# *Министерство образования Украины*

# *Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

# *Кафедра автоматики*

# ***РЕФЕРАТ***

# *Курс: основы системного анализа.*

# *Тема: терминология теории систем. Классификация систем. Закономерности систем.*

# *Выполнил: Шиманов Д. В.*

# *Проверил: Бодня В. С.*

# *Днепропетровск 2002*

###### Основные задачи и направления развития теории систем.

###### Системный подход - это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объектов как систем.

###### К числу задач, решаемых теорией систем, относятся: опреде­ление общей структуры системы; организация взаимодействия между подсистемами и элементами; учет влияния внешней среды.

###### выбор оптимальной структуры системы; выбор оптимальных алгоритмов функционирования системы.

###### Проектирование больших систем обычно делят на две стадии:

###### макропроектирование (внешнее проектирование), в процессе которого решаются функционально-структурные вопросы системы в целом, и микропроектирование (внутреннее проектирование), связанное с разработкой элементов системы как физических еди­ниц оборудования и с получением технических решений по основ­ным элементам (их конструкции и параметры, режимы эксплу­атации). В соответствии с таким делением процесса проектирова­ния больших систем в теории систем рассматриваются методы, связанные с макропроектированием сложных систем.

###### Основные понятия теории систем

###### В первой главе изложены основные понятия и определения теории систем. Приведена классификация систем с различных точек зрения, рассмотрены ряд закономерностей и даны опре­деления и сущность понятий «системный подход», «системный анализ» и «системные исследования».

###### Терминология теории систем

###### **Определение понятия** «система». В настоящее время нет един­ства в определении понятия «система». В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что система - это элементы и связи (отношения) между ними. Например, основопо­ложник теории систем Людвиг фон Берталанфи [25] определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отноше­ниях друг с другом и со средой. А. Холл [12] определяет систему как множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками. Ведутся дискуссии, какой термин- «от­ношение» или «связь» - лучше употреблять.

###### Позднее в определениях системы появляется понятие цели. Так, в «Философском словаре» система определяется как «сово­купность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой определенным образом и образующих некоторое целост­ное единство».

###### В последнее время в определение понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя, хотя впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики У. Р. Эшби [27].

###### М. Масарович и Я. Такахара в книге «Общая теория систем» считают, что система - «формальная взаимосвязь между на­блюдаемыми признаками и свойствами».

###### Таким образом, в зависимости от количества учитываемых факторов и степени абстрактности определение понятия «систе­ма» можно представить в следующей символьной форме. Каждое определение обозначим буквой *D* (от лат. definitions) и поряд­ковым номером, совпадающим с количеством учитываемых в определении факторов.

###### *D1.* Система есть нечто целое:

###### *S=A*(1, 0).

###### Это определение выражает факт существования и целост­ность. Двоичное суждение *А*(1,0) отображает наличие или отсут­ствие этих качеств.

###### *D2.* Система есть организованное множество (Темников Ф. Е. [23]):

###### *S*=(орг, *M*),

###### где орг - оператор организации; *М* - множество.

###### *D3.* Система есть множество вещей, свойств и отношений (Уемов А. И. [24]):

###### *S=({m}.{n}.{r]),*

###### где *m* *-* вещи, *n* - свойства, *r* - отношения.

###### *D4.* Система есть множество элементов, образующих струк­туру и обеспечивающих определенное поведение в условиях окру­жающей среды:

###### *S=(, ST, BE, Е),*

###### где ** - элементы, *ST* - структура, *BE* - поведение, *Е* - среда.

###### *D5.* Система есть множество входов, множество выходов, множество состояний, характеризуемых оператором переходов и оператором выходов:

###### *S=(X, Y, Z, H, G),*

###### где *Х -* входы, *Y* - выходы, *Z* - состояния, *Н -* оператор пе­реходов, *G -* оператор выходов. Это определение учитывает все основные компоненты, рассматриваемые в автоматике.

###### *D6.* Это шестичленное определение, как и последующие, труд­но сформулировать в словах. Оно соответствует уровню биоси­стем и учитывает генетическое (родовое) начало *GN,* условия существования *KD,* обменные явления *MB,* развитие *EV,* функци­онирование *FC* и репродукцию (воспроизведения) *RP:*

###### *S=(GN, KD, MB, EV, FC, RP).*

###### *D7.* Это определение оперирует понятиями модели *F,* связи *SC,* пересчета *R,* самообучения *FL,* самоорганизации *FO,* прово­димости связей *СО* и возбуждения моделей *JN:*

*S=(F, SC, R, FL, FO, CO, JN).*

Данное определение удобно при нейрокибернетических исследо­ваниях.

*D8.* Если определение *D5* дополнить фактором времени и фун­кциональными связями, то получим определение системы, кото­рым обычно оперируют в теории автоматического управления:

*S=(T, X, Y, Z, V, ),*

где *T -* время, *Х -* входы, *Y* - выходы, *Z* - состояния, ** - класс операторов на выходе, *V -* значения операторов на выхо­де, * -* функциональная связь в уравнении *y(t2)=[x(t1), z(t1), t2], * - функциональная связь в уравнении *z(t2)=[x(t1), z(t1), t2].*

*D9*. Для организационных систем удобно в определении систе­мы учитывать следующее:

*S=(PL, RO, RJ, EX, PR, DT, SV, RD, EF),*

где *PL -* цели и планы, *RO -* внешние ресурсы, *RJ -* внутрен­ние ресурсы, *EX -* исполнители, *PR -* процесс, *DT-* помехи, *SV -* контроль, *RD -* управление, *EF -* эффект.

