

**Лекционный материал по дисциплине**  
(заполняется по каждому виду учебного материала)

ДИСЦИПЛИНА Системный анализ данных в СППР  
(полное наименование дисциплины без сокращений)

ИНСТИТУТ ИТ

КАФЕДРА Вычислительной техники  
полное наименование кафедры

ВИД УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА Лекция  
(в соответствии с пп.1-11)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ Сорокин А.Б.  
(фамилия, имя, отчество)

СЕМЕСТР пятый  
(указать семестр обучения, учебный год)

## 2. ЛЕКЦИЯ. Понятие система

Гносеологическая системность, как правило, рассматривается в трех аспектах: *системная теория, системный метод и системный подход*.

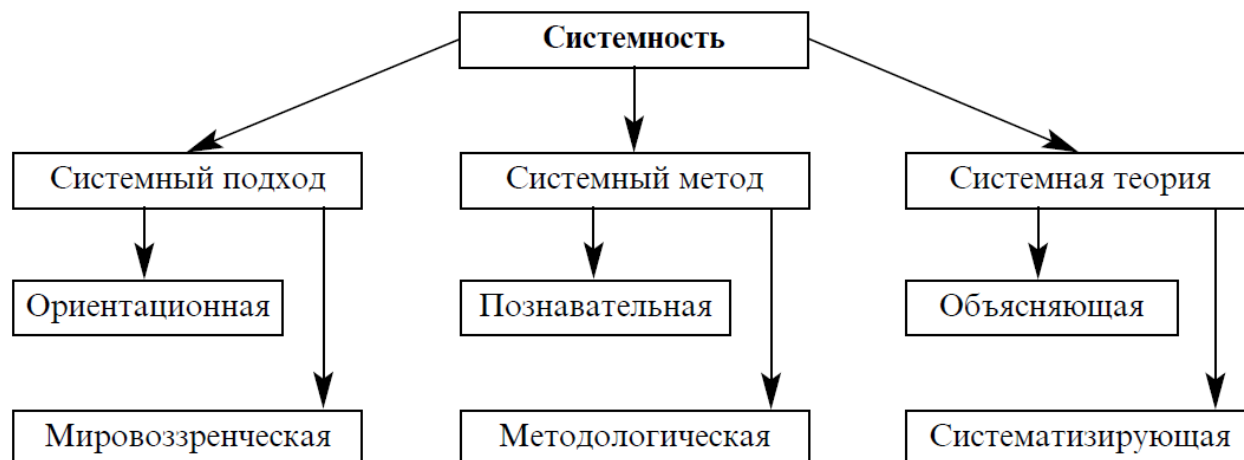


Рис. 1. Структура системности и составляющие ее функции

**Системная теория** накапливает знание о системах и используется для объяснения систем различной природы. Это — не просто мировоззрение, а строгое научное знание о мире систем. Выполняет объясняющие и систематизирующие функции.

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

**Системный подход** следует рассматривать как некоторый методологический подход человека к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов. Это по сути дела системная парадигма, 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. Системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции, обеспечивает не только видение мира, но и ориентацию в нем.

Однако философская терминология не всегда легко преломляется к практической деятельности. Поэтому потребности практики привели к тому, что при постановке и исследовании сложных задач проектирования и управления довольно широкое распространение получил термин системный анализ (СА).

*Анализ – метод научного исследования (познания) явлений и процессов, в основе которого лежит изучение составных частей, элементов изучаемой системы.*

Термин СА трактуется в публикациях неоднозначно. В одних работах он определяется как «приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием» или даже со стратегическим планированием и целевой стадией планирования. В других термин СА употребляется как синоним термина «анализ систем» или «системное управление организацией».

Некоторые авторы даже в определении СА подчеркивают, что это методология исследования целенаправленных систем. На основе обобщения различных точек зрения делаются следующие определения.

***Системный анализ:***

1) применяется в тех случаях, когда задача (проблема) не может быть сразу представлена и решена с помощью формальных, математических методов, т.е. имеют место большая начальная неопределенность проблемной ситуации и многокритериальность задачи;

2) уделяет внимание процессу постановки задачи и использует не только формальные методы, но и методы качественного анализа; в эти группы методов названы методы формализованного представления систем и методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов;

3) опирается на основные понятия теории систем и философские концепции, лежащие в основе исследования общесистемных закономерностей;

4) помогает организовать процесс коллективного принятия решения, объединяя специалистов различных областей знаний;

5) для организации процесса исследования и принятия решения требует обязательной разработки методики системного анализа, определяющей последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения, объединяющей методы;

6) исследует процессы целеобразования и разработки средств работы с целями, в том числе занимается разработкой методик структуризации целей;

7) основным методом СА является расчленение большой неопределенности на более обозримые, лучше поддающиеся исследованию (что и соответствует понятию анализ) при сохранении целостного (системного) представления об объекте исследования и проблемной ситуации.

Первые четыре особенности характерны для всех направлений системных исследований. В определении СА необходимо наряду с этими особенностями

отразить еще три (5, 6, 7), уточняющие отличие СА от других системных направлений.

Независимо от того, применяется термин «системный анализ» только к планированию развития предприятия, региона или к исследованию системы в целом, работы этого направления отличаются от других направлений системных исследований тем, что в них предлагается методика проведения системного исследования процесса принятия решения в конкретных условиях. При этом выбор методов и приемов выполнения этапов методики СА базируется на использовании понятий и закономерностей теории систем, системного подхода и системного метода.

