

ФГБОУ ВПО

«Нижегородский государственный технический  
университет им. Р.Е. Алексеева»

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

# Предмет и задачи курса «Моделирование систем»

Основная цель курса «Моделирование систем» - это формирование практических навыков моделирования организационно-технических систем и процессов их функционирования и развития.

Этот курс занимает особое место в подготовке бакалавров по направлению 220100 «Системный анализ и управление». В этом курсе рассматриваются наиболее общие и практически значимые методы анализа систем. Они применимы при исследовании всех аспектов деятельности организаций независимо от рода их производственной деятельности. Учитывая все возрастающее значение информационных систем в управлении предприятиями и организациями, значение технологии системного моделирования все время возрастает. Овладение технологией системного моделирования само по себе важно т.к. представляет основу профессии системный аналитик, потребность в которых очень высока на рынке труда.

# Основные понятия, термины и определения курса «Моделирование систем»

Курс опирается на два центральных понятия системного анализа: **система и модель**. Эти понятия являются довольно сложными и будут рассмотрены в объеме, необходимом для понимания основных принципов технологии системного анализа и моделирования.

Система это часть объектов мира, которые рассматриваются как целое. Модель системы это описание системы на основе определенных правил.

Основное внимание в курсе будет обращено на технологии моделирования систем. В курсе будут рассматриваться две группы таких технологий.

- технологии описания работ (действий), которые происходят в системе (эта группа технологий называется функциональным моделированием системы);
- технологии описания информационных объектов используемых в системе (такие технологии называются информационным моделированием систем).

# Основные понятия, термины и определения курса «Моделирование систем»

Любая инженерная деятельность носит целенаправленный характер. Как правило, инженерная цель редко достижима только за счет собственных возможностей или внешних средств имеющихся у инженера в данный момент. Такое стечение обстоятельств называется проблемной ситуацией. Решение проблемы достигается последовательностью действий направленных на отбор из окружающей среды объектов, свойства которых можно использовать для достижения цели, и на объединение этих объектов надлежащим образом. Другими словами инженер осуществляет работу по созданию средств достижения цели. Это формирует первое определение системы.

## Система – это средство достижения цели

Примеры систем предназначенных для реализации определенных целей

Цель	Система
В произвольный момент указывать время	часы
Передать зрительную информацию в звуковом сопровождении на большие расстояния практически мгновенно.	Телевидение
Обеспечить быстрое перемещение большого числа людей по их желанию в пределах города	Городской транспорт

# Основные понятия, термины и определения курса «Моделирование систем»

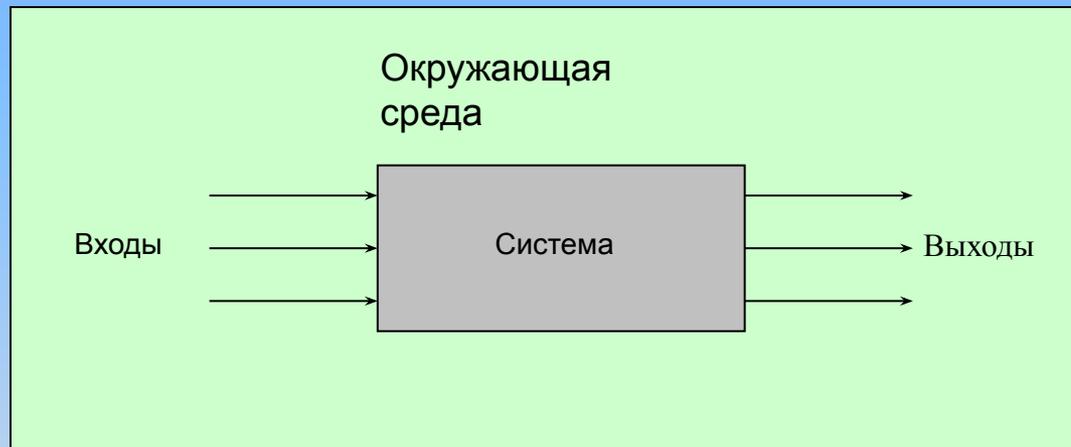
Понятие системы, используемое в системном анализе целесообразно применять только к искусственным системам, которые рассматриваются как результат деятельности человека.

Создание новой системы или корректировка существующей системы проходит несколько стадий и всегда начинается с осознания потребности, необходимости и возможности создания новой системы или внесения существенных изменений в существующую систему. На втором этапе потребность анализируется, что позволяет выявить проблему, подвергнуть ее обсуждению и поиску способа ее разрешения. Третий этап характеризуется окончательным выбором образа системы т.е. того что она из себя будет представлять. Этот образ несуществующей системы и называется **целью создания системы**.

