



**РАНХиГС**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
УПРАВЛЕНИЯ**



***МЕТОДОЛОГИЯ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ***



# МОДЕЛИРОВАНИЕ -

это процесс  
исследования  
реальной системы,  
включающий в себя:

- построение модели;
- изучение её свойств;
- перенос полученных сведений на моделируемую систему



# Общие функции моделирования:

- 1). **описание;**
- 2). **объяснение;**
- 3). **прогнозирование поведения реальной системы.**



# Типовые цели моделирования:

- 1). поиск оптимальных решений;
- 2). оценка эффективности решений;
- 3). определение свойств системы;
- 4). установление взаимосвязей между характеристиками системы



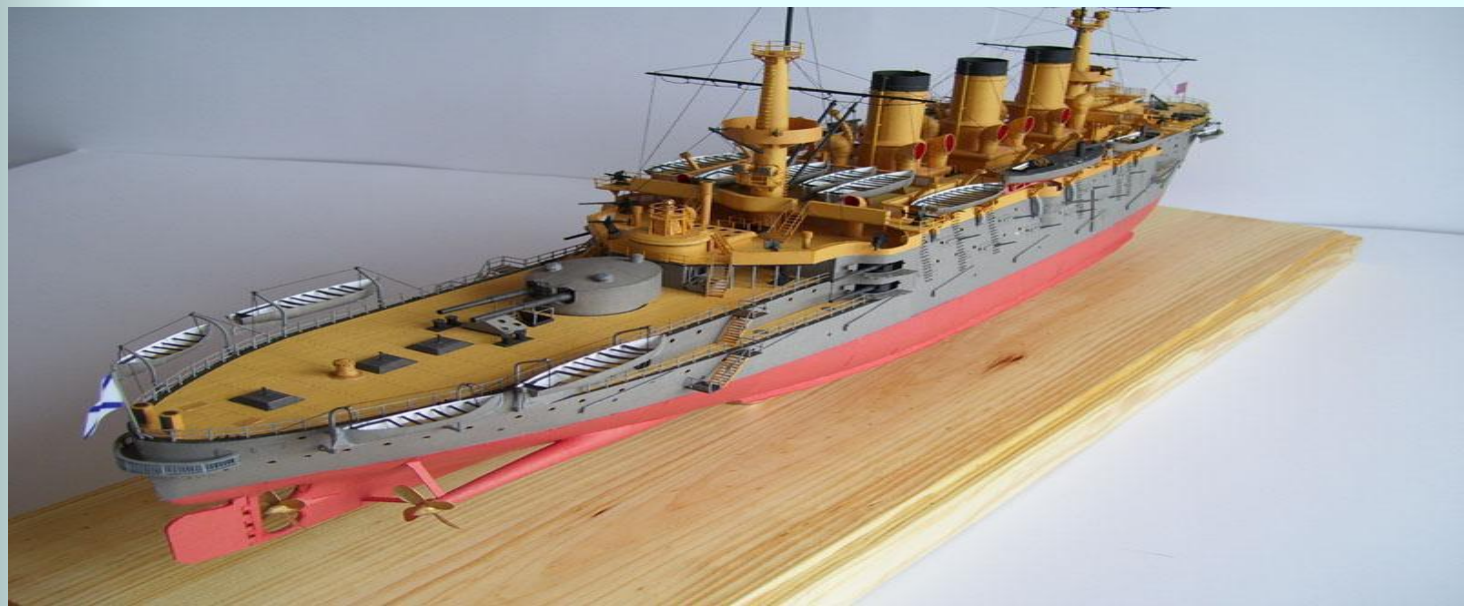


# **МОДЕЛЬ-** **условный образ** **реальной** **действительности** **(исследуемой** **системы)**

**В 1870 г. английское Адмиралтейство спустило на воду новый броненосец «Кэптен». Корабль вышел в море и перевернулся. Погиб корабль. Погибли 523 человека.**



**Это было совершенно неожиданно для всех. Для всех, кроме одного человека. Им был английский ученый-кораблестроитель В.Рид, который предварительно провел исследования на модели броненосца и установил, что корабль опрокинется даже при небольшом волнении. Но ученому, проделывающему какие-то несерьезные опыты с «игрушкой», не поверили лорды из Адмиралтейства. И случилось непоправимое...**



# МОДЕЛЬ

- замещает объект исследования и служит источником информации о нем
- конструируется субъектом исследования таким образом, чтобы отобразить существенные характеристики объекта





# МОДЕЛЬ

- может быть средством объяснения некоторого явления или интерпретации теории
- в научных исследованиях большое значение приобретает предсказательная (эвристическая) функция модели.