Системный анализ не существует в виде строгой методологической концепции и тесно связан с различными направлениями современной науки. Поэтому, в зависимости от того какое определение будет взято за первооснову, зависит решение вопроса о специфических признаках исследования системного объекта.

*Под **объектом** понимается то, что существует вне нас, и не зависит от нашего сознания, выступает предметом познания и воздействия.*

### **1. Понятие «СИСТЕМА»**

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих (от греч. *σύνστημα* — целое, составленное из частей; соединение).

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

*К таковым, например, относятся — Солнечная система, система управления станком, система организационного управления предприятием (городом, регионом и т.п.), экономическая система, система кровообращения и т.д.*

*В математике термин «система» используют для отображения совокупности математических выражений или правил — система уравнений, система исчисления, система мер и т.п.*

*Казалось бы, в этих случаях можно было бы воспользоваться терминами «множество» или «совокупность». Однако понятие системы подчеркивает*

*упорядоченность, целостность, наличие определенных закономерностей ее построения, функционирования и развития.*

В то же время для применения термина «система» при исследовании, проектировании или управлении необходимо дать этому понятию более точное определение.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему»

Первые определения претендуют на универсальность:

1) Л. фон Берталанфи определял **систему** как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».

2) **Система**, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].

3) В самом общем случае понятие «**система**» характеризуется: 1. наличием множества элементов; 2. наличием связей между ними; 3. целостным характером данного устройства или процесса [В. Н. Спицнадель].

4) **Система** есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг].

В формальном виде данную группу определений термина система  $S$  можно представить через теоретико-множественные представления элементов  $a_i$  и отношений  $r_i$ :

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, R \rangle, \text{ где } A = \{a_i\}, R = \{r_i\}$$

Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов. Что касается понятий «связь» и «отношение», то также существуют разные точки зрения. *Что первично связь или отношение?*

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе. Неделимость элемента рассматривается как нецелесообразность учёта в пределах модели данной системы его внутреннего строения.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Рассмотренные дефиниции являются статичными, в них отсутствуют правила построения систем. Хотя, практическое применение определений такого класса невелико, можно выделить, что структура строится из множества элементов  $A$ , заполняющих пространство системы  $S$ . Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения)  $r$  (рис.2).

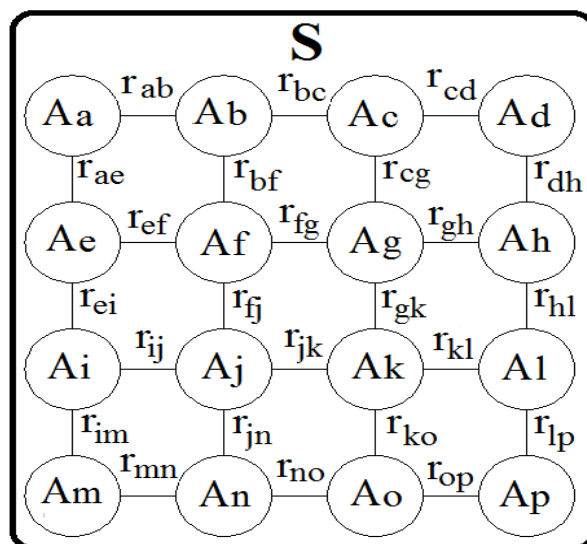


Рис. 2. Структура пространства системы

Здесь можно отметить, что примитивный редукционизм сводящий систему к сумме ее элементов, почти всегда приводит к ошибочным выводам.

Если известно, что элементы принципиально неоднородны, то это можно сразу учесть в определении, выделив разные множества элементов. Например, включить множества  $A = \{a_i\}$ , и  $B = \{b_k\}$

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, B, R \rangle$$

Если какой-то вид отношений  $r_i$  применим только к элементам разных множеств и не используется внутри каждого из них, то пишут

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle \{a_i \ r_i \ b_k\} \rangle, \quad a_i \in A, r_i \in R, b_k \in B$$

где  $\{a_i \ r_i \ b_k\}$  элементы новой системы, образованные из элементов исходных множеств  $A$  и  $B$ .

Могут быть выделены множество  $X$  входных объектов (воздействующих на систему) и множество  $Y$  выходных результатов, а между ними установлено обобщающее отношение пересечения  $X \cap Y$ . Эта группа определений отражает точку зрения кибернетики:

5) **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].

6) **Система** представляет собой отображение входов  $X$  и состояний объекта в его выходы  $Y$ :  $S \subset X \times Y$  [М. Месарович].

Формально данную группу определений можно представить в следующем виде:

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle X, Y, R \rangle$$

Изобразим данные определения

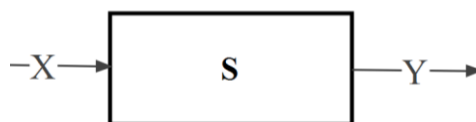


Рис. 3. Кибернетическое представление системы

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы. При этом не раскрывается внутреннее, структурное содержание системы. Необходимо учитывать, что свойства системы проявляются не только значениями входных и выходных переменных, но и свойствами элементов.

7) **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Таким образом, свойства  $P_A$  дополняют понятие элемента.

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, P_A, R \rangle$$

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

8) **Под системой** понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров].

Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на три группы:

– **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению

данного элемента системы;

– **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;

– **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

9) **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].

