

Тема 2

Системы, их строение и функционирование

Первые определения системы

Изучение систем и системных свойств началось в процессе создания сложных технических систем человеком. Основным моментом при этом являлась достижение системой определенной цели, для которой эта система создавалась. Достичь поставленной цели не удавалось при имеющихся возможностях или внешних ограничениях.

Осознание потребности является первым моментом создания системы, за которым следует выявление проблемы и, наконец, формулировка цели. Вся дальнейшая деятельность по созданию системы будет подчинена этой цели.

И первое определение системы было таким:

Система есть средство достижения цели.

Система есть средство достижения цели

Приведем несколько примеров соответствия цели и созданных систем достижения этой цели.

1. Указание текущего времени в произвольный момент - часы
2. Передача звуковой и зрительной информации на расстояние - телевидение
3. Перемещение населения внутри большого города - метро

Существует образное выражение, концентрирующее первое определение:
система есть тень цели на объекте.

Второе определение системы

Модель «черного ящика»

Для более определенной и точной характеристики системы необходимо иметь ее модель, преобразуя имеющиеся сведения так, чтобы вычлнить существенные ее стороны, такие как взаимосвязи, соподчиненность и т.д.

Большую роль сыграло представление системы как черного ящика с определенными функциями на входе и выходе.

Эта максимально простая модель подчеркивает два системных свойства: целостность и обособленность от среды.



Модель «черного ящика»

Модель "черного ящика" используется в тех случаях, когда внутреннее устройство системы недоступно или не представляет интереса, но важно описать ее внешние взаимодействия.

Например, в любой инструкции по использованию бытовой техники (телевизор, магнитофон, стиральная машина и пр.) дается описание работы с ней на уровне входов и выходов: как включить, как регулировать работу, что получим на выходе. Такого представления может быть вполне достаточно для пользователя данной техникой, но не достаточно для специалиста по ее ремонту.

Недостатком модели черного ящика является отсутствие внимания к внутренней структуре системы, недооценка синергетических явлений.

Третье определение системы

Система есть совокупность элементов, объединенных общей функциональной средой и целью функционирования.

Иногда применяется также термин «белый ящик» для подчеркивания выделения всех элементов системы и связей как внутри нее, так и с окружающей средой.

Третье определение системы

Функциональная среда системы — характерная для системы совокупность законов, алгоритмов и параметров, по которым осуществляется взаимодействие (обмен) между элементами системы и функционирование (развитие) системы в целом.

Элемент системы — условно неделимая, самостоятельно функционирующая часть системы.

Однако ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным. Например, 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.

Поэтому примем следующее определение: **элемент** - это предел деления системы с точки зрения решения конкретной задачи, достижения поставленной цели.

Третье определение системы

Компоненты и подсистемы.

Понятие **подсистема** подразумевает, что выделяется относительно независимая часть системы, обладающая свойствами системы, и в частности имеющая подцель, на достижение которой ориентирована подсистема, а также другие свойства - целостности, коммуникативности и т. п., определяемые закономерностями систем.

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

Третье определение системы

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.

Связи можно охарактеризовать направлением, силой, характером (или видом).

По *первому признаку* связи делят на направленные и ненаправленные.

По *второму* - на сильные и слабые.

По *характеру (виду)* различают связи взаимодействия (кооперативные и конфликтные), порождения (или генетические), преобразования, строения, функционирования, развития, управления.

Третье определение системы

Структура системы — совокупность связей, по которым обеспечивается энерго-, массо- и информационный обмен между элементами системы, определяющая функционирование системы в целом и способы ее взаимодействия с внешней средой.

Часто структуру системы оформляют в виде графа. При этом элементы являются вершинами графа, а ребра обозначают связи.

Если выделены направления связей, то граф является ориентированным. В противном случае - граф неориентированный.

Цель - заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека.

Третье определение системы

Символически это определение системы представим следующим образом:

$$S \equiv \langle A, R, Z \rangle,$$

где A – элементы;

R – отношения между
элементами;

Z — цель.