# Модель

**Модель – «форма  
кодирования  
информации»**

**Модель – «сосуд для  
хранения знаний»**



# Н.Н. Моисеев

«Под **моделью** мы будем понимать упрощенное, если угодно, упакованное знание, несущее вполне определённую, ограниченную информацию о предмете (явлении), отражающее те или иные его отдельные свойства.

**Модель** можно рассматривать как специальную **форму кодирования информации.**



# Н.Н. Моисеев

В отличие от обычного кодирования, когда известна вся исходная информация и мы лишь переводим её на другой язык, **модель**, какой бы язык она не использовала, кодирует и ту информацию, которую люди раньше не знали.





# Н.Н. Моисеев

Можно сказать, что **модель** содержит в себе **потенциальное знание**, которое человек, исследуя её, может приобрести, сделать наглядным и использовать в своих практических нуждах...

Именно этим и обусловлена **предсказательная способность модельного описания.**»

# Причины использования моделей

- **сложность реальных объектов.**

Число факторов, которые относятся к решаемой проблеме, выходит за пределы человеческих возможностей. Поэтому одним из выходов (а часто единственным) - является **упрощение ситуации с помощью моделей**, в результате чего уменьшается разнообразие этих факторов до уровня восприимчивости специалиста.



# Причины использования моделей

- **необходимость проведения экспериментов.**

На практике встречается много ситуаций, когда экспериментальное исследование объектов ограничено высокой стоимостью или вообще невозможно (опасно, вредно, ограничено развитием науки и техники на современном этапе).



# Причины использования моделей

- **необходимость прогнозирования.**

Важное достоинство моделей состоит в том, что они позволяют **«заглянуть в будущее»**, дать прогноз развития ситуации и определить возможные последствия принимаемых решений.





# Причины использования моделей

- **исследуемый объект либо очень велик (модель Солнечной системы), либо очень мал (модель атома);**
- **процесс протекает очень быстро (модель двигателя внутреннего сгорания) или очень медленно (геологические модели);**
- **исследование объекта может привести к его разрушению (модель самолета, автомобиля).**





**Классификация  
ВИДОВ  
моделирования  
может быть  
проведена по разным  
основаниям  
(рубрикам)**

# по признаку

## полноты:

### 1). полное моделирование

(полное подобие модели и объекта во времени и пространстве);

### 2). неполное моделирование

(неполное подобие модели и объекта);

### 3). приближённое

**моделирование** (некоторые стороны реального объекта не моделируются совсем)



# по признаку

## полноты:

Абсолютное подобие возможно при замене одного объекта точно таким.

При моделировании абсолютное подобие не имеет места.

Модель должна отображать только исследуемый аспект системы.



# по фактору времени:

## 1). статическое моделирование

(объект описывается в  
фиксированный момент  
времени);

## 2). динамическое моделирование (объект исследуется во времени)



# по фактору непрерывности

## 1). аналоговое (непрерывное) моделирование

(переменные могут принимать бесконечное множество сколь угодно близких друг к другу значений)

Модель  $S = gt^2/2$ ,  $0 < t < 100$  непрерывна на промежутке времени  $(0; 100)$ .

## 2). дискретное моделирование

(переменные могут принимать конечное число наперёд известных значений)

## 3). дискретно-непрерывное моделирование



# по вероятностному фактору:


## 1). детерминированное моделирование

*(предполагает отсутствие случайных воздействий, т.е. если каждому входному набору параметров соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров; Модель  $S = gt^2/2$  - детерминированная).*







# по вероятностному фактору:



## 2). стохастическое моделирование (учитывает вероятностные процессы и события).



Если в модели  $S = gt^2/2$  мы учли бы случайный параметр - порыв ветра с силой  $p$  при падении тела, например, так:  
 $S(p) = g(p)t^2/2, 0 < t < 100, 0 < p < 100$ , то мы получили бы стохастическую модель (уже не свободного) падения.