**Момент постановки целей (формулировки технического задания) является одним из важнейших этапов создания систем.**

# Модель системы «Черный ящик»

Первое определение системы подчеркивает ее целевую принадлежность, но не говорит о ее внутреннем устройстве. Поэтому систему можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды. Такая модель отражает важное свойство системы: **целостность и обособленность от среды.**



Несмотря на то, что система (ящик) обособлена и выделена из среды, она не является полностью от нее изолированной, так как ее цель – это заранее запланированные изменения в окружающей среде. Другими словами система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на нее. Эти связи изображаются в виде стрелок направленных от системы в среду, и называются **выходами системы.**

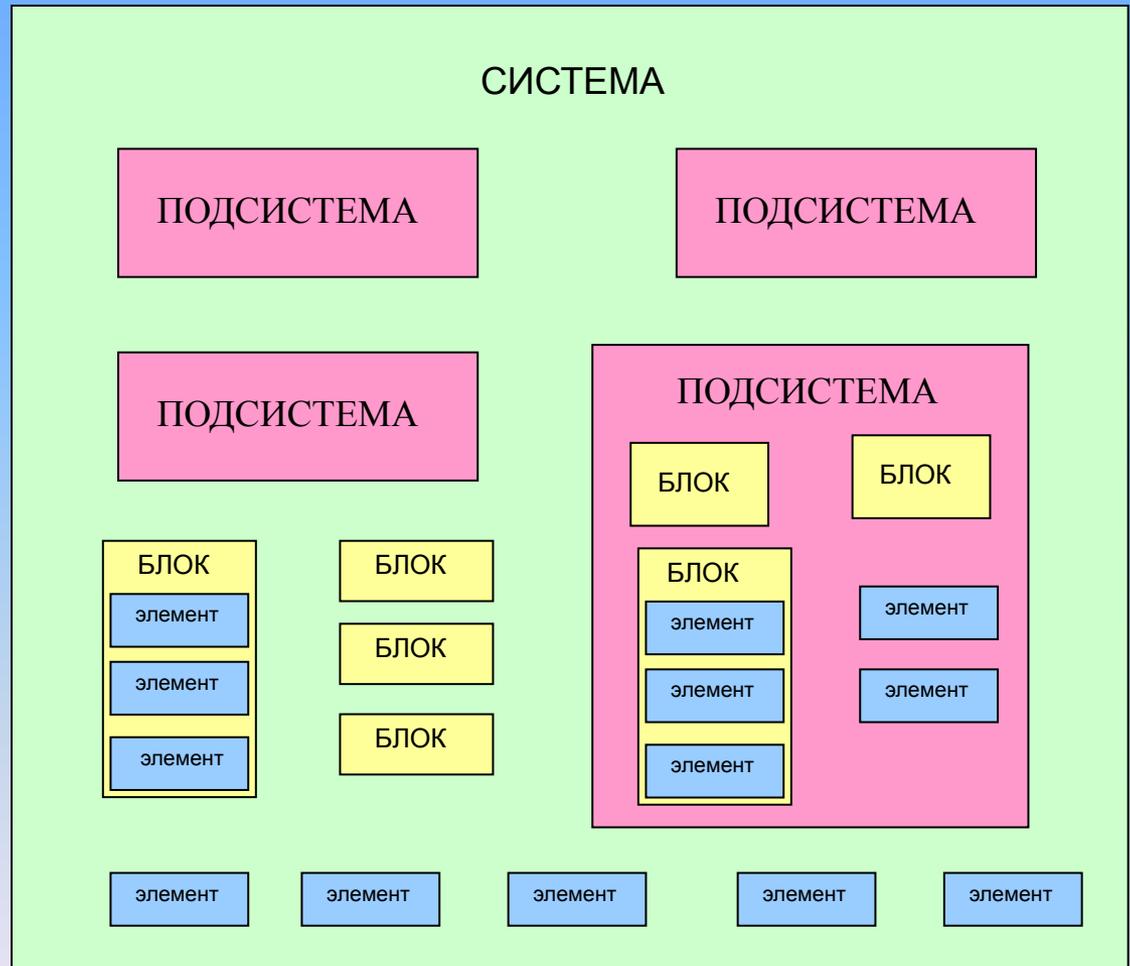
Так как система является средством достижения цели, должны существовать возможности передачи ей исходных данных (информации, программы, материала, заготовок, энергетических и топливных ресурсов), а также возможности управления системой. Такие связи изображаются в виде стрелок направленных от среды в систему и называются **входами системы.**

