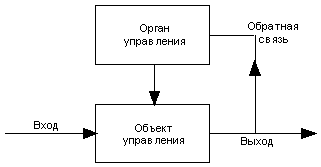
# Основные понятия, характеризующие строение и функционирование систем

1. **Элемент.** Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. Систему можно разделить на элементы различными способами в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования. Элемент всегда является частью системы и вне ее не представляет смысла.
2. **Подсистема** – часть системы с некоторыми связями и отношениями. Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным разделением на подсистемы, которые представляют собой компоненты более крупные, чем элементы, и в то же время более детальные, чем система в целом. 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").
3. **Структура –** отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их 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.
4. **Связь –** 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, наследования, 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). Прямые связи предназначены для заданной функциональной передачи вещества, энергии, информации или их комбинаций — от одного элемента к другому в направлении основного процесса.

Обратные связи, в основном, выполняют осведомляющие функции, отражая изменение состояния системы в результате управляющего воздействия на нее.

Процессы управления, адаптации, саморегулирования, самоорганизации, развития невозможны без использования обратных связей.



**Рис. 1.** Пример обратной связи

С помощью обратной связи сигнал (информация) с выхода системы (объекта управления) передается в орган управления. Здесь этот сигнал, содержащий информации о работе, выполненной объектом управления, сравнивается с сигналом, задающим содержание и объем работы (например, план). В случае возникновения рассогласования между фактическим и плановым состоянием работы принимаются меры по его устранению.

Основными функциями обратной связи являются:

* противодействие тому, что делает сама система, когда она выходит за установленные пределы (например, реагирование на снижение качества);
* компенсация возмущений и поддержание состояния устойчивого равновесия системы (например, неполадки в работе оборудования);
* синтезирование внешних и внутренних возмущений, стремящихся вывести систему из состояния устойчивого равновесия, сведение этих возмущений к отклонениям одной или нескольких управляемых величин (например, выработка управляющих команд на одновременное появление нового конкурента и снижение качества выпускаемой продукции);
* выработка управляющих воздействий на объект управления по плохо формализуемому закону. Например, установление более высокой цены на энергоносители вызывает в деятельности различных организаций сложные изменения, меняют конечные результаты их функционирования, требуют внесения изменений в производственно-хозяйственный процесс путем воздействий, которые невозможно описать с помощью аналитических выражений.

Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

1. **Входы и выходы** – материальные или информационные потоки входящие и выходящие из системы. Система осуществляет свою связь со средой следующим образом. Вход данной системы является в то же время выходом предшествующей, а выход данной системы — входом последующей. Таким образом, вход и выход располагаются на границе системы и выполняют одновременно функции входа и выхода предшествую­щих и последующих систем.
2. **Состояние** – мгновенный "срез" системы, остановку в ее развитии. Его определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойства системы. Таким образом, состояние – это множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени.
3. **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. Поведение каждой системы объясняется структурой систем низшего порядка, из которых состоит данная система, и наличием признаков равновесия (*гомеостаза*). В соответствии с признаком равновесия система имеет определенное состояние (состояния), которое являются для нее предпочтительным. Поэтому поведение систем описывается в терминах восстановления этих состояний, когда они нарушаются в результате изменения окружающей среды.
4. **Внешняя среда**. Под внешней средой понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение поведения системы.
5. **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.
6. **Модель функционирования (поведения) системы** – это модель, предсказывающая изменение состояния системы во времени, например: натурные (аналоговые), электрические, машинные на ЭВМ и др.
7. **Равновесие** – это способность системы в отсутствие внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранить свое состояние сколь угодно долго.
8. **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 и„ если только отклонения не превышают некоторого предела. Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, по аналогии с техническими устройствами называют устойчивым состоянием равновесия.
9. Под развитием обычно понимают: увеличение сложности какой-либо системы, улучшение приспособленности к **внешним условиям**. В результате возникает новое качество или состояние объекта.
10. **Цель** – образ несуществующего, но желаемого, с точки зрения задачи или рассматриваемой проблемы, состояния среды, т.е. такого состояния, которое позволяет решать проблему при данных ресурсах. Это описание, представление некоторого наиболее предпочтительного (с точки зрения поставленной цели и доступных ресурсов) состояния системы.

**Задание №1. Сформулируйте основные цели системы.**

# Модели систем

## Модель «черного ящика»

В определении системы, приведенном в предыдущем пункте, сделан акцент на назначении системы, а об ее устройстве говорится лишь косвенно. Перейдем от первого определения системы к его визуальному эквиваленту.