10) **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единством, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С. Тьютин].

Функциональные свойства определяются целью системы  $Z$ . Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются. Символически эту группу определений можно представить следующим образом:

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, R, Z \rangle$$

Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

11) **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].

12) **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Таким образом, данные определения обуславливают условия – среда  $SR$ , интервал времени  $\Delta T$ , в рамках которого будут существовать система и ее цели. Происходит дополнение формулы:

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, R, Z, SR, \Delta T \rangle$$

Системные исследования соответствуют двум сторонам человеческой деятельности – познания действительности и воздействия на нее.

13) **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении



задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель  $N$ .

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, P_A, R, Z, SR, N \rangle$$

Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

## 2. Большая система

Вначале термины «большая система» использовался для обозначения мерности состава систем для задач классификации. Например, считалось что:

- малые системы –  $10 \dots 10^3$  элементов;
- большие системы –  $10^4 \dots 10^7$  элементов;
- ультрабольшие –  $10^8 \dots 10^{30}$  элементов;
- суперсистемы –  $10^{31} \dots 10^{200}$  элементов.

Однако данный аспект относится больше к построению интегральных схем в рамках направления вычислительной техники (расположение элементов на кристалле). Поэтому в системном анализе определение большой системы считается не целесообразным.

На практике можно использовать следующее определение:

14) Большая система (рис. 4) – это система, которая не может рассматриваться иначе как в качестве совокупности априорно выделенных подсистем [Ю. И. Черняк].

Большие системы – это такие системы, в которых число состояний, определяемых состоянием элементов или взаимосвязями между элементами, комбинаторно велико или несчетно. Это обстоятельство существенно характеризует специфику свойств большой системы и накладывает ряд ограничений в процессе ее исследования. Понятие «комбинаторно» следует определять как наличие в системе многообразия комбинаций связей и вариантов отношений между элементами, которые могут динамично изменять их состояние.

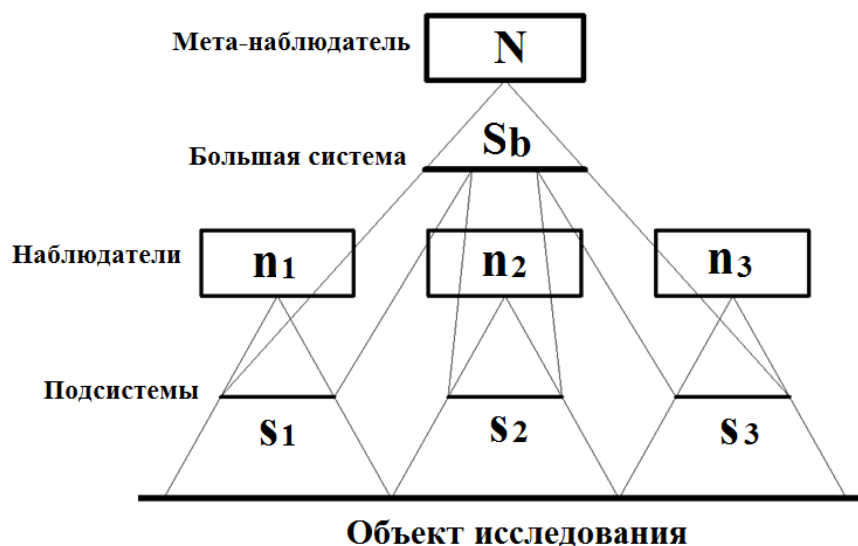


Рис. 4. Построение большой системы

Сравнение таких вариантов на основе перебора часто оказывается принципиально невозможным. Поэтому для исследования больших систем требуются специфические методы исследования на основе синтеза. Одним из таких методов является метод декомпозиции системы, разбиение ее на достаточно определенные подсистемы и установление тех элементов, которые определяют взаимосвязь посредством хотя бы одного общего ресурса (средства) обмена информацией или веществом.

Таким образом, большая система  $S_b$  определена мерностью и однородностью состава, которая может быть описана на одном языке моделирования. Это позволяет утверждать, что связи между подсистемами возможны только в том случае, если их объединяет общая основа. Тогда в пространстве системы  $S_b$  может существовать некоторая подсистема  $S_1$  со множеством элементов  $\{Aa, Ab, \dots, Ah\}$  и подобная ей подсистема  $S_2$ , состоящая из связанных друг с другом элементов  $\{Ai, Aj, \dots, Ap\}$  (рис. 5).

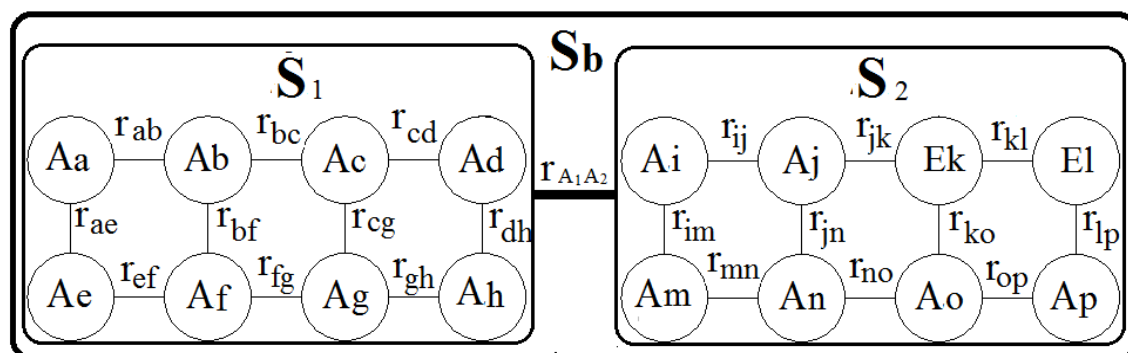


Рис. 5. Структура пространства большой системы

Построенная структура (рис.5) является иерархической, которая включает два уровня, подсистемы низших уровней  $S_1$  и  $S_2$ , которые входят в состав структуры более высокого уровня  $S$ , на основании связи ( $rA_1A_2$ ).