# Модель системы «Черный ящик»

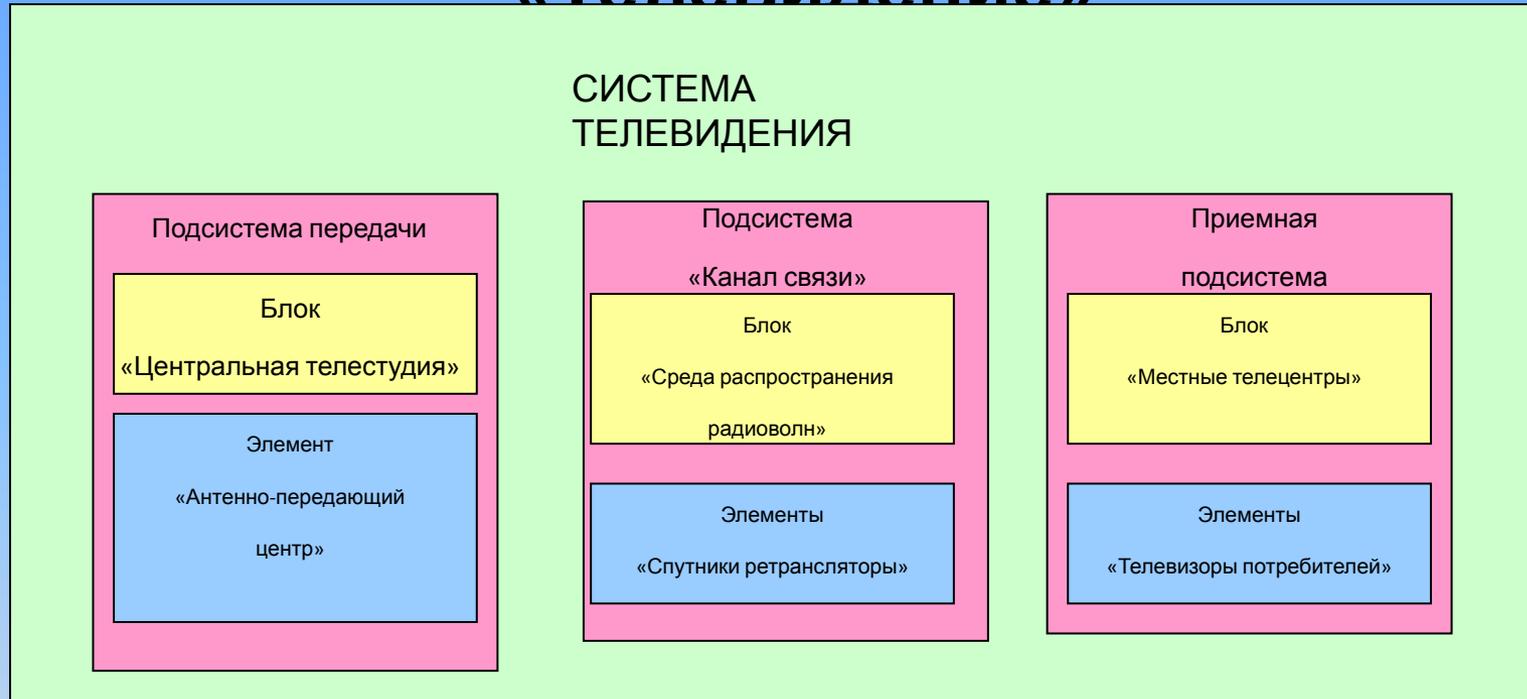
*В ряде случаев, модель «черного ящика» является единственно применимой при изучении систем.* Например, при изучении психики человека или влияния лекарства на живой организм. Также применение модели «черного ящика» обусловлено отсутствием знаний о внутреннем устройстве системы. Например, не зная «устройства» электрона, мы знаем как он взаимодействует с электрическими, магнитными и гравитационными полями. Это есть описание электрона на уровне модели «черного ящика».

# Модель состава системы

Данная модель системы создается на основе анализа внутреннего устройства системы и выделения относительно независимых ее частей. Анализ этих частей также позволяет разбить их на составные части. Процесс разбиения системы на составные части называется декомпозицией системы. Это процесс продолжается до выделения частей, дальнейшее разделение которых не отвечает **Цели создания модели системы.** Такие простейшие части системы называются **Элементом системы.** Те части системы, которые содержат более одного элемента, называются блоками и подсистемами. Учитывая иерархический характер состава системы, вводится понятие подсистема



# Пример модели состава системы «Телевидение»



Внешняя простота модели состава системы на самом деле требует при своем моделировании решения трех сложных вопроса:

- определения является ли данная часть системы элементом или эта часть требует дальнейшего разбиения;
- как правильно разделить объект, чтобы это разделение соответствовало поставленной цели. (для разных целей разбиение одной и той же системы будет отличаться).
- разделение на части условно и одна и та же часть может быть отнесена к разным подсистемам.

# Модель состава системы

Для любой системы могут быть построены разные модели состава. Рассмотрим три важные причины этого факта.

- *Объект, являющийся с одной точки зрения элементом, с другой – может оказаться «блоком» или подсистемой, подлежащей дальнейшему разделению. Например, атомы в одной ситуации можно считать элементами, а в другой – подсистемами, состоящими из ядра (протонов, нейтронов) и электронов.*
- *Любая модель в том числе «модель состава» обладает целевой направленностью. Для различных целей один и тот же объект требуется разделить на разные части. Например, один и тот же завод для директора, главного бухгалтера и начальника пожарной охраны состоит из различных подсистем.*
- *Любое разделение целого на части, разделение системы на подсистемы, блоки и элементы является относительным и в определенной степени условным. Например, тормозную систему автомобиля можно отнести либо к ходовой части, либо к подсистеме управления.*

**Границы между подсистемами условны, относительны и модельны (могут варьироваться). Это относится и к границам между системой и окружающей средой.**

# Пример «модель состава системы «Часы»

В любых часах можно выделить две подсистемы:

- датчик времени, т. е. процесс, ход которого отображает течение времени (равномерное раскручивание пружины, электрический ток, колебание молекулы и т. д.);
- индикатор времени, т. е. устройство, преобразующие и отображающие состояние датчика в сигнал времени для пользователя (стрелки с циферблатом, электронный дисплей).