Во-первых, данное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы. Поэтому изобразим ее в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды. Эта модель отражает два важных свойства системы – целостность и обособленность от среды.

Во-вторых, в определении системы косвенно говорится о том, что хотя «ящик» и обособлен, выделен из среды, но не является полностью от нее изолированным. Иначе говоря, система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду. Изобразим эти связи в виде стрелок, направленных от системы в среду, которые называются выходами системы.

В-третьих, в определении имеется указание на то, что система является средством, поэтому должны существовать и возможности ее использования, воздействия на нее. Это связи другого типа, их можно изобразить в виде стрелок, направленных от среды в систему. Они называются входами системы.

В результате мы построили модель системы, которая получила название черного ящика (рис. 2).

Входы

Выходы

Среда

Окружающая

…

…

**Рис. 2.** Модель «черного ящика»

Название «черный ящик» образно подчеркивает полное отсутствие сведений о внутреннем содержании системы. В этой модели задаются только входные и выходные связи системы со средой. Простота данной модели – перечисление лишь входов и выходов системы обманчива. Как только это потребуется для конкретной реальной системы, мы сталкиваемся с трудностями. Проиллюстрируем это на примере.

***Пример 1.*** *Опишем выходы системы «наручные часы». Учитывая, что выходы соответствуют конкретизации цели, фиксируем в качестве выхода показание времени в произвольный момент. Затем принимаем во внимание, что сформулированная таким образом цель относится ко всем часам, а не только к нашим. Чтобы различить их, вносим следующее добавление (выход): удобство ношения часов на запястье; тогда появляется обязательность ремешка или браслета, а с ним и еще один выход: удовлетворение требований санитарии и гигиены, так как не любое крепление часов на руке допустимо с этой точки зрения.*

Далее, представив себе условия эксплуатации часов, можно добавить достаточную в бытовых условиях прочность; пылевлагонепроницаемость.

Затем, расширив понятие «условия эксплуатации часов», добавим еще два выхода: достаточную для бытовых нужд точность; легкость прочтения показаний часов при беглом взгляде на циферблат.

Можно еще более расширить круг учитываемых требований к часам, что позволит добавить несколько выходов: соответствие моде и понятию красоты; соответствие цены часов покупательной способности потребителя. Очевидно, что список желаемых, то есть включаемых в модель выходов можно продолжить. Например, можно потребовать, чтобы имелась возможность прочтения показаний часов в полной темноте, и реализация этого выхода приведет к существенному изменению конструкции часов. А ведь еще не говорилось о габаритах, весе, многих других физических, химических, экономических и социальных аспектах использования наручных часов.

Рассмотренный пример свидетельствует, что построение модели «черного ящика» не является тривиальной задачей.

Главной причиной множественности входов и выходов в модели «черного ящика» является то, что всякая реальная система взаимодействует с объектами окружающей среды неограниченным числом способов. Всегда существует опасность неполноты составления перечня входов и выходов как вследствие того, что важные из них могут быть сочтены несущественными, так и в силу неизвестности некоторых из них на момент построения модели.

**Задание №2. Опишите входы и выходы Системы основывая на целях, которые Вы описаны в предыдущем задании.**

## Модель состава системы

Очевидно, что вопросы, касающиеся внутреннего устройства системы, невозможно решить только с помощью модели «черного ящика». Для этого необходимы более развитые, более детальные модели.

При рассмотрении любой системы, прежде всего, обнаруживается то, что ее целостность и обособленность, отображенные в модели «черного ящика», выступают как внешние свойства. Внутренность же «ящика» оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть в свою очередь разбиты на составные части и т.д., те части системы, которые рассматриваются как неделимые, будут называться элементами. Части системы, состоящие более чем из одного элемента, называются подсистемами. В результате получается модель состава системы, описывающая, из каких подсистем и элементов она состоит (рис. 3).

система

подсистема

подподсистема

подсистема

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

элемент

**Рис. 3.** Модель состава системы

Рассмотрим упрощенные примеры моделей состава системы для некоторых систем (табл. 1).