Если объект исследования не удастся разбить на подобъекты (подсистемы), т.е. невозможно представить его как большую систему, то предлагается рассматривать такую систему как сложную.

### 3. Сложная система

Сложные системы – это такие системы, в которых все функциональные процессы имеют динамичный характер. В каждый момент времени элемент сложной системы находится в одном из возможных состояний; из одного состояния в другое он переходит под действием внешних и внутренних факторов.

**Внутренние факторы** связаны с необходимостью учета синергетических свойств, как в элементах, так и в самой системе.

**Внешние факторы** заключаются в том, что необходимо учитывать влияние всех факторов внешней среды на систему, которые могут вызывать случайные отклонения от заданной цели развития или существования.

Результат взаимодействия внешних и внутренних факторов может иметь не только детерминированный (предсказуемый характер процесса), но и стохастический характер (вероятностный).

15) Сложная система (рис. 5) – эта система, построенная для решения многоцелевой задачи; система, отражающая разные, несравнимые аспекты характеристики объекта; система, для описания которой необходимо несколько языков; система, включающая взаимосвязанный комплекс разных моделей [Ю. И. Черняк].

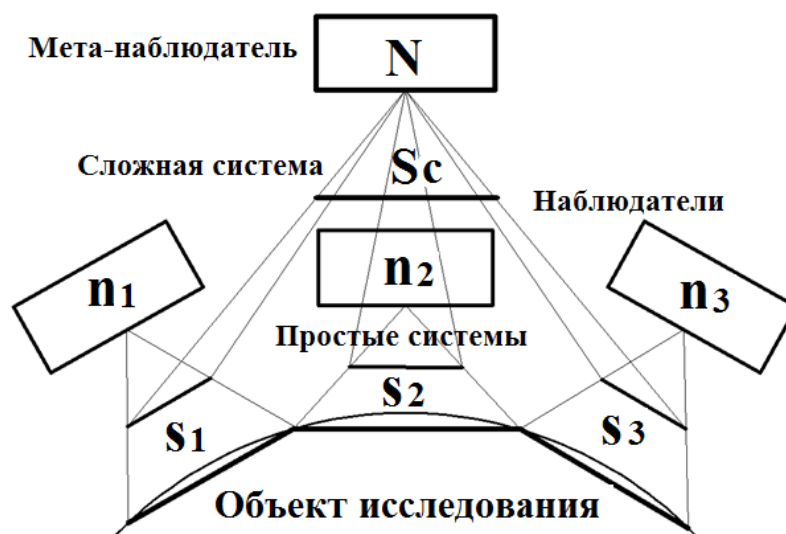


Рис. 5. Построение сложной системы

В сложных системах наблюдатели изменяют свои позиции по отношению к объекту, т.е. исследуют его с разных сторон. Каждая позиция наблюдателя имеет свой язык и модель представления об объекте. Следовательно, в формальном определении 1.7 необходимо учитывать язык наблюдателя  $L_N$

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, P_A, R, Z, SR, N, L_N \rangle \quad (1.7)$$

Таким образом, сложная система имеет разветвленную структуру со значительным количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, а также разные по своему типу связи. Сложная система сохраняет частичную работоспособность при отказе отдельных элементов. Как правило, они могут быть лишь представлены имитационными моделями в той или иной степени адекватности.

Тогда по отношению к пространству большой и сложной системы  $S_{bc}$  в подсистемах  $S_1$  и  $S_2$  существуют структуры  $(S_1^1, S_1^2, S_1^3, S_1^4)$  и  $(S_2^1, S_2^2, S_2^3, S_2^4)$ , которые увеличивают мерность состава и сложность организации (рис. 6).

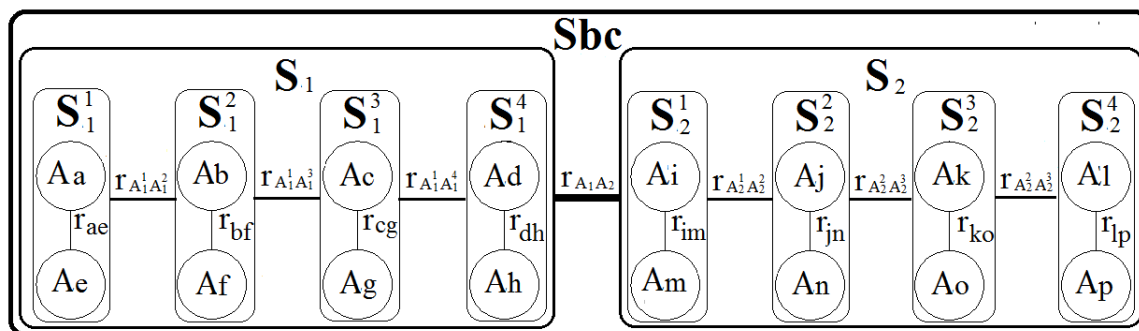


Рис. 6. Структура пространства большой и сложной системы

Мерность состава определена не только суммой различных видов подсистем, но также мерностью свойств, связей и отношений, состояний, стадий, фаз и переходных процессов. Сложность организации обусловлена многообразием законов функционирования и сложной организацией компонентов. Таким образом, демонстрируется, как можно из одной и той же совокупности элементов строить различные иерархические и распределенные структурные представления, образующие полиструктуру. При этом структура определяет функцию, так как при одном и том же составе элементов, но при различном взаимодействии между ними меняется функция системы и ее возможности. В тоже время одна и та же функция может реализоваться различными структурами, которые находятся в различных средах.