Последовательность определений можно продолжить до *DN (N=9,* 10, 11, ...), в котором учитывалось бы такое количество элементов, связей и действий в реальной системе, которое необ­ходимо для решаемой задачи, для достижения поставленной цели. В качестве «рабочего» определения понятия системы в ли­тературе по теории систем часто рассматривается следующее:

*система - множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целост­ность, единство.*

Рассмотрим основные понятия, характеризующие строение и функционирование систем.

**Элемент.** Под элементом принято понимать простейшую не­делимую часть системы. Ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным и зависит от цели рассмотрения объекта как системы, от точки зрения на него или от ас­пекта его изучения. Таким образом, *элемент -* это предел члене­ния системы с точек зрения решения конкретной задачи и постав­ленной цели. Систему можно расчленить на элементы различ­ными способами в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования.

**Подсистема.** Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным расчленением на подсистемы, кото­рые представляют собой компоненты более крупные, чем элемен­ты, и в то же время более детальные, чем система в целом. Возможность деления системы на подсистемы связана с вычлене­нием совокупностей взаимосвязанных элементов, способных вы­полнять относительно независимые функции, подцели, направ­ленные на достижение общей цели системы. Названием «подси­стема» подчеркивается, что такая часть должна обладать свойст­вами системы (в частности, свойством целостности). Этим под­система отличается от простой группы элементов, для которой не сформулирована подцель и не выполняются свойства целост­ности (для такой группы используется название «компоненты»). Например, подсистемы АСУ, подсистемы пассажирского транс­порта крупного города.

**Структура.** Это понятие происходит от латинского слова stru­cture, означающего строение, расположение, порядок. *Структу­ра* отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами иих группами (компонентами, подсистемами), кото­рые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и ее основных свойств. Структура - это совокупность элементов и связей между ними. Структура может быть представлена графически, в виде теоретико-множественных описаний, матриц, графов и других языков моделирования струк­тур.

Структуру часто представляют в виде иерархии. *Иерархия* - это упорядоченность компонентов по степени важности (многоступенчатость, служебная лестница). Между уровнями иерархи­ческой структуры могут существовать взаимоотношения строго­го подчинения компонентов (узлов) нижележащего уровня одно­му из компонентов вышележащего уровня, т. е. отношения так называемого древовидного порядка. Такие иерархии называют сильными или иерархиями типа *«дерева».* Они имеют ряд особен­ностей, делающих их удобным средством представления систем управления. Однако могут быть связи и в пределах одного уров­ня иерархии. Один и тот же узел нижележащего уровня может быть одновременно подчинен нескольким узлам вышележащего уровня. Такие структуры называют *иерархическими* структурами со слабыми связями. Между уровнями иерархической структуры могут существовать и более сложные взаимоотношения, напри­мер, типа «страт», «слоев», «эшелонов», которые детально рас­смотрены в [6]. Примеры иерархических структур: энергетические системы, АСУ, государственный аппарат.

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

Связь характеризуется направлением, силой и характером (или видом). По первым двум признакам связи можно разделить на направленные и ненаправленные, сильные и слабые, а по характеру - на связи подчинения, генетические, равноправные (или безразличные), связи управления. Связи можно разделить также по месту приложения (внутренние и внешние), по направленности процессов в системе в целом или в отдельных ее подсистемах (прямые и обратные). Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Важную роль в системах играет понятие «обратной связи». Это понятие, легко иллюстрируемое на примерах технических устройств, не всегда можно применить в организационных систе­мах. Исследованию этого понятия большое внимание уделяется в кибернетике, в которой изучается возможность перенесения механизмов обратной связи, характерных для объектов одной физической природы, на объекты другой природы. Обратная связь является основой саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

**Состояние.** Понятием «состояние» обычно характеризуют мгно­венную фотографию, «срез» системы, остановку в ее развитии. Его определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойст­ва системы (например, давление, скорость, ускорение - для фи­зических систем; производительность, себестоимость продукции, прибыль - для экономических систем).

Более полно состояние можно определить, если рассмотреть элементы ** (или компоненты, функциональные блоки), определя­ющие состояние, учесть, что «входы» можно разделить на упра­вляющие *u* и возмущающие *х* (неконтролируемые) и что «выхо­ды» (выходные результаты, сигналы) зависят от **, *u* и *х,* т. е. *zt=f( ut, хt).* Тогда в зависимости от задачи состояние может быть определено как *{, u}, {, u, z}* или *{*, *х, и, z}.*

Таким образом, *состояние -* это множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени.

**Поведение.** Если система способна переходить из одного со­стояния в другое (например, *z1-z2-z3*)*,* то говорят, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неиз­вестны закономерности переходов из одного состояния в другое. Тогда говорят, что система обладает каким-то поведением и вы­ясняют его закономерности. С учетом введенных выше обозначе­ний поведение можно представить как функцию *zt=f(zt-1, xt, иt).*

**Внешняя среда.** Под внешней средой понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состо­яния вызывает изменение поведения системы.