Модель состава системы «часы» можно считать полной (если не уточнять состав указанных подсистем). При этом каждые часы показывают состояние своего датчика и рано или поздно их показания расходятся между собой. Поэтому периодически производится синхронизация часов с неким общим для всех *эталонном времени*, например с помощью сигналов «точного времени», передаваемых по радио и телевиденью. Возникает вопрос: включать ли эталон времени в состав «часов», как системы или рассматривать «часы» как подсистему в общей системе указания времени?

# Модель структуры системы

Модель структуры системы отвечает на вопрос: как отдельные части системы взаимодействуют между собой.

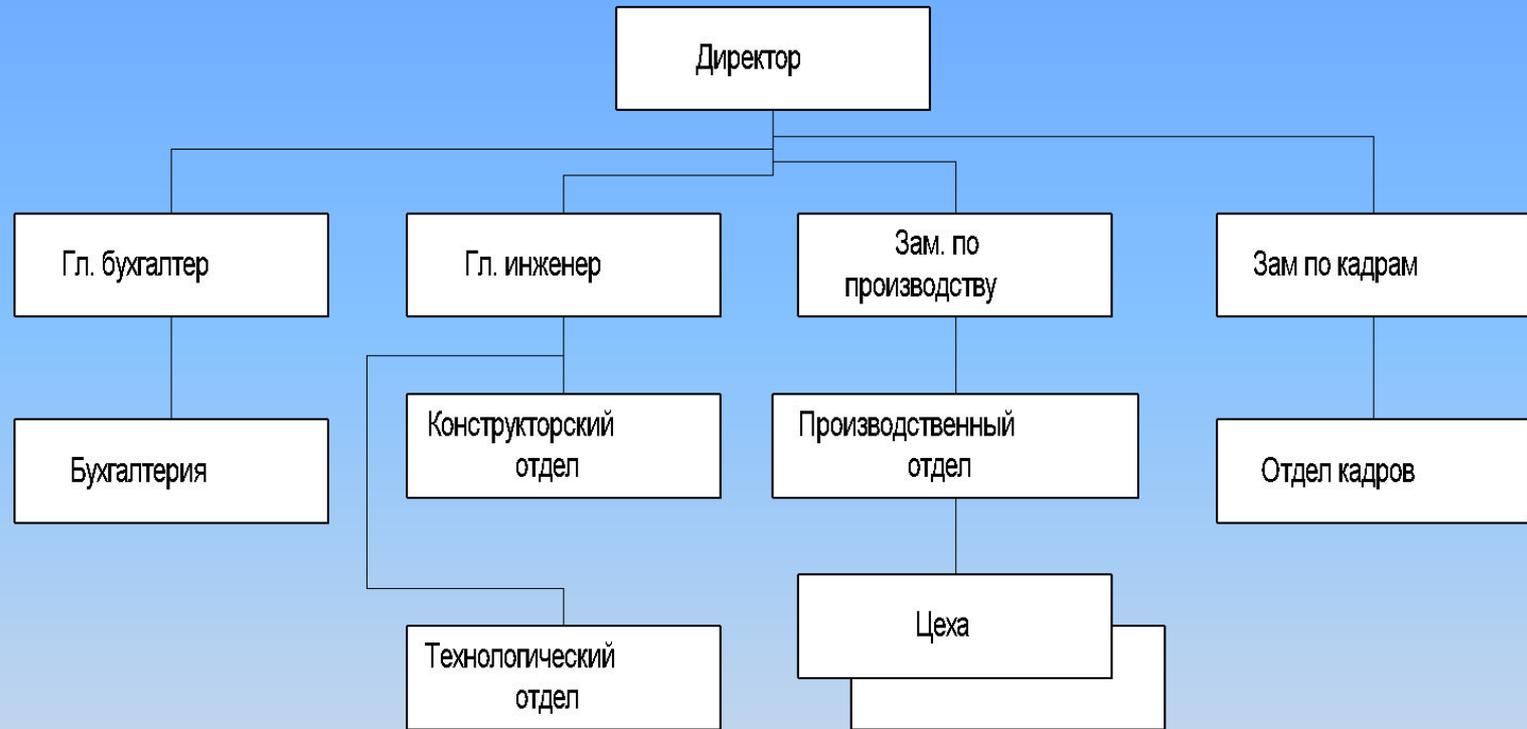
**Структура системы – совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между компонентами состава системы**

Структура системы обеспечивает ее целостность и сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях.

Точно также как и при разработке модели «Черный ящик» и модели состава системы, при установлении связей между элементами в модели структуры системы мы, прежде всего, учитываем цель разработки модели. В модель структуры системы должны войти только те связи, которые существенны для достижения целей моделирования. В зависимости от целей моделирования описание модели будет различным.

Одной из простейших видов моделей структуры систем, часто используемой в практике, является модель организационной структуры.

# Пример организационной структуры предприятия



В такой модели указывают основные элементы организационной структуры – управленческий персонал, отделы и подразделения предприятия. Связи в организационной структуре показывают подчиненность нижнего элемента структур верхнему элементу.

