуется

выход из водной среды; дельфин должен дышать воздухом; возможности аквалангиста ограничены емкостью баллона воздуха, не говоря уж о физических и физиологических ограничениях.

Целесообразность подчеркивания ингерентности как одного из фундаментальных свойств систем вызвана тем фактом, что от нее зависят степень и качество осуществления системой избранной функции. В естественных системах ингерентность повышается путем естественного отбора. В искусственных системах она должна быть особой заботой конструктора. Наглядные примеры: подготовка к трансплантации органа донора и организма пациента, обмен культурными ценностями, внедрение технических новинок.

В ряде случаев ингерентность обеспечивается с помощью промежуточных, посреднических систем. Приведем несколько примеров. Иероглифическую письменность древних египтян удалось расшифровать лишь с помощью розеттского камня, на одной стороне которого была надпись иероглифами (неингерентная современной культуре), а на другой та же надпись на древнегреческом языке, известном современным специалистам. Другой пример — адаптеры, переходники для подключения европейских электроприборов к американским розеткам. Еще один пример — работа переводчика между двумя разноречивыми личностями. Медицинский пример: в Томске профессор Г.Ц. Домбаев разработал метод лечения диабета путем пересадки пациенту клеток железы телят. Но организм человека быстро обнаруживает чужеродность (неингерентность) имплантата и отторгает его. Однако по каким-то причинам организм не отторгает некоторые металлы (инвалиды войн иногда пожизненно живут с осколками в теле). Выход был найден в том, чтобы вживить в тело пациента пористую металлическую капсулу с клетками чужой целебной железы.

Проблема ингерентности важна во всех случаях системной деятельности. Яркими примерами служат менеджмент и лидерство (совместимость руководителя с руководимыми), маркетинг и инновационная деятельность (ингерентность предлагаемого продукта к целевым потребителям), педагогическое мастерство (согласование преподавателя с аудиторией), служба стандартизации (забота о совместимости продуктов, производимых на разных предприятиях), подготовка шпионов-нелегалов (обеспечение их неотличимости от граждан разведываемой страны) и т.д.

В заключение подчеркнем, что ингерентность — не абсолютное свойство системы, а привязано к некоторой конкретной функции. В частности, если взять наш пример с рыбой, дельфином и аквалангистом в воде и рассмотреть ту же ситуацию по отношению к функ-

ции «осуществить электросварку под водой», то эти три системы упорядочатся по ингерентности совсем в другом порядке.

**Целесообразность** — двенадцатое свойство системы. В создаваемых человеком системах подчиненность всего (и состава, и структуры) поставленной цели настолько очевидна, что должна быть признана фундаментальным свойством любой искусственной системы. Назовем это свойство *целесообразностью*. Цель, ради которой создается система, определяет, какое эмерджентное свойство будет обеспечивать реализацию цели, а это, в свою очередь, диктует выбор состава и структуры системы. Одно из определений системы так и гласит: *система есть средство достижения цели*. Подразумевается, что если выдвинутая цель не может быть достигнута за счет уже имеющихся возможностей, то субъект komponует из окружающих его объектов новую систему, специально создаваемую, чтобы помочь достичь данную цель. Стоит заметить, что редко цель однозначно определяет состав и структуру создаваемой системы: важно, чтобы реализовалась нужная функция, а этого часто можно достичь разными способами. В то же время обращает на себя внимание подобие строения разных представителей внутри одного типа систем (живых организмов, транспортных средств, планетных систем, месторождений ископаемых и т.д.).

**Проблема целесообразности в природе.** Обратившись к нерукотворной природе, мы обнаруживаем, что естественные объекты обладают всеми предыдущими одиннадцатью свойствами систем, причем часто выраженность этих свойств многократно превосходит таковую у искусственных систем. Возникла даже специальная наука бионика, «подглядывающая» секреты гармоничности и совершенства живых организмов с целью переноса обнаруженных принципов в технику. И в неживой природе наблюдаются очевидные проявления системности: физические, химические, геологические, астрономические объекты по всем признакам должны быть отнесены к системам. Кроме пока одного — целесообразности.

Первый напрашивающийся вывод состоит в проведении аналогии между искусственными системами и естественными объектами. Эта аналогия отождествляет искусственные и естественные системы и заставляет искать целеполагающего субъекта вне самой Вселенной. При этом приходится признать, что интеллект Творца несравнимо превосходит разум человека. Такова основа возникновения религий. Естественно возникает вопрос: а сам-то Бог — система? Разные религии по-разному рассматривают этот вопрос. Одни объявляют его

не имеющим смысла в силу того, что человеческому разуму не дано познать превосходящую его возможности сложность Творца; предлагается верить в то, что он сам себе причина и следствие. Есть, однако, религии, не считающие этот вопрос еретическим; они выдвигают гипотезу иерархичности божеств: есть боги для людей, далее есть боги для богов людей и так далее до бесконечности.