**Модель.** Под моделью системы понимается описание систе­мы, отображающее определенную группу ее свойств. Углубление описания - детализация модели. Создание модели системы по­зволяет предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий.

**Модель функционирования** (поведения) системы - это мо­дель, предсказывающая изменение состояния системы во време­ни, например: натурные (аналоговые), электрические, машинные на ЭВМ и др.

**Равновесие** - это способность системы в отсутствие внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранить свое состояние сколь угодно долго.

**Устойчивость.** Под устойчивостью понимается способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий. Эта способность обычно присуща системам при постоянном *ut*, если только отклонения не превы­шают некоторого предела.

Состояние равновесия, в которое система способна возвра­щаться, по аналогии с техническими устройствами называют *ус­тойчивым состоянием равновесия.* Равновесие и устойчивость в экономических и организационных системах - гораздо более сложные понятия, чем в технике, и до недавнего времениимипользовались только для некоторого предварительного описа­тельного представления о системе. В последнее время появились попытки формализованного отображения этих процессов и в сложных организационных системах, помогающие выявлять па­раметры, влияющие на их протекание и взаимосвязь.

**Развитие.** Исследованию процесса развития, соотношения процессов развития и устойчивости, изучению механизмов, лежа­щих в их основе, уделяют в кибернетике и теории систем большое внимание. Понятие развития помогает объяснить сложные тер­модинамические и информационные процессы в природе и обще­стве.

**Цель.** Применение понятия «цель» и связанных с ним понятий целенаправленности, целеустремленности, целесообразности сде­рживается трудностью их однозначного толкования в конкрет­ных условиях. Это связано с тем, что процесс целеобразования и соответствующий ему процесс обоснования целей в организаци­онных системах весьма сложен и не до конца изучен. Его ис­следованию большое внимание уделяется в психологии, филосо­фии, кибернетике. В Большой Советской Энциклопедии цель определяется как «заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека». В практических применениях *цель -* это идеальное устремление, которое позволяет коллективу увидеть перспективы или реальные возможности, обеспечивающие свое­временность завершения очередного этапа на пути к идеальным устремлениям.

В настоящее время в связи с усилением программно-целевых принципов в планировании исследованию закономерностей це­леобразования и представления целей в конкретных условиях уделяется все больше внимания. Например: энергетическая про­грамма, продовольственная программа, жилищная программа, программа перехода к рыночной экономике.

Классификация систем

Системы разделяются на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбрать разные принци­пы классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками.

Системы классифицируются следующим образом:

по виду отображаемого объекта - технические, биоло­гические и др.;

по виду научного направления - математические, физи­ческие, химические и т. п.;

по виду формализованного аппарата представления системы — детерминированные и стохастические;

по типу целеустремленности - открытые и закрытые;

по сложности структуры и поведения - простые и сложные;

по степени организованности - хорошо организован­ные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы.

Рассмотрим подробно два последних вида классификации систем.

**Хорошо организованные системы.** Представить анализируемый объект или процесс в виде «хорошо организованной системы» означает определить элементы системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, т. е. определить связи между всеми компонентами и целями системы, с точки зрения которых рассматривается объект или ради достижения которых создается система. Проблемная ситуация может быть описана в виде математического выражения, связывающего цель со сред­ствами, т. е. в виде критерия эффективности, критерия функци­онирования системы, который может быть представлен сложным уравнением или системой уравнений. Решение задачи при пред­ставлении ее в виде хорошо организованной системы осуществ­ляется аналитическими методами формализованного представле­ния системы.

Примеры хорошо организованных систем: солнечная система, описывающая наиболее существенные закономерности движения планет вокруг Солнца; отображение атома в виде планетарной системы, состоящей из ядра и электронов; описание работы сложного электронного устройства с помощью системы уравне­ний, учитывающей особенности условий его работы (наличие шумов, нестабильности источников питания и т. п.).

Для отображения объекта в виде хорошо организованной системы необходимо выделять существенные и не учитывать относительно несущественные для данной цели рассмотрения компоненты: например, при рассмотрении солнечной системы не учитывать метеориты, астероиды и другие мелкие по сравнению с ранетами элементы межпланетного пространства.

Описание объекта в виде хорошо организованной системы применяется в тех случаях, когда можно предложить детермини­рованное описание и экспериментально доказать правомерность его применения, адекватность модели реальному процессу. По­пытки применить класс хорошо организованных систем для представления сложных многокомпонентных объектов или мно­гокритериальных задач плохо удаются: они требуют недопусти­мо больших затрат времени, практически нереализуемы и неадек­ватны применяемым моделям.

**Плохо организованные** **системы**. При представлении объекта в виде «плохо организованной или диффузной системы» не ста­вится задача определить все учитываемые компоненты, их свой­ства и связи между ними и целями системы. Система харак­теризуется некоторым набором макропараметров и закономер­ностями, которые находятся на основе исследования не всего объекта или класса явлений, а на основе определенной с помощью некоторых правил выборки компонентов, характеризующих исследуемый объект или процесс. На основе такого выборочного исследования получают характеристики или закономерности (статистические, экономические) и распространяют их на всю систему в целом. При этом делаются соответствующие оговорки. Например, при получении статистических закономерностей их распространяют на поведение всей системы с некоторой довери­тельной вероятностью.