**Таблица 1.** Примеры моделей состава системы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Система*** | ***Подсистемы*** | ***Элементы*** |
| Система спутникового телевидения | Подсистема передачи | Центральная телестудия  Антенно-передающий центр |
| Канал связи | Среда распространения радиоволн  Спутники-ретрансляторы |
| Приемная подсистема | Местные телецентры  Телевизоры потребителей |
| Семья | Члены семьи | Муж  Жена  Предки  Потомки  Другие родственники |
| Имущество семьи | Общее жилье и хозяйство  Личная собственность членов семьи |
| Отопительная система жилого дома | Источники тепла | Котельная или отвод от центральной теплотрассы |
| Подсистема распределения и доставки тепла | Трубы  Калориферы  Вентили |
| Подсистема эксплуатации | Службы эксплуатации и ремонта  Персонал |

Модель состава системы отображает, из каких частей (подсистем и элементов) состоит система. Главная трудность в построении модели состава заключается в том, что разделение целостной системы на части является относительным, условным, зависящим от целей моделирования (это относится не только к границам между частями системы, но и к границам самой системы). Кроме того, относительным является и определение самой малой части – элемента.

**Задание №3. Опишите составные части Вашей Системы как с организационной, так и с функциональной стороны.**

## Модель структуры системы

Для достижения многих практических целей достаточно модели «черного ящика» или модели состава. Однако, очевидно, есть вопросы, решить которые с помощью этих моделей нельзя. Например, чтобы получить велосипед, недостаточно иметь «ящик» со всеми отдельными его деталями. Необходимо еще правильно соединить все детали между собой, то есть установить между элементами определенные связи – отношения. Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется структурой системы.

***Пример 1.2.*** *Рассмотрим систему «часы вообще». Считаем, что в состав такой системы входят три элемента: датчик, индикатор и эталон времени. Структура часов определяется следующими отношениями между парами элементов (табл. 2).*

**Таблица 2.** Взаимосвязи между структурными элементами системы – часы

|  |  |
| --- | --- |
| ***Пара элементов*** | ***Связь между ними*** |
| Датчик и индикатор | Однозначное соответствие |
| Эталон и датчик | Приблизительное соответствие |
| Индикатор и эталон | Периодическое сравнение и устранение расхождения |

Отношения между элементами могут быть самыми разнообразными. Однако можно попытаться их классифицировать и по возможности перечислить. Трудность состоит в том, что мы знаем не все реально существующие отношения и вообще неизвестно, является ли конечным их число. Говоря, что свойства какого-то объекта можно использовать в системе, мы имеем в виду установление некоторых отношений между данным объектом и другими частями системы, то есть включение этих отношений в структуру системы.

Модель структуры системы отображает связи между компонентами модели ее состава, то есть совокупность связанных между собой моделей «черного ящика» для каждой из частей системы. Поэтому трудности построения модели структуры те же, что и для построения модели «черного ящика».

**Задание №4. Опишите структурные взаимодействия между элементами описанными в предыдущем задании (взаимодействия в организационной и функциональной структурах).**

## Динамические модели систем

Выше были построены модели, которые являются как бы «фотографиями» системы, отображают ее в некоторый момент времени. В этом смысле их можно назвать ***статическими моделями***.

Системы, в которых происходят какие бы то ни было изменения, называют ***динамическими***, а модели, отображающие эти изменения, − ***динамическими моделями*** систем.

Различают два типа динамики системы: ее функционирование и развитие. Под ***функционированием*** подразумевают процессы, которые происходят в системе (и окружающей ее среде), стабильно реализующей фиксированную цель. ***Развитием*** называют то, что происходит с системой при изменении ее целей. Характерной чертой развития является тот факт, что существующая структура перестает соответствовать новой цели, и для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы.

Типы динамических моделей такие же, как и рассмотренные выше статических моделей, только их элементы имеют временный характер. В табл. 3 приведены описания динамических моделей.

**Таблица 3.** Типы основных моделей для динамического варианта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Модель «черного ящика»*** | ***Модель состава*** | ***Модель структуры*** |
| Вход: начальное состояние  Выход: конечное (желаемое состояние) | Перечень действий, необходимых для перевода начального состояния в конечное | Последовательность действий и продолжительность каждого действия |
| Структурная схема системы | | |
| Сетевой график всего процесса | | |

С помощью динамических моделей осуществляется отображение процессов, происходящих в системе и в окружающей среде. Всякая реальная динамическая система подчинена принципу причинности: отклик (выходной сигнал) не может появиться раньше входного воздействия. Условия, при которых модель отражает этот принцип, называются условиями физической реализуемости модели.