# по форме

## представления

### 1). **МЫСЛЕННОЕ** моделирование

(применяется, когда модели не реализуемы в заданном интервале времени, либо отсутствуют условия для их физического создания – к примеру: ситуация микромира)

### 2). **реальное** моделирование

(исследование характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части)





**МЫСЛЕНН  
ое  
моделирова  
ние**

**наглядное  
моделирован  
ие**

**СИМВОЛИЧЕ  
с-  
кое  
моделирован  
ие**

**математич  
ес-  
кое  
моделирован  
ие**

# наглядное

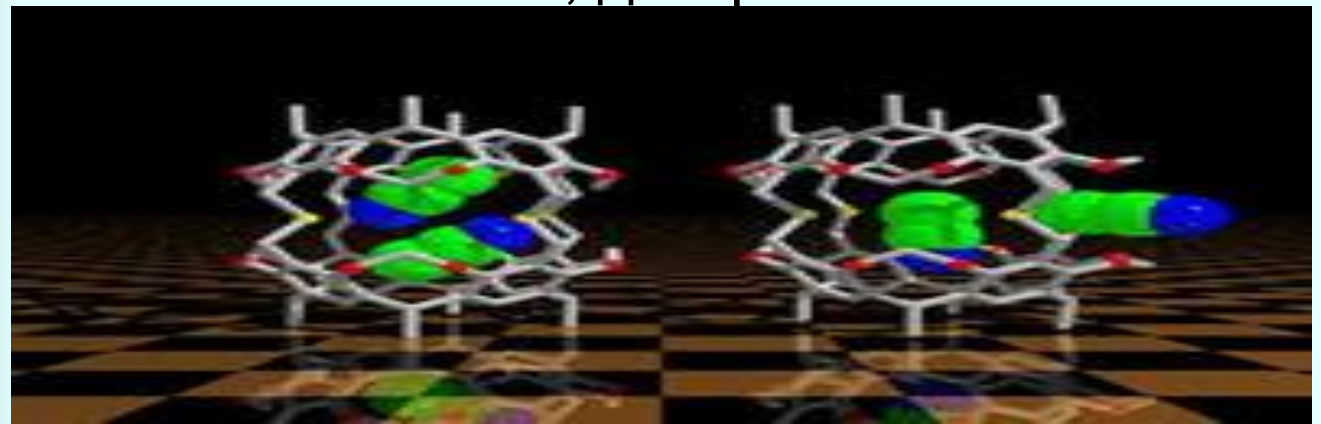
## моделирование

При наглядном моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются

**наглядные модели,**

отображающие процессы и явления реального объекта.

Примеры: учебные плакаты, рисунки, схемы, диаграммы...





**наглядн  
ое  
моделирова  
ние**

**гипотетиче  
ское  
моделирован  
ие**

**аналогово  
е  
моделирован  
ие**

**макетиров  
ание**

# ГИПОТЕТИЧЕСКОЕ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ

Данный вид моделирования используется, когда знаний о системе недостаточно для построения формальных моделей. В его основе – гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальной системе. Базируется на причинно-следственных связях между входящим и выходящим сигналом.



# аналоговое моделирование

Основывается на применении **аналогий** различных уровней.

Для простых объектов наивысшим уровнем является полная аналогия.

Для сложных систем аналоговая модель отображает несколько сторон функционирования объекта.



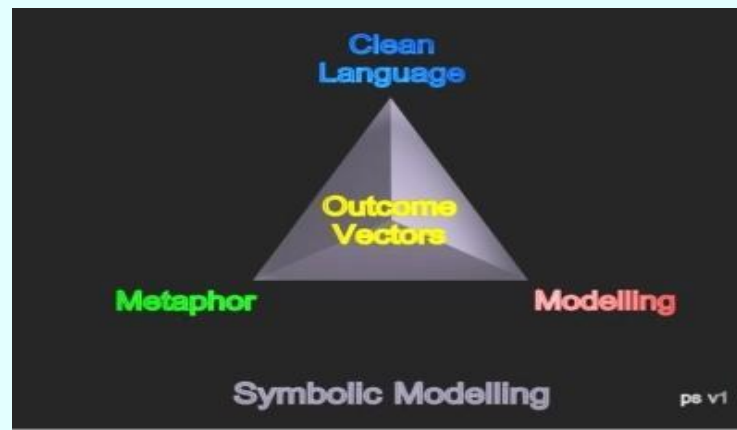
# макетирование

Применяется, когда протекающие в реальной системе процессы не поддаются физическому моделированию. Мысленные макеты базируются на **причинно-следственных связях** между явлениями и процессами в объекте.



# СИМВОЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Представляет собой  
искусственный процесс  
создания логического объекта,  
который замещает реальный и  
выражает его основные  
свойства с помощью системы  
**ЗНАКОВ И СИМВОЛОВ.**





# СИМВОЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 1). **Языковое** моделирование  
(в его основе лежит **тезаурус**,  
образованный из фиксированного  
набора понятий исследуемой  
предметной области)

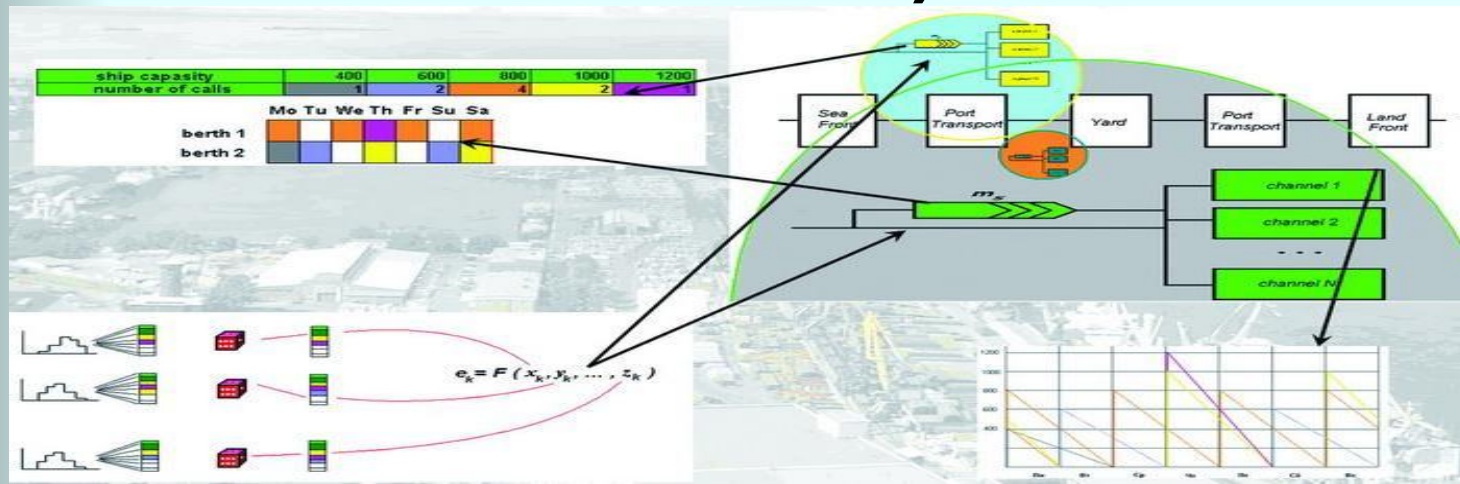
**Тезаурус** - словарь, отражающий  
связи между словами (элементами)  
данного языка, предназначен для  
поиска слов по их смыслу.

- 2) **Знаковое** моделирование  
(отображение набора понятий с  
помощью знаков, составление  
цепочек из слов и предложений)



# математическое моделирование

Это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта (математической модели).



# математическое моделирование

- Вид математической модели зависит от природы объекта, от задачи исследования, от требуемой достоверности и точности.
- Математическая модель описывает реальную систему с некоторой степенью приближения.