В современных системных исследованиях появился новый класс сложных систем, которые определяются в качестве **адаптивных, самоорганизующихся и самоуправляемых систем**.

Термин **«адаптация»** означает, что объект-система обладает рядом свойств приспособления, которые позволяют ей изменять свое состояние, структуру и поведение в процессе взаимодействия с внешней средой.

Например, для социально-экономических систем часто используется новое понятие «адаптивная организационная структура», которое следует понимать, как организационную структуру способную гибко изменять свои цели, задачи, функции, свойства и поведение в зависимости от динамично изменяющихся условий внешнего окружения.

Также необходимо отметить, что существует ряд определений, в которых термин «система» рассматривается как средство начала ее исследования и проектирования.

16) Система не расчленяется на самые элементарные частицы (т.е. не разрушается полностью), что делается в уже приведенных определениях, а представляется как совокупность укрупненных компонентов, принципиально необходимых для существования и функционирования исследуемой или создаваемой системы [Волкова В.Н.].

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle \{Z\}, \{Str\}, \{Tech\}, \{Cond\} \rangle, \text{ где} \quad (1.8)$$

$\{Z\}$  – совокупность или структура целей;  $\{Str\}$  – совокупность структур (производственная, организационная и т.п.), реализующих цели;  $\{Tech\}$  – совокупность технологий (методы, средства, алгоритмы и т.п.), реализующих систему;  $\{Cond\}$  – условия существования системы, т.е. факторы, влияющие на ее создание, функционирование и развитие

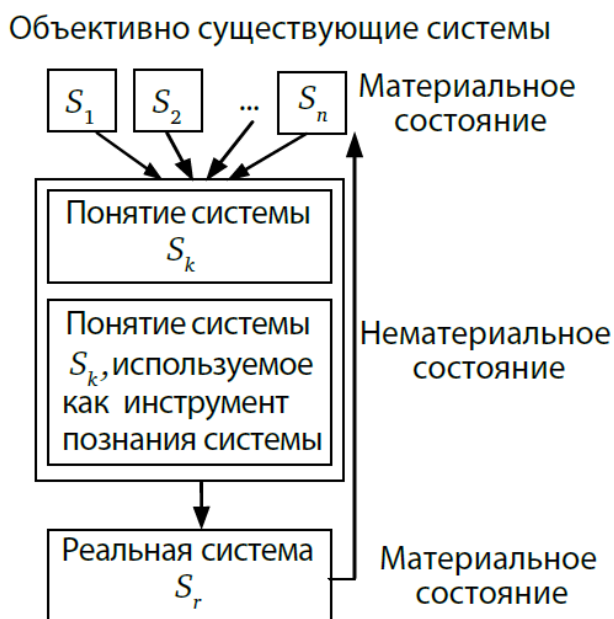
Опираясь на более глубокий анализ сущности понятия системы как на категорию отражения объектов, следует, по-видимому, относиться к этому понятию как к категории теории познания, теории отражения. В связи с этим интересно обратить внимание на вопрос о материальности или нематериальности системы.

#### **4. Материальна или нематериальна система?**

В период становления теории систем довольно часто возникали дискуссии о том, материальны или нематериальны системы. С одной стороны, стремясь подчеркнуть материальность систем, некоторые исследователи в своих определениях заменяли термин элемент терминами вещь, объект, предмет; и хотя последние можно трактовать и как абстрактные объекты или предметы исследования, все же авторы этих определений явно хотели обратить внимание на овеществленность, материальность системы. С другой стороны, в определениях С. Оптнера («система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблемы») и Ю. И. Черняка («система есть способ решения проблемы»),

а системное мышление — это «способность находить простое в сложном»), систему можно трактовать только как отображение, т.е. как нечто, существующее лишь в сознании исследователя, конструктора.

Любой специалист, понимающий закономерности теории отражения, должен, казалось бы, возразить: но ведь очевидно, что замысел (идеальное представление системы) потом будет существовать в материальном воплощении, а для задач принятия решений важно акцентировать внимание на том, что понятие системы может быть средством исследования проблемы, решения задачи. Тем не менее, упомянутые определения подвергались критике со стороны приверженцев материальности систем, особенно философов. Бессмысленность спора о материальности и нематериальности системы показал В. Г. Афанасьев (рис. 1.2): «...объективно существующие системы — и понятие системы; понятие системы, используемое как инструмент познания системы, — и снова реальная система, знания о которой обогащены нашими системными представлениями — такова диалектика объективного и субъективного в системе»



Наряду с приведенным выше определением дается следующее: система — «объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе», т.е. подчеркивается, что понятие элемента (а следовательно, и системы) можно применять как к существующим, материально реализованным предметам, так и к знаниям об этих предметах или о будущих их реализациях.

