

# 1. Системы и их моделирование



# 1.1. Моделирование объекта

- Применение вычислительных машин и математизация наук привели к необходимости построения математических моделей объектов, явлений, процессов.
- **Моделью** называется описание, изображение изучаемого объекта, явления, процесса (далее просто объекта) некоторым способом с целью его изучения.
- Иногда моделью называют упрощенную копию объекта. Это не совсем точно, например, при изучении поведения животного. Копия поведения?



# Моделирование объекта

- Модель всегда описывает объект не полностью, не учитывая несущественные для исследования детали.
- Если объект описан простым разговорным языком, без описания технических деталей и взаимосвязей, то такая **модель называется вербальной**.
- Если построена физическая копия объекта, то такая **модель называется натурной**.
- Если заданы графики взаимосвязей параметров объекта, то такая **модель называется графической**.

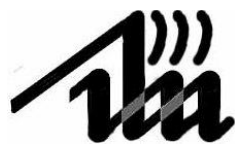
# Моделирование объекта

- Если объект описан формальными математическими соотношениями (описаны взаимосвязи параметров), то это **математическая модель объекта**.
- Математическая модель может иметь конкретное названия в зависимости от применяемого аппарата. Например, модель в виде дифференциального уравнения, стохастическая модель.
- В этом курсе мы будем рассматривать только математические модели.



# Моделирование объекта

- Для математического моделирования объекта выбираются **существенные параметры** объекта.
- Параметры объекта - это числа или переменные величины, принимающие числовые значения. Параметры могут быть **управляемыми** или **неуправляемыми**. Управляемые параметры - это переменные величины, исследователь может выбирать значения управляемых параметров. Неуправляемые параметры - это числа или переменные величины, исследователь не может изменять их значения.



# Моделирование объекта

- При построении **аналитической модели** строятся математические соотношения между параметрами.
- Переменные, входящие в модель (это управляемые и неуправляемые параметры объекта), могут быть **детерминированными** (это обычные переменные из высшей математики) и **стохастическими** (или случайными - это переменные величины из теории вероятностей и математической статистики). В соответствие с этим модель называется **детерминированной** или **стохастической** (случайной).



# Моделирование объекта

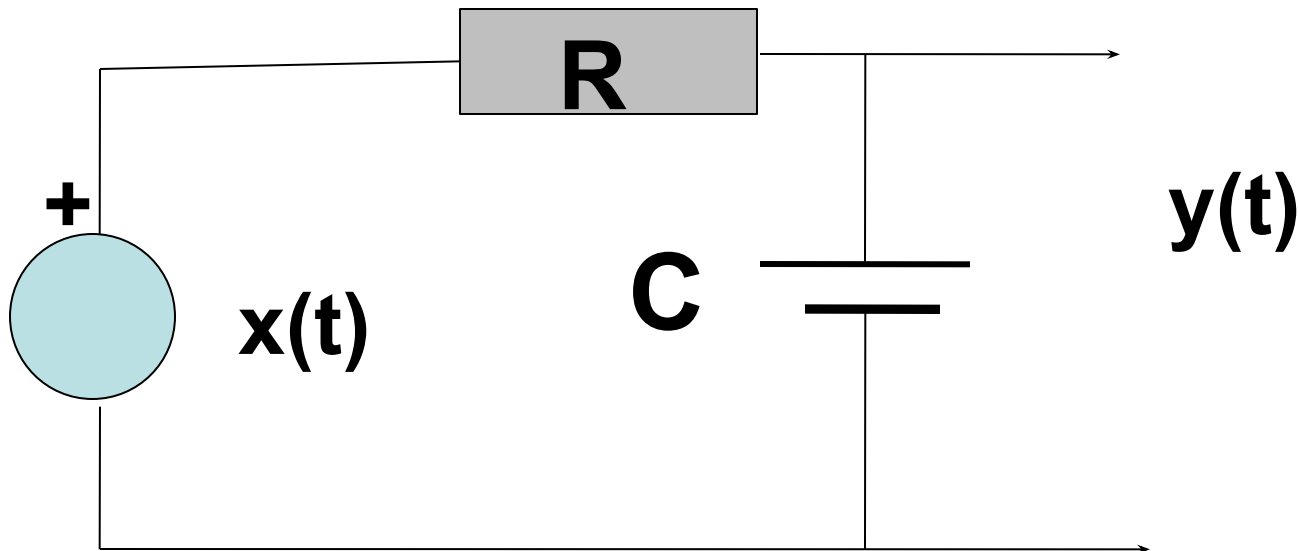
- В радиоэлектронике и радиотехнике большинство моделей стохастически.



# Моделирование объекта

- Пример. Модель RC-цепи.

Построить зависимость величины напряжения на выходе RC-цепи  $y(t)$  в зависимости от напряжения источника питания  $x(t)$ .