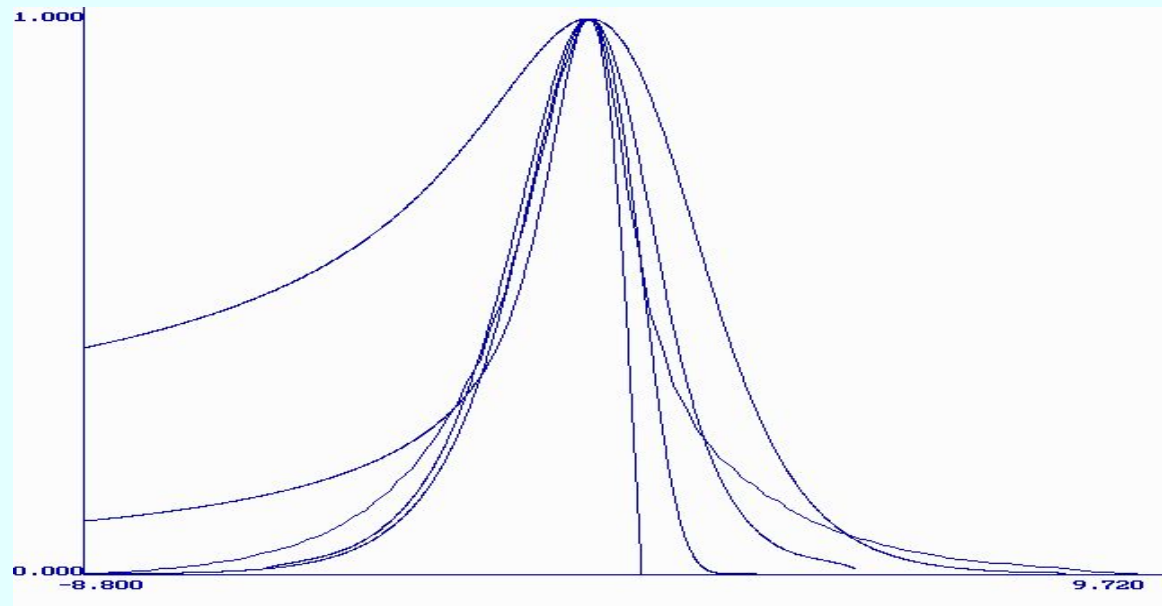
# математическое моделирование

- 1). аналитическое;
- 2). имитационное;
- 3). комбинированное;
- 4). информационное;
- 5). структурное;
- 6). ситуационное.



# аналитическое моделирование

Моделируется только  
функциональный аспект  
системы.



# аналитическое моделирование

Законы функционирования  
системы записываются в  
виде аналитических  
соотношений  
(аналитических,  
интегродифференциальных и  
конечноразностных) или  
логических условий.

$$Y = Y_0 e^{\frac{at}{b}}.$$



# **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Моделируется функционирование  
системы во времени -  
поведение системы.**

**Имитационные модели позволяют  
учитывать такие факторы, как  
наличие дискретных и  
непрерывных элементов,  
нелинейные характеристики  
элементов системы;  
многочисленные случайные  
воздействия и т.д.**



# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Имитационная модель**  
предназначена для  
испытания или изучения,  
проигрывания возможных  
путей развития и  
поведения объекта путем  
варьирования некоторых  
или всех параметров  
модели






# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Пусть модель экономической системы производства товаров двух видов **1** и **2**, в количестве  $x_1$  и  $x_2$  единиц соответственно, со стоимостью единиц товара  $a_1$  и  $a_2$  описана в виде соотношения:  $a_1x_1 + a_2x_2 = S$ , где **S** - общая стоимость произведенной предприятием всей продукции (видов **1** и **2**). Можно эту модель использовать в качестве **ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**, по которой определять (варьировать) общую стоимость **S** в зависимости от тех или иных значений объемов производимых товаров.





# **комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование**

**Производится  
предварительная  
декомпозиция процесса  
функционирования объекта  
на подпроцессы;  
для некоторых из них  
используются  
аналитические модели, для  
других – имитационные.**

# информационное (кибернетическое) моделирование

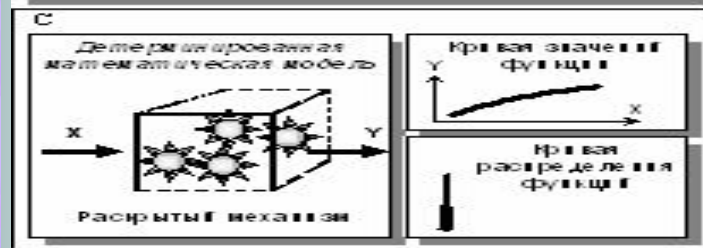
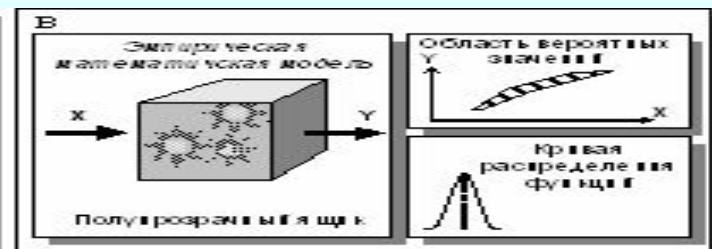
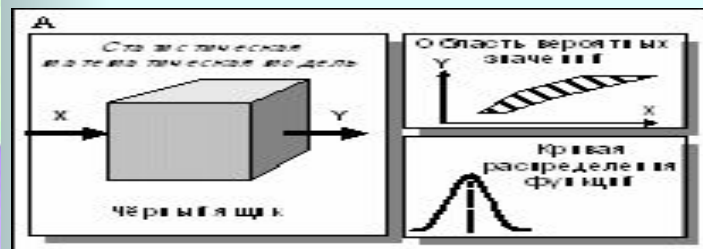
Рассматривается объект как  
«чёрный ящик», имеющий  
ряд входов и выходов.  
Моделируются связи между  
входами и выходами.