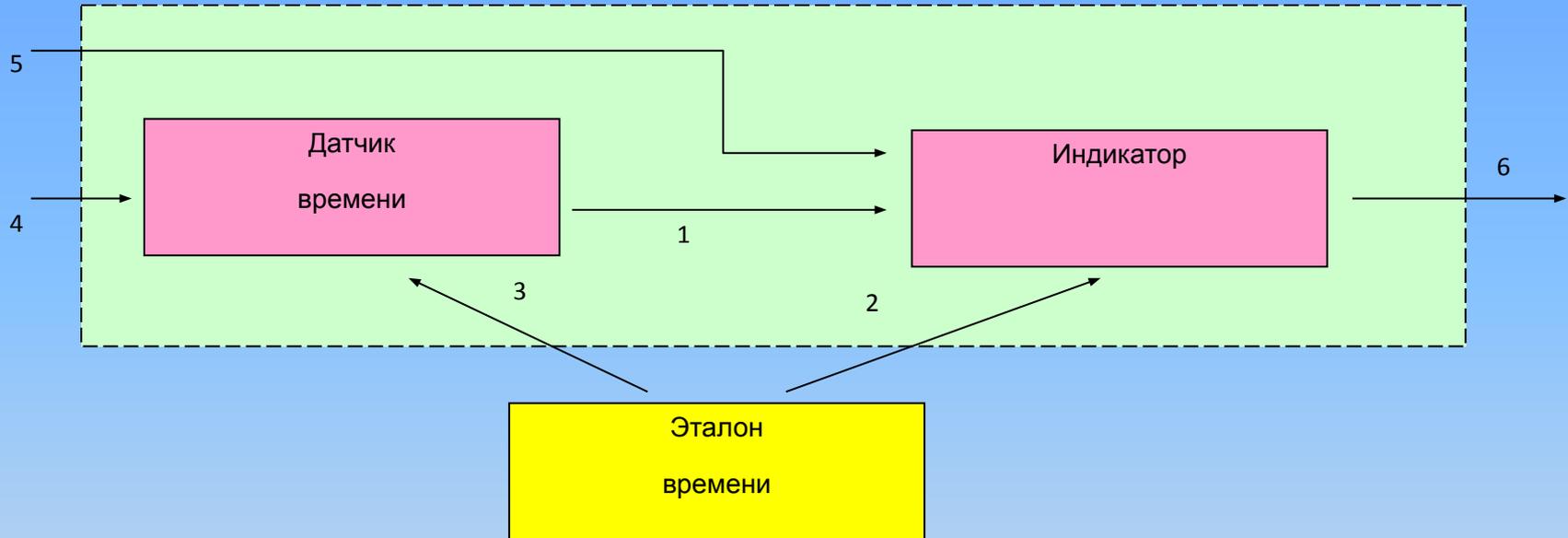
# Модель «Структурная схема системы»

Для ряда задач достаточно использование модели «черного ящика», модели «состава» и «структуры». Для многих задач необходимо, чтобы были установлены определенные отношения (**связи**) как между всеми компонентами состава системы (элементами, блоками, подсистемами) так их отношения с окружающей средой. Это формирует второе определение системы.

**Система – это совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.**

Второе определение системы охватывает модели «черного ящика», «состава» и «структуры». Их объединенная модель называется «Структурной схемой системы». Иногда ее называют «белый ящик» или «прозрачный ящик». В структурной схеме указываются все элементы системы, все связи (отношения) между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

# Модель «Структурная схема часов»



Элементы системы изображены в виде прямоугольников, а связи в виде направленных линий (стрелок):

1 – однозначное соответствие показаний индикатора датчику времени (сигнал от датчика к индикатору);

2 – периодическое сравнение;

3 – приблизительное соответствие датчика времени и эталона;

4 – поступление энергии из вне (электрический ток, закручивание пружины, колебания и др);

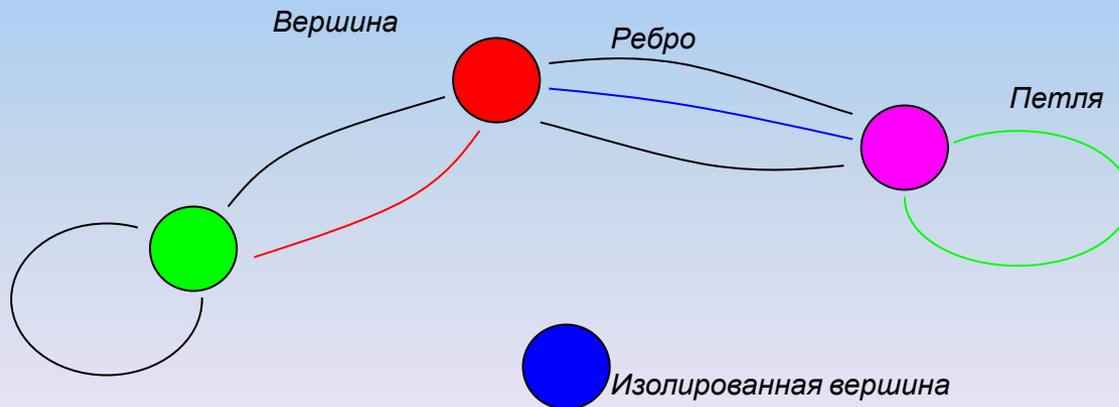
5 – регулировка индикатора;

6 – показание часов.