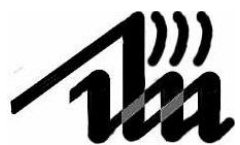




# Моделирование объекта

- Пример. Модель RC-цепи.

Решение. Параметрами модели будут входящие в схему величины. Для построения соотношений между ними воспользуемся физическими законами. Пусть в момент времени  $t$  по сопротивлению  $R$  проходит ток  $i(t)$ , а количество электричества на конденсаторе  $C$  равно  $Q(t)$ . Тогда падение напряжения на сопротивлении равно  $R \cdot i(t)$ , а на конденсаторе  $u(t) = Q(t)/C$ .



# Моделирование объекта

- Пример. Модель RC-цепи.

Решение.

Тогда очевидно соотношение

$$x(t) = R * i(t) + y(t). \quad (1)$$

Кроме того,  $i(t) = dQ(t)/dt = d(y(t)*C)/dt = C * y'(t)$ .

Отсюда получаем окончательное соотношение в виде дифференциального уравнения:

$$x(t) = C*R * y'(t) + y(t).$$



# Моделирование объекта

- $y(t) + C R y'(t) = x(t)$

- -это линейное дифференциальное уравнение первого порядка. Общий вид

$$y(t) + p(t) y'(t) = f(t) e^{-\int p(t) dt} (*)$$

Его решение :  $y(t) = y_1(t) + c_1 e^{-\int p(t) dt}$

где  $y_1(t)$  - некоторое частное решение уравнения (\*).

Решение для исходного уравнения :

$$y(t) = y_1(t) + c_1 e^{-CRt+c_2}$$

Константы  $c_1$  и  $c_2$  получаем из начальных условий уравнения.



## 1.2. Моделирование системы

- В реальной жизни исследуемый объект состоит из множества связанных между собой объектов, процессов, явлений, объединенных единой целью. Такой сложный объект будем называть **системой**, а его части назовем **компонентами**. При первом рассмотрении можно рассматривать систему как простой объект, не принимая во внимание менее существенные взаимосвязи.
- Пример. Производственное предприятие терпит убытки, требуется провести его реструктуризацию.



# Моделирование системы

- При начальном рассмотрении можно принять во внимание только материалы, комплектующие, энергетические затраты производства, подсчитать их долю в стоимости продукции и сравнить эти доли с аналогичными затратами конкурентов. Если этот анализ не дает результата, то хорошим продолжением считается рассмотрение предприятия как системы, состоящей из взаимосвязанных компонент. Разумно в качестве компонент рассматривать административные отделы предприятия: администрация, отдел кадров, бухгалтерия, плановый отдел, отдел снабжения, отдел маркетинга, цеха предприятия и т.п.
- Далее следует изучить деятельность каждого отдела в отдельности, а затем работу отделов во взаимосвязи.



# Моделирование системы

- При анализе системы обычно не строится общая модель системы - это трудно, а также трудно анализировать такую модель. **Строятся отдельные модели ее компонент** и учитываются существенные взаимосвязи между компонентами. Такой подход в моделировании называется декомпозицией.
- Построение общей модели системы без декомпозиции практически невозможно: компоненты системы разнородны и их трудно описать в рамках одной математической теории.
- Пример. Технологический процесс производства азота описывается уравнениями химических реакций, а работа отдела снабжения графами связей с поставщиками.
- Примечание. Рассмотренная задача анализа производства в современном менеджменте называется задачей **кросс-салтинга**.