Модель "черного ящика"



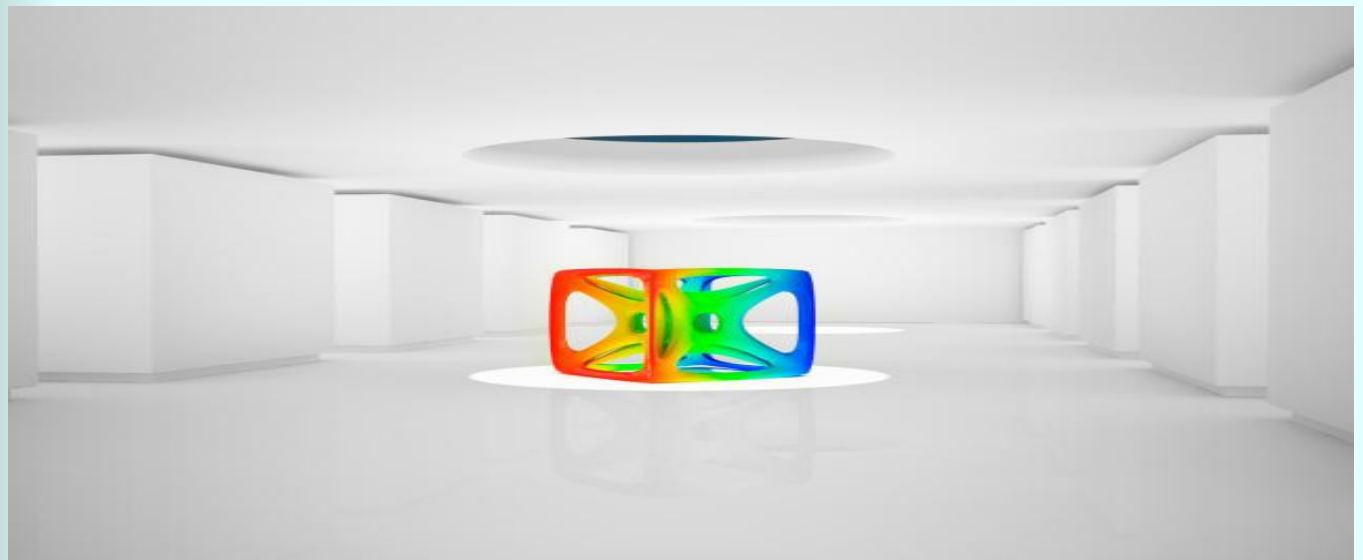
# информационное (кибернетическое) моделирование

Отображаются  
информационные процессы  
управления, что позволяет  
оценить поведение  
реального объекта.



# структурное моделирование

**Структурное моделирование  
– модели, описывающие  
структуру – совокупность  
устойчивых связей между  
элементами некоторой**



# структурное моделирование

При структурном  
моделировании  
моделируемая система  
задается в виде структурной  
схемы.



# ситуационное моделирование

Опирается на модельную  
теорию мышления, в  
рамках которой можно  
описать основные  
механизмы  
регулирования  
процессов принятия  
решений.



# ситуационное моделирование

Проигрываются сложные  
ситуации для принятия  
решений по управлению  
объектами.





# реальное моделирование

**Используется  
возможность  
исследования  
характеристик либо на  
реальном объекте  
целиком, либо на его  
части.**



# реальное моделирование

## 1). Натурное

(проведение исследований на реальном объекте).