Таким образом, в понятии система (как и любой другой категории познания) объективное и субъективное составляют диалектическое единство, и следует говорить не о материальности или нематериальности системы, а о

подходе к объектам исследования как к системам, о различном представлении их на разных стадиях познания или создания.

Например, Ю. И. Черняк показывает, что один и тот же объект на разных этапах его рассмотрения может быть представлен в различных аспектах, и соответственно предлагает одну и ту же систему представлять на разных уровнях существования: философском (теоретико-познавательном), научно-исследовательском, проектном, инженерном и т.д. — вплоть до материального воплощения.

Иными словами, в термин система на разных стадиях ее рассмотрения можно вкладывать разные понятия, говорить, как бы о существовании системы в разных формах.

## 5. Система и среда

На первых этапах системного анализа важно уметь отделить (отграничить, как предлагают называть этот первый этап исследователи систем, чтобы точнее его определить) систему от среды, с которой взаимодействует система. Иногда даже определения системы, применяющиеся на начальных этапах исследования, базируются на отделении системы от среды.

Частным случаем выделения системы из среды является определение ее через входы и выходы, посредством которых система общается со средой. В кибернетике и теории систем такое представление системы называют черным ящиком.

Представление о среде соответствует одно из определений:

«...*среда* есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы».

Выделяет систему из среды наблюдатель, который отделяет (отграничивает) элементы, включаемые в систему, от остальных, т.е. от среды, в соответствии с целями исследования (проектирования) или предварительного представления о проблемной ситуации.

При этом возможны три варианта положения наблюдателя, который может: 1) отнести себя к среде и, представив систему как полностью изолированную от среды, строить замкнутые модели (в этом случае среда не будет играть роли при исследовании модели, хотя может влиять на ее формирование); 2) включить себя в систему и моделировать ее с учетом своего влияния и влияния системы на свои представления о ней (ситуация, характерная для экономических систем); 3) выделить себя из системы и из среды и рассматривать систему как открытую, постоянно взаимодействующую со средой, учитывая этот факт при

моделировании (такие модели необходимы для развивающихся систем). В последнем случае практически невозможно учесть все объекты, не включенные в систему и отнесенные к среде; их множество необходимо сузить с учетом цели исследования, точки зрения наблюдателя (ЛПР) путем анализа взаимодействия системы со средой, включив этот «механизм» анализа в методику моделирования.

Уточнение или конкретизация определения системы в процессе исследования влечет за собой соответствующее уточнение ее взаимодействия со средой и определения среды. В этой связи важно прогнозировать состояние не только системы, но и среды. В последнем случае следует учитывать неоднородность среды, наряду с естественно-природной средой существуют искусственные — техническая среда созданных человеком машин и механизмов, экономическая, информационная, социальная среда.

В процессе исследования граница между системой и средой может деформироваться. Уточняя модель системы, наблюдатель может выделять в среду некоторые составляющие, которые он первоначально включал в систему. И, наоборот, исследуя корреляцию между компонентами системы и среды, он может посчитать целесообразным включение в систему составляющих среды, имеющих сильные связи с элементами системы.

## **6. Выбор определения системы.**

Рассматривая различные определения системы и их эволюцию и не выделяя ни одно из них в качестве основного, я стремился не только показать сложность краткого определения таких (обычно интуитивно постигаемых) понятий, как система, но и помочь Вам, как будущим специалистам, осознать тот факт, что на разных этапах представления объекта в виде системы, в различных конкретных ситуациях можно пользоваться разными определениями. Причем по мере уточнения представлений о системе или при переходе на другую страту ее исследования определение системы не только может, но и должно быть уточнено.

Более полное определение, включающее и элементы, и связи, и цель, и наблюдателя, а иногда и его «язык» отображения системы, помогает поставить задачу, наметить основные этапы методики системного анализа. Так, в организационных системах, если не определить лицо, компетентное принимать решения, то можно и не достичь цели, ради которой создается система. Но есть системы, для которых наблюдатель очевиден. Иногда не нужно даже в явном виде использовать понятие цели.

Например, для исследования относительно невысоко развитых биологических объектов типа растений, не включает понятие цели как несвойственное для этого класса объектов, а понятие целесообразности развития



отражает в форме особого вида отношений — законов композиции.

Таким образом, при проведении системного анализа нужно прежде всего отобразить ситуацию с помощью как можно более полного определения системы, а затем, выделив наиболее существенные компоненты, влияющие на принятие решения, сформулировать «рабочее» определение, которое может уточняться, расширяться или сужаться в зависимости от хода анализа.

«Рабочее» определение системы помогает исследователю (разработчику) начать ее описание. Далее для того чтобы правильно выбирать необходимые элементы, связи, их свойства и другие составляющие, входящие в принятое «рабочее» определение системы, нужно, чтобы лица, формирующие это первоначальное, вербальное представление системы, в одинаковом смысле использовали эти понятия.

Выбор определения системы отражает принимаемую концепцию и является фактически началом моделирования. Поэтому с самого начала целесообразно представлять определения в символической форме, способствующей однозначному пониманию ее всеми участниками разработки или исследования системы.

### **Понятия, характеризующие строение системы.**

**Цель.** Таким образом, понятие «цель» и связанные с ним понятия «целесообразность» и «целенаправленность» лежат в основе развития системы.