# Понятие о графах

Граф – это схема, в которой обозначается только наличие элементов и связей между ними, а также (в случае необходимости) разница между элементами и между связями.

То есть граф состоит из элементов произвольной природы называемых вершинами и связей между ними называемых ребрами (или дугами). При несимметричности связей, изображающее ее ребро снабжают стрелкой. При наличии стрелок граф называется ориентированным (полностью ли частично), если направления ребер не указаны – неориентированным.



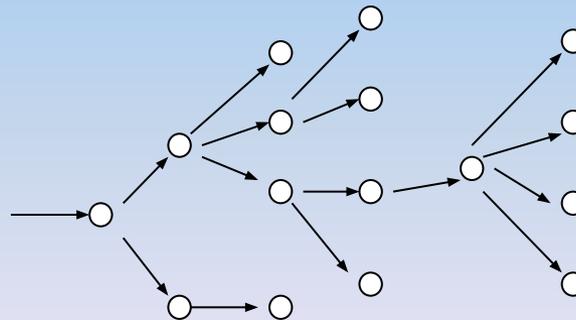
# Понятие о графах

Если не накладывать ограничений на пересеканость ребер, графы могут изображать любые структуры. Некоторые типы структур, имеющие важные для практики особенности, получили специальные названия. В организационных системах часто используются линейные, древовидные (иерархические) и матричные структуры; в технических системах чаще встречаются сетевые структуры; в теории систем важное место занимают структуры с обратными связями, которые соответствуют кольцевым путям в ориентированных графах.

Линейная структура

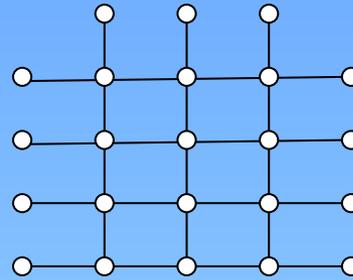


Древовидная структура

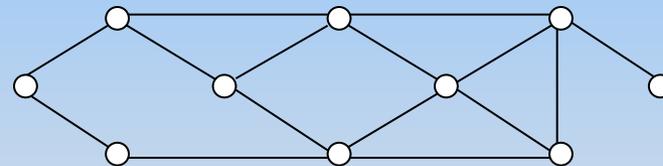


# Понятие о графах

Матричная структура



Сетевая структура



# Динамика систем. Динамические модели систем

Рассмотренные модели систем могут быть названы статическими, так как являются отражениями (фотографиями) систем в какой-то данный момент времени. Для исследования «работы» системы того, что происходит с ней и с окружающей средой в ходе реализации поставленной цели, применяют модели называемые динамическими.

**Динамические системы** – системы, в которых происходят какие-либо изменения со временем.

**Динамические модели систем** – модели отображающие изменения систем во времени.

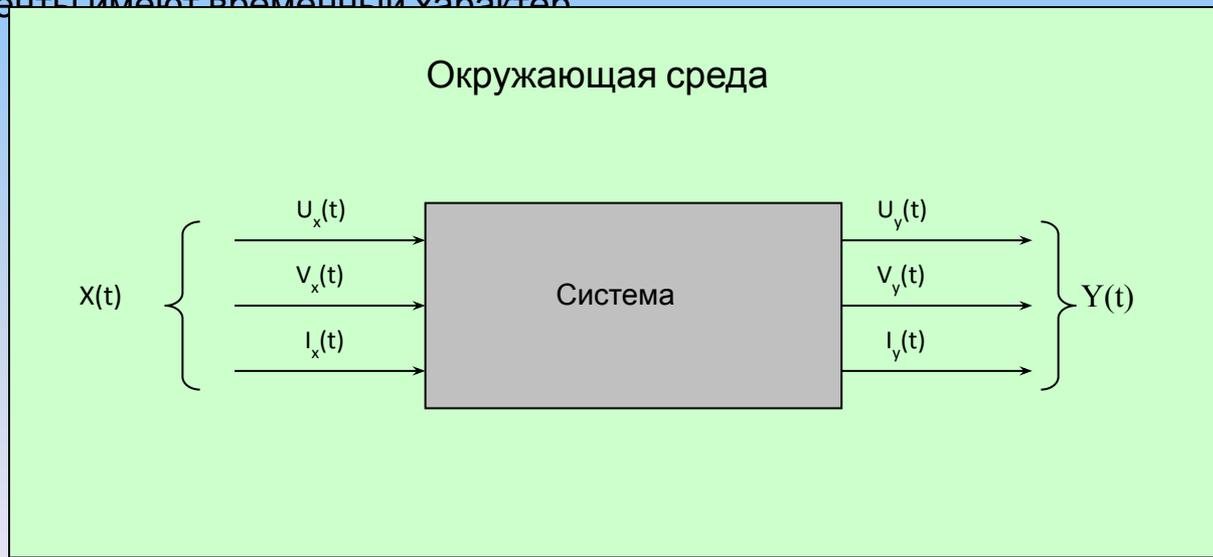
**Функционирование** – процессы, которые происходят в системе (и окружающей среде), стабильно реализующие фиксированную цель (часы, городской транспорт, радиоприемник, станок, ВУЗ и др).