Однако можно предложить другую гипотезу об аналогичности, но не тождественности рукотворных и природных систем, которая позволяет разрешить возникшую трудность, не требуя мысленного выхода за пределы Вселенной. Для этого необходимо уточнить, конкретизировать *понятие цели*.

**Что такое цель?** Проследим, как развивается, углубляется, уточняется понятие цели на примере близкого нам понятия искусственной системы.

История любой искусственной системы начинается в некоторый момент 0 (рис. 2.12), когда существующее состояние вектора  $Y_0(0, Y_0)$  оказывается неудовлетворительным, т.е. возникает *проблемная ситуация*. Субъект недоволен этим состоянием и хотел бы его изменить. На вопрос, а чего он хотел бы (какова его цель), он отвечает, что его удовлетворило бы состояние  $Y^*$ . Это есть первое определение цели. Далее обнаруживается, что  $Y^*$  не существует сейчас, но и не может в силу ряда причин быть достигнуто в ближайшем будущем. Второй шаг в определении цели состоит в признании ее желательным *будущим* состоянием. Тут же выясняется, что будущее не ограничено. Третий шаг в уточнении понятия цели состоит в оценке времени  $T^*$ , когда желаемое состояние  $Y^*$  может быть достигнуто в заданных условиях. Теперь цель становится двумерной, это точка  $(T^*, Y^*)$  на нашем графике. Задача теперь состоит в том, чтобы перейти из точки  $(0, Y_0(0, Y_0))$  в точку  $(T^*, Y^*)$ . Но оказывается, что пройти этот путь можно по разным траекториям, каждая из которых начинается в  $(0, Y_0)$  и кончается в  $(T^*, Y^*)$ , а реализована может быть только одна из них. Встает проблема сравнения и выбора наилучшей траектории. Пусть выбор выпал на траекторию  $Y^*(t)$ . Это означает, что нам не только желательно прибыть в пункт  $(T^*, Y^*)$ , но прибыть через последовательность состояний на кривой  $Y^*(t)$ . Таким образом, в понятие цели необходимо включить и все желаемые будущие состояния, конечное и промежуточные. Это четвертый, заключительный шаг в определении цели: под целью теперь понимается не только конечное состояние («конечная цель»)  $(T^*, Y^*)$ , но *вся траектория*  $Y^*(t)$  («промежуточные цели», «план»).

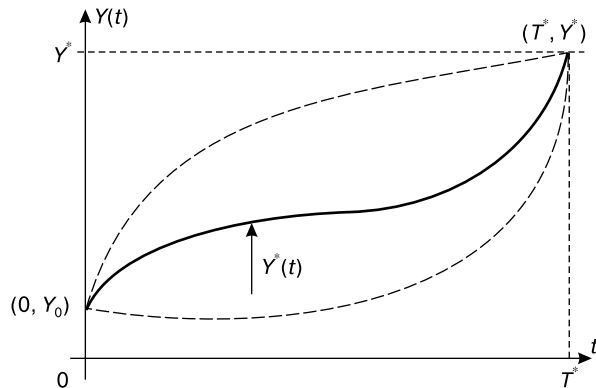


Рис. 2.12

Итак, *цель есть желаемые будущие состояния системы  $Y^*(t)$ .*

**Целесообразность природных объектов.** Теперь посмотрим на наш график с другой точки зрения. Глядя на  $(T^*, Y^*)$  с позиции  $t = 0$ , мы считаем его желаемым будущим состоянием. По прошествии времени  $T^*$  это состояние становится реальным, достигнутым настоящим. Поэтому появляется возможность определить конечную цель как *будущее реальное состояние*. Это решающий шаг к интерпретации целесообразности в природе: ведь у любого, в том числе естественного, объекта обязательно наступит в будущем некоторое состояние. Это, по определению, и есть цель. И что важно, нам не требуется гипотеза о ком-то определяющем цель заранее. Теперь мы имеем возможность сказать, что свойством целесообразности обладают и естественные системы. Это позволяет с единых позиций и с единой методикой подходить к рассмотрению любых систем.

Чтобы рассеять возникающее недоумение, честно и явно признаем, что «цель как образ желаемого будущего» и «цель как реальное будущее» — это не одно и то же. Введем для них разные термины: первое будем называть *субъективной целью*, а второе — *объективной целью*.

Это, во-первых, проясняет разницу между искусственными и естественными системами: искусственные системы создаются для достижения субъективных целей; естественные системы, подчиняясь законам природы, реализуют объективные цели.

Во-вторых, это проясняет причину того, что не всякая субъективная цель достижима. Дело в том, что не только нехватка или неверное использование имеющихся ресурсов может стать причиной

неудачи. Главным условием достижения субъективной цели является ее принадлежность к числу объективных целей: осуществимы лишь цели, могущие стать реальностью. Как выразился С. Лем, если человек и может достичь любых целей, то не любым образом.