Подход к отображению объектов в виде диффузных систем широко применяется при: описании систем массового обслужива­ния, определении численности штатов на предприятиях и учреж­дениях, исследовании документальных потоков информации в си­стемах управления и т. д.

**Самоорганизующиеся системы.** Отображение объекта в виде самоорганизующейся системы - это подход, позволяющий ис­следовать наименее изученные объекты и процессы. Самооргани­зующиеся системы обладают признаками диффузных систем: стохастичностью поведения, нестационарностью отдельных па­раметров и процессов. К этому добавляются такие признаки, как непредсказуемость поведения; способность адаптироваться к из­меняющимся условиям среды, изменять структуру при взаимо­действии системы со средой, сохраняя при этом свойства целост­ности; способность формировать возможные варианты поведе­ния и выбирать из них наилучший и др. Иногда этот класс разбивают на подклассы, выделяя адаптивные или самоприс­посабливающиеся системы, самовосстанавливающиеся, самовос­производящиеся и другие подклассы, соответствующие различ­ным свойствам развивающихся систем.

Примеры: биологические организации, коллективное поведение людей, организация управления на уровне предприятия, отрасли, государства в целом, т. е. в тех системах, где обязательно имеется человеческий фактор.

При применении отображения объекта в виде самоорганизу­ющейся системы задачи определения целей и выбора средств, как правило, разделяются. При этом задача выбора целей может быть, в свою очередь, описана в виде самоорганизующейся систе­мы, т. е. структура функциональной части АСУ, структура целей, плана может разбиваться так же, как и структура обеспечива­ющей части АСУ (комплекс технических средств АСУ) или ор­ганизационная структура системы управления.

Большинство примеров применения системного анализа ос­новано на представлении объектов в виде самоорганизующихся систем.

**Определение большое системы.** Существует ряд подходов к разделению систем по сложности. В частности, Г. Н. Поваровв зависимости от числа элементов, входящих в систему, выделяет четыре класса систем: малые системы (10…103 элементов), слож­ные (103…1O7 элементов), ультрасложные (107...1030 элементов), суперсистемы (1030...10200 элементов). Так как понятие элемента возникает относительно задачи и цели исследования системы, то и данное определение сложности является относительным, а не абсолютным.

Английский кибернетик С. Бир классифицирует все кибер­нетические системы на простые и сложные в зависимости от способа описания: детерминированного или теоретико-вероят­ностного. А. И. Берг определяет сложную систему как систему, которую можно описать не менее чем на двух различных мате­матических языках (например, с помощью теории дифференци­альных уравнений и алгебры Буля).

Очень часто сложными системами называют системы, кото­рые нельзя корректно описать математически, либо потому, что в системе имеется очень большое число элементов, неизвестным образом связанных друг с другом, либо неизвестна природа явлений, протекающих в системе. Все это свидетельствует об отсутствии единого определения сложности системы.

При разработке сложных систем возникают проблемы, от­носящиеся не только к свойствам их составляющих элементов и подсистем, но также к закономерностям функционирования системы в целом. При этом появляется широкий круг специфи­ческих задач, таких, как определение общей структуры системы; организация взаимодействия между элементами и подсистемами; учет влияния внешней среды; выбор оптимальных режимов функ­ционирования системы; оптимальное управление системой и др.

Чем сложнее система, тем большее внимание уделяется этим вопросам. Математической базой исследования сложных систем является теория систем. В теории систем *большой системой* *(сложной, системой большого масштаба. Large Scale Systems) называют систему, если она состоит из большого числа взаимо­связанных и взаимодействующих между собой элементов и спосо­бна выполнять сложную функцию.*

Четкой границы, отделяющей простые системы от больших, нет. Деление это условное и возникло из-за появления систем, имеющих в своем составе совокупность подсистем с наличием функциональной избыточности. Простая система может нахо­диться только в двух состояниях: состоянии работоспособности (исправном) и состоянии отказа (неисправном). При отказе эле­мента простая система либо полностью прекращает выполнение своей функции, либо продолжает ее выполнение в полном объ­еме, если отказавший элемент резервирован. Большая система при отказе отдельных элементов и даже целых подсистем не всегда теряет работоспособность, зачастую только снижаются характеристики ее эффективности. Это свойство больших систем обусловлено их функциональной избыточностью и, в свою оче­редь, затрудняет формулировку понятия «отказ» системы.

Под *большой системой* понимается совокупность материаль­ных ресурсов, средств сбора, передачи и обработки информации, людей-операторов, занятых на обслуживании этих средств, и лю­дей-руководителей, облеченных надлежащими правами и ответ­ственностью для принятия решений. Материальные ресурсы — это сырье, материалы, полуфабрикаты, денежные средства, раз­личные виды энергии, станки, оборудование, люди, занятые на выпуске продукции, и т. д. Все указанные элементы ресурсов объединены с помощью некоторой системы связей, которые по заданным правилам определяют процесс взаимодействия между элементами для достижения общей цели или группы целей.