Изучению этих понятий большое внимание уделяется в философии, психологии, кибернетике.

Процесс целеобразования и соответствующий ему процесс обоснования целей в организационных системах весьма сложен. На протяжении всего периода развития философии и теории познания происходило развитие представлений о цели.

Анализ определений цели и связанных с ней понятий показывает, что в зависимости от стадии познания объекта, этапа системного анализа, в понятие «цель» вкладывают различные оттенки (рис. 4) — от идеальных устремлений (цель — «выражение активности сознания»; «человек и социальные системы вправе формулировать цели, достижение которых, как им заведомо известно, невозможно, но к которым можно непрерывно приближаться»), до конкретных целей — конечных результатов, достижимых в пределах некоторого интервала времени, формулируемых иногда даже в терминах конечного продукта деятельности.

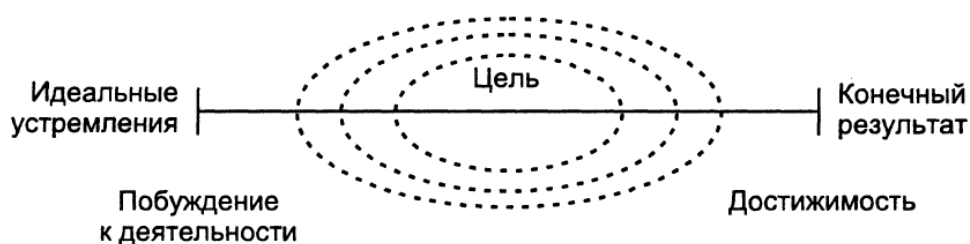


Рис.4. Понятие цели

В некоторых определениях цель как бы трансформируется, принимая различные оттенки в пределах условной «шкалы» — от идеальных устремлений к материальному воплощению, конечному результату деятельности.

Например, М. Г. Макаров, наряду с приведенным выше определением, целью называет «то, к чему стремится, чему поклоняется и за что борется человек» («борется» подразумевает достижимость в определенном интервале времени); Л. А. Растригин и П. С. Граве [30, 70], под целью понимают «модель желаемого будущего» (при этом в понятие «модель» можно вкладывать различные оттенки реализуемости) и, кроме того, вводится понятие, характеризующее разновидность цели, и кроме того, вводят понятие «мечта» — это цель, не обеспеченная средствами ее достижения» [30]. Противоречие, заключенное в понятии «цель» — необходимость быть побуждением к действию «опережающим отражением» (термин введен П. К. Анохиным), или «опережающей идеей», и одновременно материальным воплощением этой идеи, т.е. быть достижимой, — проявлялось с момента возникновения этого понятия: так, древнеиндийское понятие «артха» включало в себя одновременно значения терминов «мотив», «причина», «желание», «цель» и даже — «способ». В русском языке вообще не было термина «цель». Этот термин заимствован из немецкого и имеет значение, близкое к понятиям «мишень», «финиш», «точка попадания». В английском языке есть несколько терминов, отражающих различные оттенки понятия цели, в пределах рассматриваемой «шкалы».

*Пример Purpose (цель — намерение, целеустремленность, воля), object и objective (цель — направление действия, направление движения), aim (цель — стремление, прицел, указание), goal (цель — место назначения, задача), target (цель — мишень для стрельбы, задание, план), end (цель — финиш, конец, окончание, предел).*

Сущность диалектической трактовки понятия цели раскрывается в теории познания, в которой показывается взаимосвязь понятий цели, оценки, средства, целостности (и ее «самодвижения»). Изучение взаимосвязи этих понятий показывает, что, в принципе, поведение одной и той же системы может быть описано и в терминах цели или целевых функционалов, связывающих цели со

средствами их достижения (такое представление называют аксиологическим), и без упоминания понятия цели, в терминах непосредственного влияния одних элементов или описывающих их параметров на другие, в терминах «пространства состояний» (или каузально). Поэтому одна и та же ситуация в зависимости от склонности и предшествующего опыта исследователя может быть представлена тем или иным способом. В большинстве практических ситуаций лучше понять и описать состояние системы и ее будущее позволяет сочетание этих представлений.

Для того чтобы отразить диалектическое противоречие, заключенное в понятии «цель», можно дать следующее определение: цель — «заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека, группы людей».

«Заранее мыслимый», но все же «результат», воплощение замысла; подчеркивается также, что понятие цели связано с человеком, его «сознательной деятельностью», т.е. с наличием сознания, а для характеристики целеустремленных, негэнтропийных тенденций на более низких ступенях развития материи принято использовать другие термины.

*Негэнтропия* — философский и физический термин, образованный добавлением отрицательной приставки нег- (от лат. *negativus* — отрицательный) к понятию энтропия, и обозначающий его противоположность. В самом общем смысле противоположен по смыслу энтропии и означает меру упорядоченности и организованности системы или качество имеющейся в системе энергии.

Энтропия в системном анализе выступает как мера неопределенности.

Рассмотренное понимание цели очень важно при организации процессов коллективного принятия решений в системах управления. В реальных ситуациях необходимо оговаривать, в каком смысле на данном этапе рассмотрения системы используется понятие «цель», что в большей степени должно быть отражено в ее формулировке — идеальные устремления, которые помогут коллективу лиц, принимающих решение, увидеть перспективы, или реальные возможности, обеспечивающие своевременность завершения очередного этапа на пути к желаемому будущему.