**Развитие** – процессы, происходящие с системой при изменении ее целей. Существующая структура перестает соответствовать новой цели. Для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав, то есть перестраивать всю систему.

# Динамика систем. Динамические модели систем

Системы не всегда находятся либо в состоянии функционирования, либо в фазе развития. Например, при реконструкции одного цеха, остальные функционируют, то есть завод в целом развивается. Даже при коренной перестройке системы какие-то ее элементы и даже подсистемы старой структуры могут продолжать функционировать в новой по-прежнему. Возможны и такие системы, для функционирования которых какие-то подсистемы должны быть постоянно в развитии.

При рассмотрении динамики систем, различают части и этапы происходящего процесса и рассматривают их взаимосвязи. Типы динамических моделей такие же, как и статические, но их элементы имеют временной характер.



На входах и выходах системы задаются процессы, зависящие от времени.

# Динамика систем. Динамические модели систем

Модели «состава» соответствует перечень этапов необходимых для перевода начального состояния системы в конечное.

Динамический вариант «белого ящика» - это подробное описание происходящего или планируемого процесса. Например, широко используют так называемые сетевые графики (графы, имеющие сетевую структуру) их вершинами служат выполняемые производственные операции, а ребра указывают последовательность операций (какие операции не могут начаться, пока не окончатся предыдущие). На этих графах с помощью задания длин или весов ребер, изображается длительность выполнения операций. Это позволяет находить на графе «критические» пути, то есть последовательность операций, от которых главным образом зависит ритмичность всей работы.

# Основы технологии моделирования систем

В дальнейшем мы будем рассматривать два специальных типа моделей систем: модели ориентированные на выделение информационных элементов системы и модели ориентированные на выделение функций (действий, работ), происходящих в системе.

В моделях ориентированных на выделение информационных элементов связь между элементами носит специальное название Отношение.



В данном примере между объектами «ОТДЕЛ» и «СОТРУДНИК» установлено отношение (связь) «СОСТОИТ ИЗ».

# Основы технологии моделирования систем

В моделях ориентированных на описание функций системы элементы модели связаны ОБЪЕКТАМИ.



В данном примере функции «ПЛАНИРОВАТЬ» и «ВЫПОЛНЯТЬ» связаны объектом «ПЛАН».

# Основы технологии моделирования систем

## Свойства систем

1. Свойство целостности (принципиальная несводимость свойств системы к совокупности свойств составляющих её элементов; зависимость каждого элемента, свойства и отношения «системы» от его места, функций и т. д.).
2. Свойство структурности (возможность описания системы через установление её структуры - сети связей и отношений).
3. Свойство обусловленности поведения системы поведением её отдельных элементов и свойствами её структуры).
4. Свойство взаимозависимости системы и среды (система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь при этом ведущим активным компонентом взаимодействия).
5. Свойство иерархичности (каждый компонент системы в свою очередь может рассматриваться как система, а исследуемая в данном случае система представляет собой один из компонентов более широкой системы).
6. Свойство множественности описания каждой системы (в силу принципиальной сложности каждой системы её адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определённый аспект системы).

# Основы технологии моделирования систем

## Анализ и синтез

**Анализ (от греч. разложение, расчленение) - процедура мысленного, а часто также и реального расчленения системы на составные части, выявления ее структурных свойств, отношений между предметами.**

Процедуры анализа входят органической составной частью во всякое научное исследование и обычно образуют его первую стадию, когда исследователь переходит от общего описания изучаемого объекта к выявлению его строения, состава, признаков.

**Синтез (от греч. соединение, сочетание, составление) - соединение различных элементов, сторон объекта в единое целое , которое осуществляется как в практической деятельности, так и в процессе познания.**