Примеры больших систем: информационная система; пасса­жирский транспорт крупного города; производственный процесс;

система управления полетом крупного аэродрома; энергетичес­кая система и др.

**Характерные особенности больших систем.** К ним относятся**:**

большое число элементов в системе (сложность системы);

взаимосвязь и взаимодействие между элементами;

иерархичность структуры управления;

обязательное наличие человека в контуре управления, на ко­торого возлагается часть наиболее ответственных функций упра­вления.

**Сложность системы**. Пусть имеется совокупность из *п* эле­ментов. Если они изолированы, не связаны между собой, то эти *п* элементов еще не являются системой. Для изучения этой сово­купности достаточно провести не более чем *п* исследований. В общем случае в системе связь элемента *А с* элементом *Б* не эк­вивалентна связи элемента *Б с* элементом *А,* и поэтому необхо­димо рассматривать *п(п-*1) связей. Если характеризовать состояние каждой связи наличием или отсутствием в данный момент, то общее число состояний (для такого самого простого поведе­ния) системы будет равно 2n(n-1). Даже при небольших *п* для больших систем (БС) это фантастическое число. Например, пусть п= 10. Число связей n(n-1)=90. Число состояний 290=l,3\*1027. Поэтому изучение БС путем непосредственного обследования ее состояний оказывается весьма громоздким. Следовательно, необ­ходимо использовать ЭВМ и разрабатывать методы, позволяю­щие сократить число обследуемых состояний БС. Сокращение чис­ла состояний БС - первый шаг в формальном описании систем.

**Взаимосвязь и взаимодействие между элементами в БС.** Разделение системы на элементы и подсистемы может быть произведено различными способами. Элементом системы будем называть совокупность различных технических средств и людей, которые при данном исследовании рассматриваются как одно неделимое целое.

Расчленение системы на элементы - второй шаг при фор­мальном описании системы. Внутренняя структура элемента при этом не является предметом исследования. Имеют значение толь­ко свойства, определяющие его взаимодействие с другими элеме­нтами системы и оказывающие влияние на характер системы в целом.

Формально любая совокупность элементов системы вместе со связями между ними может рассматриваться как ее подсистема. Использование этого понятия оказывается особенно плодотвор­ным в тех случаях, когда в качестве подсистем фигурируют некоторые более или менее самостоятельно функционирующие части системы.

В системе управления полетом самолета можно выделить следующие подсистемы:

систему дальнего обнаружения и управления;

систему многоканальной дальней связи;

многоканальную систему слепой посадки и взлета самолета;

систему диспетчеризации;

бортовую аппаратуру самолета.

Подсистемы БС сами могут быть большими системами, кото­рые легко расчленить на соответствующие подсистемы. Так, большую систему «Городской пассажирский транспорт» по ви­дам транспорта можно расчленить на подсистемы: троллейбусы, автобусы, трамвай, метрополитен, такси. Каждая из этих подси­стем, в свою очередь, является БС. Так, таксомоторное хозяйство состоит из: сотен (тысяч) автомобилей и шоферов, нескольких автопарков, средств технического обслуживания и управления.

Выделение подсистем - третий важный шаг при формальном описании БС.

**Иерархичность структуры управления**. Управление в БС может быть централизованным и децентрализованным. *Централизованное управление* (рис. 1.1а), предполагает концент­рацию функции управления в одном центре БС. *Децентрализо­ванное -* распределение функции управления по отдельным эле­ментам БС (рис. 1.1, б). Типичные БС, встречающиеся на практи­ке, относятся, как правило, к промежуточному типу, когда сте­пень централизации находится между двумя крайними случаями:

чисто централизованным и чисто децентрализованным.

Децентрализация управления позволяет сократить объем пе­рерабатываемой информации, однако в ряде случаев это приво­дит к снижению качества управления.

Для управления с иерархичной структурой управления харак­терно наличие нескольких уровней управления (рис. 1.1, в)*.*

Примеры иерархической структуры управления: администра­тивное управление, управление в вооруженных силах, снабжение.

Обязательное наличие человека в контуре управле­ния. Поскольку в БС обязательно наличие человека, она являет­ся всегда эргатической системой. Часть функций управления вы­полняется человеком. Эта особенность БС связана с целым ря­дом факторов:

участие человека в БС требует, чтобы управление учитывало социальные, психологические, моральные и физиологические фа­кторы, которые не поддаются формализации и могут быть уч­тены в системах управления только человеком;

необходимость в ряде случаев принимать решение на основе неполной информации, учитывать неформализуемые факторы - все это должен делать человек с большим опытом, хорошо понимающий задачи, стоящие перед системой;

могут быть системы, в которых нет отношений подчинен­ности, а существуют лишь отношения взаимодействия (межгосу­дарственные отношения, отношения предприятий «по горизон­тали»).

Закономерности систем

**Целостность.** Закономерность целостности проявляется в си­стеме в возникновении новых интегративных качеств, не свойст­венных образующим ее компонентам. Чтобы глубже понять за­кономерность целостности, необходимо рассмотреть две ее сто­роны: 1) свойства системы (целого) не являются суммой свойств элементов или частей (несводимость целого к простой сумме частей); 2) свойства системы (целого) зависят от свойств элемен­тов, частей (изменение в одной части вызывает изменение во всех остальных частях и во всей системе).