Проведенный анализ определений понятия «цель» и графическая интерпретация «размытости» философских трактовок цели (см. рис. 4), стали важным шагом на пути к практической реализации процессов целеобразования.

В более поздних работах было выработано весьма полезное для практического применения представление о двух различных понятиях цели: «цель деятельности» (актуальная, конкретная цель) и бесконечная по содержанию «цель — стремление» (цель — идеал, потенциальная цель); предложена концепция

анализа процесса формулирования и структуризации целей с позиций диалектической логики и высказана идея о единстве цели, средства (варианта) ее достижения и критерия оценки.

**Элемент.** Под элементом принято понимать простейшую, неделимую часть системы. Однако ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным.

**Пример.** В качестве элементов стола можно назвать «ножки, ящики, крышку и т.д.», а можно — «атомы, молекулы», в зависимости от того, какая задача стоит перед исследователем. Аналогично в системе управления предприятием элементами можно считать подразделения аппарата управления, а можно — каждого сотрудника или каждую операцию, которую он выполняет.

Поэтому примем следующее определение:

Элемент — это предел членения системы с точки зрения аспекта рассмотрения, решения конкретной задачи, поставленной цели.

Систему можно расчленять на элементы различными способами в зависимости от формулировки задачи, цели и ее уточнения в процессе проведения системного исследования. При необходимости можно изменять принцип расчленения, выделять другие элементы и получать с помощью нового расчленения более адекватное представление об анализируемом объекте или проблемной ситуации.

**Компоненты и подсистемы.** Иногда термин «элемент» используют в более широком смысле, даже в тех случаях, когда система не может быть сразу разделена на составляющие, являющиеся пределом ее членения.

Понятие «подсистема» подразумевает, что выделяется относительно независимая часть системы, обладающая свойствами системы, и в частности, имеющая подцель, на достижение которой ориентирована подсистема.

Если же части системы не обладают такими свойствами, а представляют собой просто совокупности однородных элементов, то такие части принято называть компонентами.

Расчленяя систему на подсистемы, следует иметь в виду, что так же, как и при расчленении на элементы, выделение подсистем зависит от цели и может меняться по мере ее уточнения и развития представлений исследователя об анализируемом объекте или проблемной ситуации.

**Связь.** Понятие «связь» входит в любое определение системы и обеспечивает возникновение и сохранение ее целостных свойств. Это понятие одновременно характеризует и строение (статику), и функционирование (динамику) системы.

Связь определяют как ограничение степени свободы элементов. Действительно, элементы, вступая во взаимодействие (связь) друг с другом, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии. В определениях системы термины «связь» и «отношение» обычно используются как синонимы. Однако существуют разные точки зрения: одни исследователи считают связь частным случаем отношения; другие — напротив, отношение рассматривают как частный случай связи; третьи — предлагают понятие «связь» применять для описания статики системы, ее структуры, а понятием отношение характеризовать некоторые действия в процессе функционирования (динамики) системы.

Не решен (и, видимо, вряд ли может быть решен в общем виде) вопрос о достаточности и полноте сети связей для того, чтобы систему можно было считать системой. Один из подходов к решению этой проблемы предлагается, например, В. И. Николаевым и В. М. Бруком, которые считают, что для того, чтобы система не распалась на части, необходимо обеспечить превышение суммарной силы (мощности) связей между элементами системы, т.е. внутренних связей  $W_{rv}$ , над суммарной мощностью связей между элементами системы и элементами среды, т.е. внешних связей  $W_{rs}$ :

$$W_{rv} > W_{rs}.$$

К сожалению, на практике подобные измерения (особенно в организационных системах) трудно реализовать, однако можно оценивать тенденции изменения этого соотношения с помощью косвенных факторов. Связи можно охарактеризовать направлением, силой, характером (или видом). По первому признаку связи делят на направленные и ненаправленные. По второму — на сильные и слабые (иногда пытаются ввести «шкалу» силы связей для конкретной задачи). По характеру (виду) различают связи подчинения, порождения (или генетические), равноправные (или безразличные), управления. Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Важную роль в моделировании систем играет понятие обратной связи. Обратная связь является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

**Структура.** Система может быть представлена, как уже отмечалось, простым перечислением элементов или черным ящиком (моделью «вход — выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такого представления недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нем обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых

результатов. В этих случаях систему отображают путем расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие «структура».

Структура (от лат. «structure», означающего строение, расположение, порядок) отражает «определенные взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, ее устройство, строение».

При этом в сложных системах структура включает не все элементы и связи между ними (в предельном случае, когда пытаются применить понятие структуры к простым, полностью детерминированным объектам, понятия структуры и системы совпадают), а лишь наиболее существенные компоненты и связи, которые мало меняются при текущем функционировании системы и обеспечивают существование системы и ее основных свойств.

Иными словами, структура характеризует организованность системы, устойчивую упорядоченность элементов и связей. Структурные связи обладают относительной независимостью от элементов и могут выступать как инвариант при переходе от одной системы к другой, перенося закономерности, выявленные и отраженные в структуре одной из них, на другие. При этом системы могут иметь различную физическую природу. Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов, от аспекта их рассмотрения, цели создания. При этом по мере развития исследований или в ходе проектирования структура системы может изменяться.

Структуры, особенно иерархические могут помочь в раскрытии неопределенности сложных систем. Иными словами, структурные представления систем являются средством их исследования.