## 2). Физическое

(исследование происходит на установках, которые сохраняют природу явлений и обладают физическим подобием; протекает в **реальном** либо **модельном** времени)



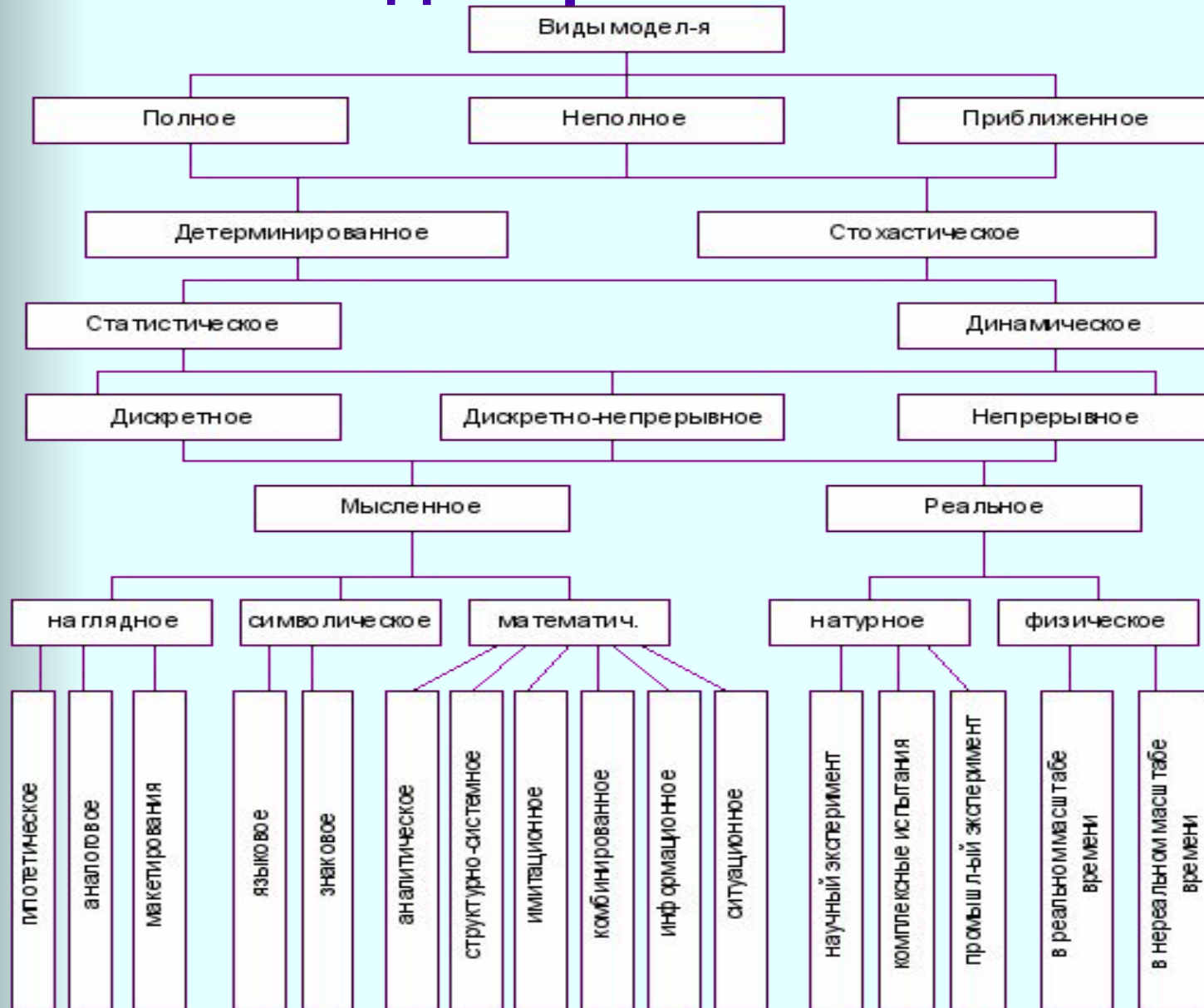
# натурное

# моделирование

- 1). **научный эксперимент**  
(использование средств автоматизации, вмешательство человека в процесс испытаний).
- 2). **комплексные испытания**  
(многократное повторение испытаний объекта, выявление общих закономерностей функционирования)
- 3). **производственный эксперимент**  
(обобщение опыта, накопленного в ходе производственного процесса)



# Классификация видов моделирования





# Принципы к построению модели

## 1). Адекватность

(соответствие модели целям исследования по уровню сложности и организации).

Пока не решён вопрос, правильно ли отображает модель систему, ценность модели незначительна.