Существенным проявлением закономерности целостности яв­ляются новые взаимоотношения системы как целого со средой, отличные от взаимодействия с ней отдельных элементов.

Свойство целостности связано с целью, для выполнения кото­рой предназначена система.

Весьма актуальным является оценка степени целостности си­стемы при переходе из одного состояния в другое. В связи с этим возникает двойственное отношение к закономерности целостно­сти. Ее называют физической аддитивностью, независимостью, суммативностью, обособленностью. Свойство физической адди­тивности проявляется у системы, как бы распавшейся на незави­симые элементы. Строго говоря, любая система находится всегда между крайними точками как бы условной шкалы: абсолютная целостность - абсолютная аддитивность, и рассматриваемый этап развития системы можно охарактеризовать степенью прояв­ления в ней одного или другого свойства и тенденцией к его нарастанию или уменьшению.

Для оценки этих явлений А. Холл ввел такие закономерности, как «прогрессирующая факторизация» (стремление системы к со­стоянию со все более независимыми элементами) и «прогрес­сирующая систематизация» (стремление системы к уменьшению самостоятельности элементов, т. е. к большей целостности). Су­ществуют методы введения сравнительных количественных оценок степени целостности, коэффициента использования элемен­тов в целом с точки зрения определенной цели.

**Интегративность.** Этот термин часто употребляют как сино­ним целостности. Однако им подчеркивают интерес не к внеш­ним факторам проявления целостности, а к более глубоким причинам формирования этого свойства и, главное, - к его со­хранению. Интегративными называют системообразующие, системоохраняющие факторы, важными среди которых являются неоднородность и противоречивость ее элементов.

**Коммуникативность.** Эта закономерность составляет основу определения системы, предложенного В. Н. Садовским и Э. Г, Юдиным в книге «Исследования по общей теории систем». Систе­ма образует особое единство со средой; как правило, любая исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого порядка; элементы любой исследуемой системы, в свою очередь, обычно выступают как системы более низкого порядка.

Иными словами, система не изолирована, она связана множе­ством коммуникаций со средой, которая не однородна, а пред­ставляет собой сложное образование, содержит надсистему (или даже надсистемы), задающую требования и ограничения исследу­емой системе, подсистемы и системы одного уровня с рассмат­риваемой.

**Иерархичность.** Рассмотрим иерархичность как закономер­ность построения всего мира и любой выделенной из него систе­мы. Иерархическая упорядоченность пронизывает все, начиная от атомно-молекулярного уровня и кончая человеческим обще­ством. Иерархичность как закономерность заключается в том, что закономерность целостности проявляется на каждом уровне иерархии. Благодаря этому на каждом уровне возникают новые свойства, которые не могут быть выведены как сумма свойств элементов. При этом важно, что не только объединение элемен­тов в каждом узле приводит к появлению новых свойств, кото­рых у них не было, и утрате некоторых свойств элементов, но и что каждый член иерархии приобретает новые свойства, отсут­ствующие у него в изолированном состоянии.

Таким образом, на каждом уровне иерархии происходят сложные качественные изменения, которые не всегда могут быть представлены и объяснены. Но именно благодаря этой осо­бенности рассматриваемая закономерность приводит к интерес­ным следствиям. Во-первых, с помощью иерархических пред­ставлений можно отображать системы с неопределенностью. Во-вторых, построение иерархической структуры зависит от це­ли: для многоцелевых ситуаций можно построить несколько иерархических структур, соответствующих разным условиям, и при этом в разных структурах могут принимать участие одни и те же компоненты. В-третьих, даже при одной и той же цели, если поручить формирование иерархической структуры разным исследователям, то в зависимости от их предшествующе­го опыта, квалификации и знания системы они могут получить разные иерархические структуры, т. е. по-разному разрешить качественные изменения на каждом уровне иерархии.

**Эквнфинальвостъ.** Это одна из наименее исследованных зако­номерностей. Она характеризует предельные возможности си­стем определенного класса сложности. Л. фон Берталанфи, пред­ложивший этот термин, определяет эквифинальность примените­льно к «открытой» системе как способность (в отличие от состо­яний равновесия в закрытых системах) полностью детерминиро­ванных начальными условиями систем достигать не зависящего от времени состояния (которое не зависит от ее исходных усло­вий и определяется исключительно параметрами системы). По­требность во введении этого понятия возникает начиная с неко­торого уровня сложности, например биологические системы.

В настоящее время не исследован ряд вопросов этой законо­мерности: какие именно параметры в конкретных системах обес­печивают свойство эквифинальности? как обеспечивается это свойство? как проявляется закономерность эквифинальности в организационных системах?

**Историчность.** Время является непременной характеристикой системы, поэтому каждая система исторична, и это такая же закономерность, как целостность, интегративность и др. Легко привести примеры становления, расцвета, упадка и даже смерти биологических и общественных систем, но для технических и ор­ганизационных систем определить периоды развития довольно трудно.

Основа закономерности историчности - внутренние проти­воречия между компонентами системы. Но как управлять раз­витием или хотя бы понимать приближение соответствующего периода развития системы - эти вопросы еще мало исследо­ваны.