Развитие определения системы

В некоторых определениях уточняются условия целеобразования — среда SR, интервал времени DT, т. е. период, в рамках которого будет существовать система и ее цели, что сделано, например, в определении Валерия Николаевича Сагатовского:

Система - «конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала»

$S \equiv \langle A, R, Z, SR, DT \rangle.$

Развитие определения системы

Особую сенсацию в свое время вызвал тот факт, что в определение системы начинали включать, наряду с элементами, связями и целями, наблюдателя N, т. е. лицо, представляющее объект или процесс в виде системы при их исследовании или принятии решения.

Первое определение, в которое в явном виде включен наблюдатель, дал Юрий Ильич Черняк: **«Система есть отражение в сознании субъекта (исследователя, наблюдателя) свойств объектов и их отношений в решении задачи исследования, познания»:**

$S \equiv \langle A, R, Z, N \rangle$.

В последующих вариантах этого определения Ю.И.Черняк стал учитывать и язык наблюдателя LN, начиная с этого определение:

«Система есть отображение на языке наблюдателя (исследователя, конструктора) объектов, отношений и их свойств в решении задачи исследования, познания»:

$S \equiv \langle A, R, Z, N, LN \rangle$.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы

Процессы, происходящие в сложных системах, как правило, сразу не удастся представить в виде математических соотношений или хотя бы алгоритмов.

Поэтому для того, чтобы хоть как-то охарактеризовать стабильную ситуацию или ее изменения, используют специальные термины, заимствованные теорией систем из теории автоматического регулирования, биологии, философии.

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 (давление, скорость, ускорение).

Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает поведением.

Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности (правила) перехода из одного состояния в другое. Тогда говорят, что система обладает каким-то поведением и выясняют его характер, алгоритм.

Равновесие. Понятие равновесие определяют как способность системы в отсутствие внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять свое состояние сколь угодно долго.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы

Устойчивость. Под устойчивостью понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних (или в системах с активными элементами - внутренних) возмущающих воздействий.

Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют **устойчивым** состоянием равновесия.

Возврат в это состояние может сопровождаться колебательным процессом. Соответственно в сложных системах возможны неустойчивые состояния равновесия.

Классификация систем

ПРИЗНАК	ВИДЫ СИСТЕМ
1. Природа объекта	Естественные Искусственные - реальные - абстрактные
2. Характер взаимоотношений со средой	Открытые (непрерывный обмен) Закрытые (слабая связь)
3. Причинная обусловленность	Детерминированные Вероятностные
4. Характер элементов	экономические, социальные, технические, политические, биологические

Классификация систем

ПРИЗНАК	ВИДЫ СИСТЕМ
5. Степень организованности	Хорошо организованные Плохо организованные Самоорганизующиеся
6. По отношению к времени	Статические Динамические
7. По степени сложности	Малые и Большие Простые и Сложные
8. По однородности элементов	Гомогенные Гетерогенные

Большие и сложные системы

Большие системы – те, моделирование которых затруднено вследствие их размерности, а *сложные* системы – те, для моделирования которых недостаточно информации.

Иногда выделяют еще «*Очень сложные системы*», для моделирования которых человечество не обладает нужной информацией. Это мозг, вселенная, социум.

При моделировании больших систем применяют метод декомпозиции, в котором снижение размерности осуществляется путем разбиения на подсистемы.

При моделировании сложных систем применяют специальные методы снижения неопределенности.

Классификация систем по С. Виру (англ. кибернетик)

По способу описания	По уровню сложности		
	Простые	Сложные	Очень сложные
Детерминированные	«Оконная задвижка» Проект механических мастерских	ЭВМ Автоматизация	— —
Вероятностные	«Движение медузы» Систематический контроль качества продукции	Хранение запасов Условные рефлексy Прибыль промышленного предприятия	Экономика Мозг Фирма

Гомогенные и гетерогенные системы

Гомогенные системы состоят из достаточно однородных относительно слабо связанных между собою элементов.

Классическим примером подобных систем является газ, заключенный в некоторую емкость. Молекулы этого объема газа, сталкиваясь друг с другом и с границей емкости, создают определенное давление при определенной температуре. Рассматриваемый объем газа «ведет себя» при этом как единое целое.

Гетерогенные системы состоят из разнородных компонентов.

Гетерогенными детерминированными системами являются практически все технические системы. Гетерогенными, однако, не столь однозначно детерминированными, являются и человеко-машинные системы. Именно изучение гетерогенных, и, прежде всего человеко-машинных, систем стало стимулом для развития системного подхода.