**В системных исследованиях мы будем  
рассматривать анализ и синтез в неразрывной  
связи**

# Основы технологии моделирования систем

## Анализ и синтез



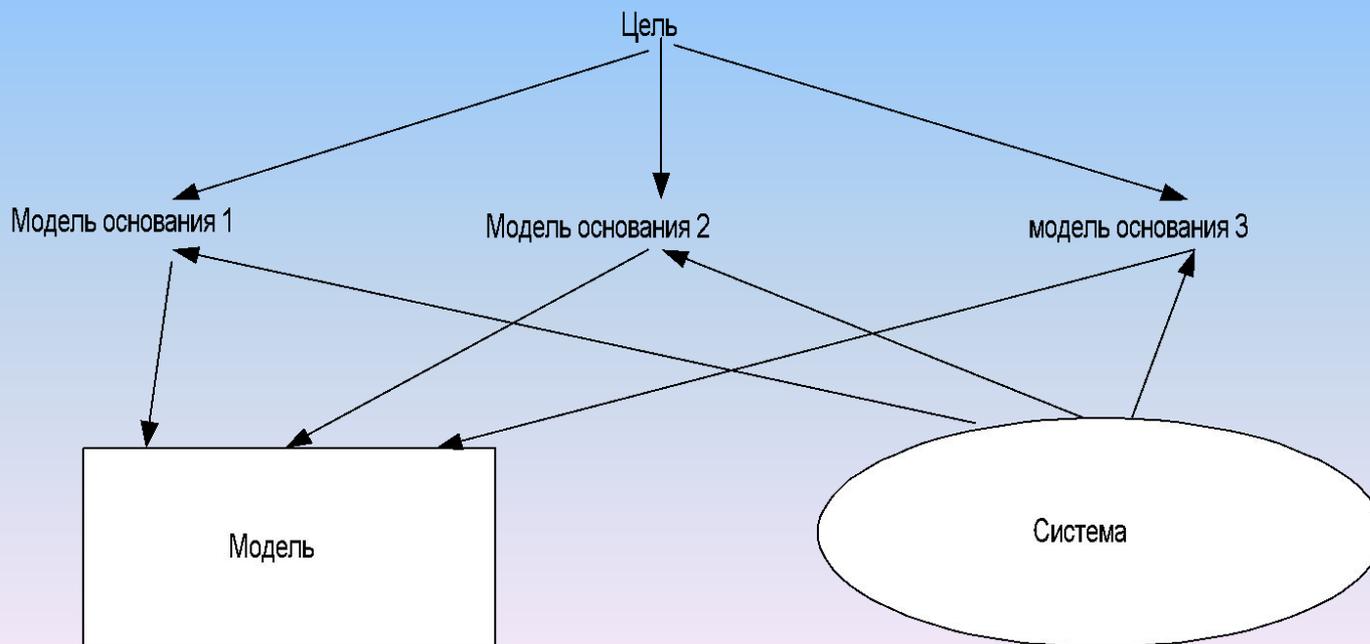
**Практические приемы системного исследования основаны на анализе, синтезе и соблюдении их единства на всех этапах исследования**

# Основы технологии моделирования систем

## Декомпозиция. Модель основания для декомпозиции

Декомпозиция (основная процедура системного анализа) - операция системного исследования, в ходе которой система разделяется на составные части (анализ) и, за счет установления связей между этими частями, объединяется в единое целое (синтез).

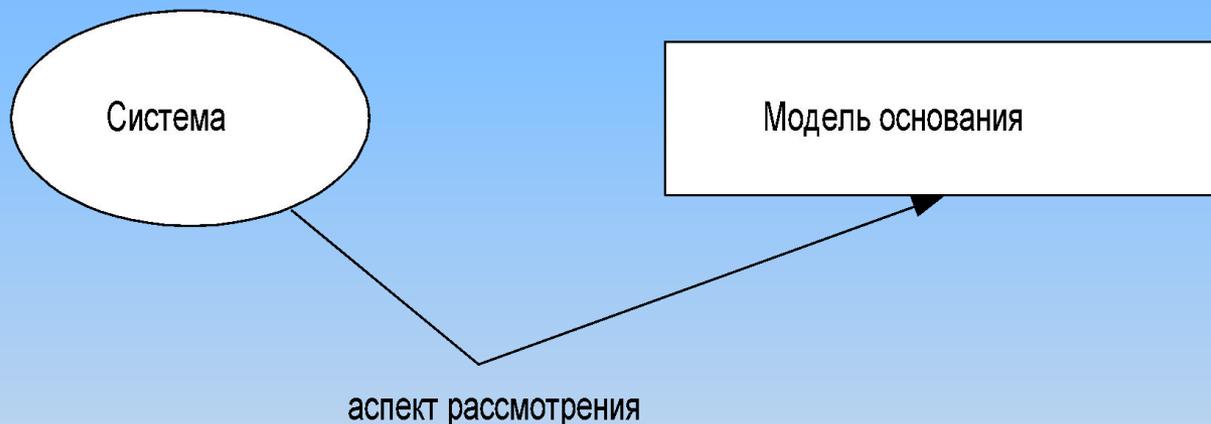
Модель основание для декомпозиции - это формальная модель, отражающая определенные универсальные свойства любой системы данного класса.



# Основы технологии моделирования систем

## Декомпозиция. Модель основания для декомпозиции

Модель основания формулируется как определенный аспект, определяющий точку зрения рассмотрения системы (подсистемы). На основе этого аспекта формируется соответствующая модель основания.



Требования, предъявляемые к модели основанию.

1. Требование полноты модели. Полнота модели заключается в том, чтобы все элементы данной системы, попадающие в сферу рассмотрения данного аспекта были включены в состав модели.
2. Второе требование это требование простоты модели. Простота модели заключается в ее компактности – чем меньше элементов модели, тем проще ее воспринимать и оперировать с ней.

# Основы технологии моделирования систем

## Декомпозиция. Модель основания для декомпозиции

На каждом этапе исследования, декомпозиции подвергается конкретная подсистема и при этом может быть использована только одна модель основания.