В последнее время на необходимость учета закономерности историчности начинают обращать больше внимания. В частно­сти, в системотехнике при создании сложных технических комп­лексов требуется на стадии проектирования системы рассматри­вать не только вопросы разработки и обеспечения развития системы, но и вопрос, как и когда нужно ее уничтожить. Напри­мер, списание техники, особенно сложной - авиационной, «захо­ронение» ядерных установок и др.

**Закон необходимого разнообразия.** Его впервые сформулиро­вал У. Р. Эшби*:* чтобы создать систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным, известным разнообразием, нужно, чтобы сама система имела еще большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие. Этот закон достаточно широко применяется на практике. Он позволяет, например, получить рекомендации по совершенствованию системы управления предприятием, объединением, отраслью.

**Закономерность осуществимости и потенциальной эффективно­сти систем.** Исследования взаимосвязи сложности структуры си­стемы со сложностью ее поведения позволили получить количе­ственные выражения предельных законов для таких качеств си­стемы, как надежность, помехоустойчивость, управляемость и др. На основе этих законов оказалось возможным получение количественных оценок порогов осуществимости систем с точки зрения того или иного качества, а объединяя качества - предель­ные оценки жизнеспособности и потенциальной эффективности сложных систем.

**Закономерности ценообразования.** Исследования процесса целеобразования в сложных системах философами, психологами и кибернетиками позволили сформулировать некоторые общие зако­номерности процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях совершенствования сложных систем:

Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса). Анализ понятия «цель» позволяет сделать вывод, что, формулируя цель, нужно стремиться отразить в формулировке или в способе пред­ставления цели ее активную роль в познании и в то же время сделать ее реалистичной, направить с ее помощью деятельность на получение определенного результата. При этом формулировка цели и представление о ней зависит от стадии познания объекта и в процессе развития представления об объекте цель может переформулироваться. Коллектив, формирующий цель, должен определить, в каком смысле на данном этапе рассмотрения объекта употребляется понятие *цель,* к какой точке «условной шкалы» («идеальное устремление в будущее» - «конкретный ре­зультат деятельности») ближе принимаемая формулировка цели.

Зависимость цели от внутренних и внешних факто­ров. При анализе причин возникновения цели нужно учитывать как внешние по отношению к выделенной системе факторы (внешние потребности, мотивы, программы), так и внутренние потребности, мотивы, программы («самодвижение» целостно­сти). При этом цели могут возникать на основе противоречий как между внешними и внутренними факторами, так и между внут­ренними факторами, имевшимися ранее и вновь возникающими в находившейся в постоянном самодвижении целостности. Это очень важное отличие организационных «развивающихся», от­крытых систем от технических (замкнутых, закрытых) систем. Теория управления техническими системами оперирует понятием цели только по отношению к, внешним факторам, а в открытых, развивающихся системах цель формируется внутри системы, и внутренние факторы, влияющие на формирование целей, явля­ются такими же объективными, как и внешние.

**Возможность сведения задачи формирования общей (главной, глобальной) цели к задаче структуризации цели**. Анализ процессов формулирования глобальной цели в сложной системе показывает, что эта цель возникает в сознании руководителя или коллектива не как единичное понятие, а как некоторая, достаточно «размытая» область. На любом уровне цель возникает вначале в виде «образа» цели. При этом достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями, по-видимому, принципиально невозможно без ее детализации в виде упорядоченного или неупорядоченного набора взаимосвязанных подцелей, которые делают ее понятной и более конкретной для разных исполнителей. Таким образом, задача формулирования общей цели в сложных системах должна быть сведена к задаче структуризации цели.

Следующие закономерности являются продолжением двух первых применительно к структурам цели.

**Зависимость способа представления структуры це­лей от стадии познания объекта или процесса (про­должение первой закономерности)**. Наиболее распрост­раненным способом представления структур целей является дре­вовидная иерархическая структура. Существуют и другие спо­собы отображения: иерархия со «слабыми» связями, табличное или матричное представление, сетевая модель. Иерархическое и матричное описание - это декомпозиция цели в пространстве, сетевая модель - декомпозиция во времени. Промежуточные подцели могут формулироваться по мере достижения преды­дущей, что может использоваться как средство управления. Перспективным представляется развертывание иерархических структур во времени, т.е. сочетание декомпозиции цели в про­странстве и во времени.

**Проявление в структуре целей закономерности це­лостности**. В иерархической структуре целей, как и в любой иерархической структуре, закономерность целостности проявля­ется на каждом уровне иерархии. Применительно к структуре целей это означает, что достижение целей вышележащего уровня не может быть полностью обеспечено достижением подцелей, хотя и зависит от них, и что потребности, мотивы, программы, влияющие на формирование целей, нужно исследовать на каж­дом уровне иерархии.

Системный подход и системный анализ

Применения системных представлений для анализа сложных объектов и процессов рассматривают системные направления, включающие в себя: системный подход, системные исследования, системный анализ (системологию, системотехнику и т. п.). За исключением системотехники, область которой ограничена тех­ническими системами, все другие термины часто употребляются как синонимы. Однако в последнее время системные направления начали применять в более точном смысле.