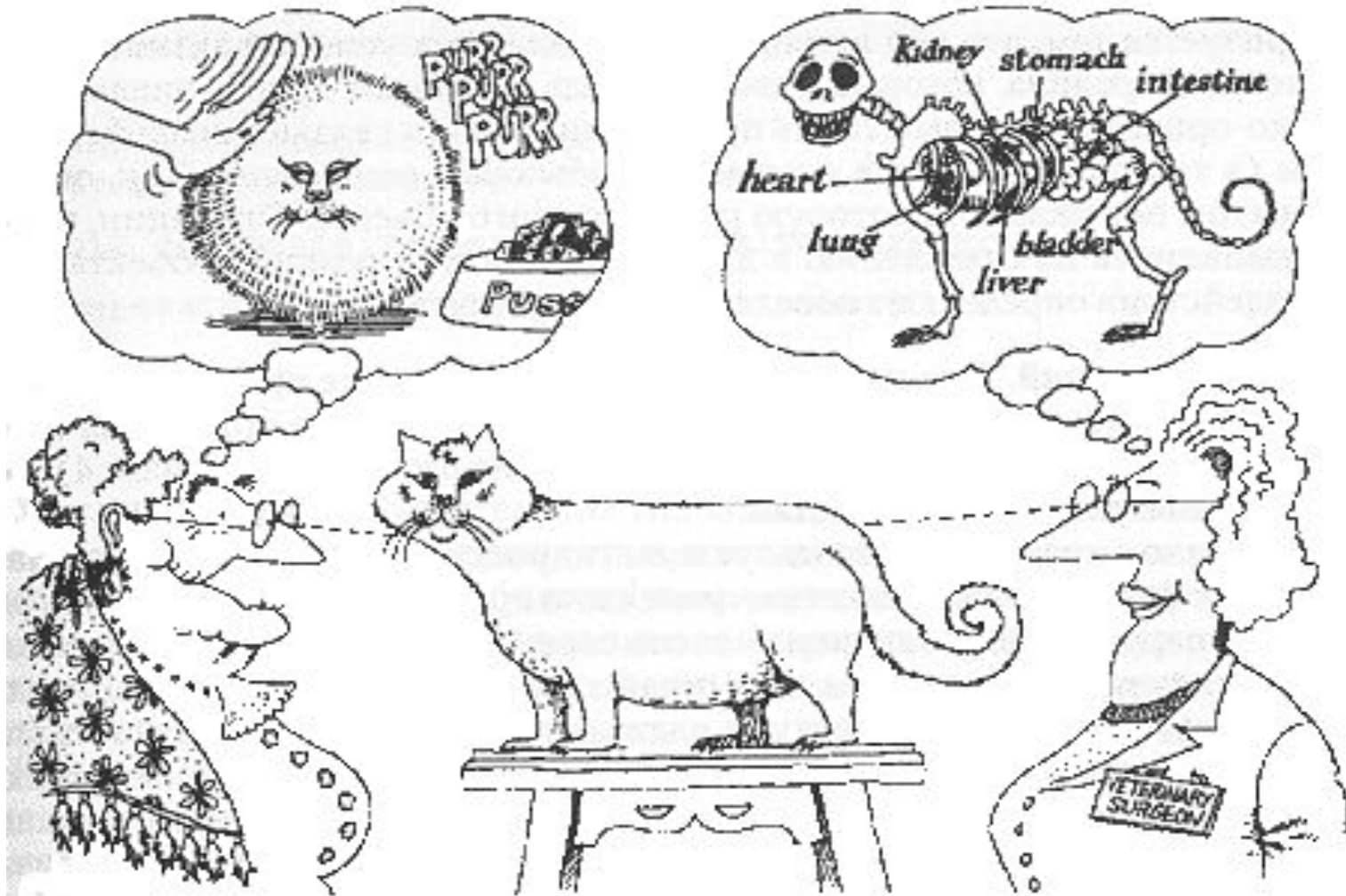
# Моделирование системы

- **Пример системы.** Стропы и ткань. Соединенные специальным образом, они образуют новый объект - парашют со свойствами, которыми не обладают исходные предметы. Можно изучить свойства строп и ткани по отдельности (прочность, воздухопроницаемость, ...), но существенным будет схема соединения этих компонент и способ укладки парашюта.



# Моделирование системы

Модель отражает цель исследования





# Моделирование системы

- Решение задачи начинается с ее **постановки**, то есть с определения объекта исследования, формулировки цели и построения математической модели. Говорят, что хорошая постановка задачи на 50% уже решает задачу. В нашем изложении основной частью постановки задачи является моделирование.
- Часто компоненты системы имеют **несовпадающие** или даже **противоположные цели**. В этом случае исследователь должен согласовать их. В процессе исследования цели могут уточняться, при этом некоторые параметра могут оказаться несущественными, а другие введены в модель как существенные. То есть, решение задачи - это процесс.



# Моделирование системы

- **Системный подход** - комплексное изучение объекта как единого целого путем уточнение задачи и её декомпозицию в серию задач, решаемых с помощью методов естественных наук. При решении задач детализируются цели исследования, формализуются критерии сравнения решений, выбираются или строятся методы достижения целей.



# Моделирование системы

**Системотехника** - прикладная наука, исследующая задачи создания сложных управляющих систем. Процесс построения системы состоит из шести этапов:

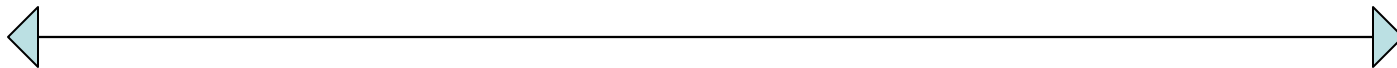
- 1) Изучение функционирования системы.
- 2) Определение целей, составление графиков и планов работы (системное программирование).
- 3) Проектирование системы, её компонент для достижения поставленных целей (системное проектирование).
- 4) Создание программного обеспечения.
- 5) Тестирование системы и ее ввод в действие.
- 6) Обслуживание и поддержка системы.

Это комплексная задача, ее решает команда из представителей разных специальностей. При участии в современных разработках важно уметь работать в команде.



# Моделирование системы

При участии в современных разработках важно уметь работать в команде.



**Команда для решения системных задач**