Одна из причин появления недостижимых субъективных целей состоит в том, что субъективные цели — порождение воображения, а объективные есть результат проявления законов природы. Ограничения на мысленные конструкции гораздо слабее ограничений на возможные реальные события. Можно вообразить прекрасное существо — полудевушку-полурыбу — русалку или не менее красивое существо — полумужчину-полуконя — кентавра, но природа не позволяет реализовать их появление.

Важно установить реализуемость субъективной цели до начала попыток реализовать ее. Нежелание зря тратить усилия и ресурсы позволило бы не заниматься осуществлением недостижимой цели. Пока у нас есть только один критерий недостижимости — противоречие законам природы (например, цель создания вечного двигателя). Но иногда мы не можем привести законы природы, препятствующие достижению цели (например, цели создания искусственного интеллекта; и хотя успехи в этом далеки от ожиданий, усилия не кажутся напрасными).

Есть, однако, один тип заведомо недостижимых целей, которые не считаются недостойными стремления к ним. Такие цели называются *идеалами*. Особенность идеала состоит в том, что хотя он заведомо недостижим, но привлекателен, а главное — допускает приближение к нему. Примеры: гармонически развитая личность; стремление неограниченно повышать спортивные достижения; познание все большего числа языков; в общем, стремление к совершенству в любом отношении.

## 2.4. Заключение (системная картина мира)

Итак, в данной главе сделана попытка представить мир как мир систем, взаимодействующих между собой, содержащих в себе меньшие системы, входящие как части в большие системы, каждая из которых непрерывно изменяется и стимулирует к изменениям другие системы.

Из бесконечного числа свойств систем выделено двенадцать присущих всем системам. Они выделены по признаку их необходимости и достаточности для обоснования, построения и доступного изложения технологии прикладного системного анализа.

Но очень важно помнить, что каждая система отличается от всех других. Это проявляется, прежде всего, в том, что каждое из двенад-

пяти общесистемных свойств в данной системе воплощается в индивидуальной форме, специфической для этой системы. Кроме того, помимо указанных общесистемных закономерностей, каждая система обладает и другими, присущими только ей свойствами.

Прикладной системный анализ нацелен на решение конкретной проблемы. Это выражается в том, что с помощью общесистемной методологии он технологически направлен на обнаружение и использование индивидуальных, часто уникальных особенностей данной проблемной ситуации.

Для облегчения такой работы можно употребить некоторые классификации систем, фиксирующие тот факт, что для разных систем следует использовать разные модели, разную технику, разные теории. Например, Р. Акофф и Д. Гарайедаги предложили различать системы по соотношению объективных и субъективных целей у частей целого: системы технические, человеко-машинные, социальные, экологические. Другая полезная классификация, по степени познания систем и формализованности моделей, предложена У. Чеклендом: «жесткие» и «мягкие» системы и соответственно «жесткая» и «мягкая» методологии, обсужденные в главе 1.

Итак, можно сказать, что системное видение мира состоит в том, чтобы, понимая его всеобщую системность, приступить к рассмотрению конкретной системы, уделяя основное внимание ее индивидуальным особенностям. Классики системного анализа сформулировали этот принцип афористически: *«Думай глобально, действуй локально»*.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое статические свойства систем? Перечислите четыре статических свойства.
2. Как из открытости систем вытекает факт всеобщей взаимосвязанности в природе?
3. Что называется моделью черного ящика? Назовите четыре рода ошибок, которые можно совершить при построении модели черного ящика.
4. Что называется моделью состава системы? Каковы (три) трудности ее построения?
5. При каких предположениях можно говорить о наличии частей у системы?
6. Как определяется граница системы?
7. Что называется моделью структуры системы? В чем трудности ее построения?

8. Что такое динамические свойства систем? Перечислите их (все четыре).
9. Поясните различие между ростом и развитием системы.
10. Что мы называем синтетическими свойствами систем? Перечислите четыре таких свойства.
11. Какое из статических свойств системы обеспечивает существование эмерджентных свойств системы?
12. Что называется субъективной целью?
13. Что понимается под объективной целью системы?
14. Почему не любая субъективная цель достижима?
15. Дайте определение следующим понятиям:
  - целостность системы;
  - открытость системы;
  - черный ящик;
  - ошибка первого (второго, третьего, четвертого) рода;
  - модель состава системы;
  - подсистема;
  - элемент системы;
  - модель структуры системы;
  - функция системы;
  - стимулируемость систем;
  - функционирование;
  - рост (спад);
  - развитие (деградация);
  - жизненный цикл;
  - эмерджентность;
  - ингерентность;
  - цель субъективная;
  - цель объективная.