**Системный подход.** Этот термин начал применяться в первых работах, в которых элементы общей теории систем использова­лись для практических приложений. Используя этот термин, под­черкивали необходимость исследования объекта с разных сторон, комплексно, в отличие от ранее принятого разделения исследова­ний на физические, химические и др. Оказалось, что с помощью многоаспектных исследований можно получить более правиль­ное представление о реальных объектах, выявить их новые свой­ства, лучше определить взаимоотношения объекта с внешней средой, другими объектами. Заимствованные при этом понятия теории систем вводились не строго, не исследовался вопрос, каким классом систем лучше отобразить объект, какие свойства и закономерности этого класса следует учитывать при конкрет­ных исследованиях и т. п. Иными словами, термин «системный подход» практически использовался вместо терминов «комплекс­ный подход», «комплексные исследования».

**Системные исследования.** В работах под этим названием поня­тия теории систем используются более конструктивно: определя­ется класс систем, вводится понятие структуры, а иногда и пра­вила ее формирования и т. п. Это был следующий шаг в систем­ных направлениях. В поисках конструктивных рекомендаций по­явились системные направления с разными названиями: системо­техника, системология и др. Для их обобщения стал применяться термин «системные исследования». Часто в работах использовал­ся аппарат исследования операций, который к тому времени был больше развит, чем методы конкретных системных исследова­ний.

**Системный анализ.** В настоящее время системный анализ яв­ляется наиболее конструктивным направлением. Этот термин применяется неоднозначно. В одних источниках он определяется как «приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием» [5]. В других - как синоним тер­мина «анализ систем» (Э. Квейд) или термина «системные ис­следования» (С. Янг). Однако независимо от того, применяется он только к определению структуры целей системы, к планирова­нию или к исследованию системы в целом, включая и функци­ональную и обеспечивающую части, работы по системному ана­лизу существенно отличаются от рассмотренных выше тем, что в них всегда предлагается методология проведения исследований, делается попытка выделить этапы исследования и предложить методику выполнения этих этапов в конкретных условиях. В этих работах всегда уделяется особое внимание определению целей системы, вопросам формализации представления целей. Некоторые авторы даже подчеркивают это в определении: системный анализ - это методология исследования целенаправленных си­стем (Д. Киланд, В. Кинг).

Термин «системный анализ» впервые появился в связи с зада­чами военного управления в исследованиях RAND Corporation (1948), а в отечественной литературе получил широкое распрост­ранение после выхода в 1969 г. книги С. Оптнера «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем».

В начале работы по системному анализу в большинстве случа­ев базировались на идеях теории оптимизации и исследования операций. При этом особое внимание уделялось стремлению в той или иной форме получить выражение, связывающее цель со средствами, аналогичное критерию функционирования или пока­зателю эффективности, т, е. отобразить объект в виде хорошо организованной системы.

Так, например, в ранних руководящих материалах по раз­работке автоматизированных систем управления (АСУ) рекомен­довалось цели представлять в виде набора задач и составлять матрицы, связывающие задачи с методами и средствами до­стижения. Правда, при практическом применении этого подхода довольно быстро выяснялась его недостаточность, и исследова­тели стали прежде всего обращать внимание на необходимость построения моделей, не просто фиксирующих цели, компоненты и связи между ними, а позволяющих накапливать информацию, вводить новые компоненты, выявлять новые связи и т. д., т. е. отображать объект в виде развивающейся системы, не всегда предлагая, как это делать.

Позднее системный анализ начинают определять как «процесс последовательного разбиения изучаемого процесса на подпроцессы» (С. Янг) и основное внимание уделяют поиску приемов, позволяющих организовать решение сложной проблемы путем расчленения ее на подпроблемы и этапы, для которых становится возможным подобрать методы исследования и исполнителей. В большинстве работ стремились представить многоступенчатое расчленение в виде иерархических структур типа «дерева», но в ряде случаев разрабатывались методики получения вариантов структур, определяемых временными последовательностями функций.

В настоящее время системный анализ развивается примени­тельно к проблемам планирования и управления, и в связи с уси­лением внимания к программно-целевым принципам в планиро­вании этот термин стал практически неотделим от терминов «целеобразование» и «программно-целевое планирование и упра­вление». В работах этого периода системы анализируются как целое, рассматривается роль процессов целеобразования в раз­витии целого, роль человека. При этом оказалось, что в систем­ном анализе не хватает средств: развиты в основном средства расчленения на части, но почти нет рекомендаций, как при рас­членении не утратить целое. Поэтому наблюдается усиление внимания к роли неформализованных методов при проведении системного анализа. Вопросы сочетания и взаимодействия фор­мальных и неформальных методов при проведении системного анализа не решены. Но развитие этого научного направления идет по путиих решения.

Теория БС с точки зрения системного анализа проблемы включает три основных научных направления:

кибернетику как науку об управлении, включающую анализ информационных процессов в системах с управлением;

исследование операций как науку, дающую количественное обоснование степени соответствия управления целевому назначе­нию системы;

экономические исследования (технико-экономические, военно-экономические исследования), дающие возможность анализиро­вать процесс функционирования основных средств системы.

Следовательно, *предметом теории систем применительно к большим организационным системам является круг проблем. связанных с анализом целенаправленной деятельности коллекти­вов людей, функционирования техники, которой управляют люди, и техники с силами природы.*