## 2). Соответствие модели решаемой задаче

(модель строится для решения определённого класса задач).

Попытки создания универсальной модели приводят к её усложнению, малопригодности.


# Принципы к построению модели

## 3). Упрощение при сохранении существенных свойств системы

(модель должна быть проще своего  
прототипа)

## 4). Соответствие между требуемой точностью результатов моделирования и сложностью модели





***Рекомендации по уменьшению сложности модели:***

- изменение числа переменных (либо исключение несущественных переменных, либо их объединением).

**Агрегирование** - процесс преобразования модели в модель с меньшим числом переменных и ограничений.



- **изменение природы переменных параметров**

(переменные рассматриваются в качестве постоянных, дискретные – в качестве непрерывных).

- **изменение функциональной зависимости между переменными**

(нелинейные зависимости заменяются линейными, дискретные функции распределения вероятностей – непрерывной).





- **изменение ограничений** (добавление, исключение или модификация).  
При снятии ограничений получается оптимистичное решение, при введении-пессимистическое.

- **ограничения точности модели** (точность результатов модели не может быть выше точности исходных данных).

## **5). Многовариантность реализации элементов модели**

**6). Блочное строение** (модель разделяется по этапам и режимам функционирования системы).

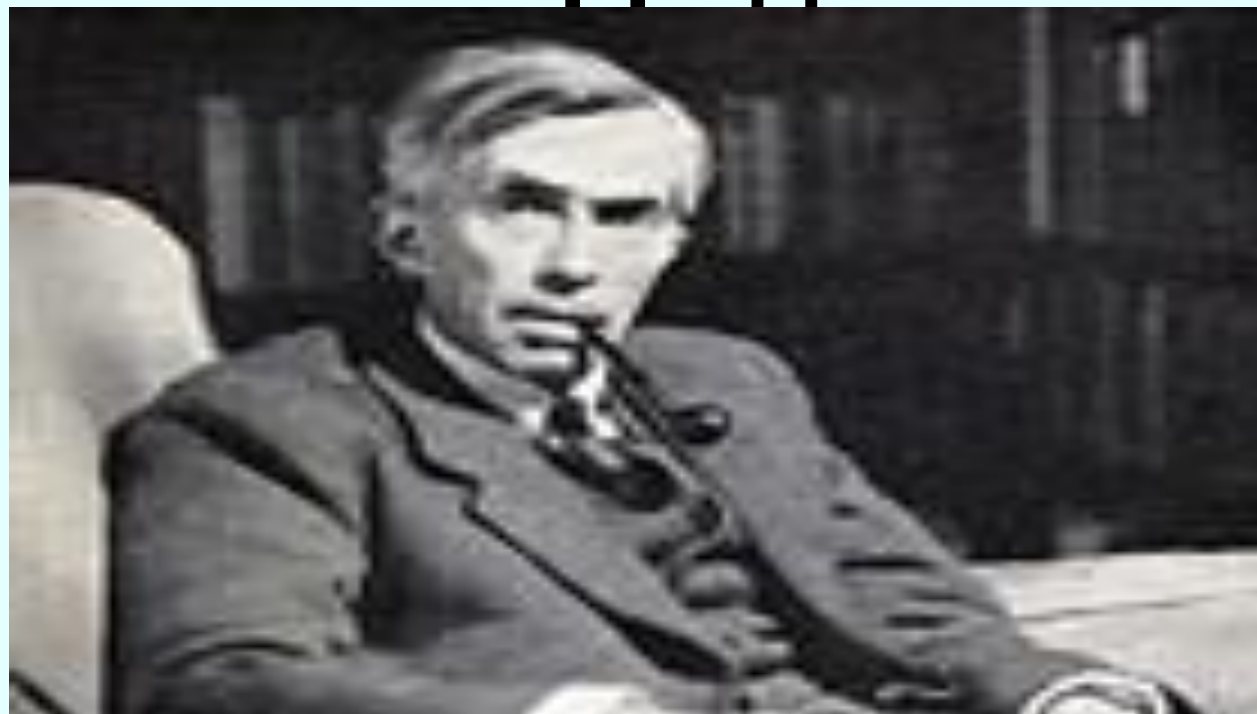
# Подходы к построению моделей

- непосредственный анализ функционирования системы;
- использование аналога;
- анализ исходных данных;
- проведение ограниченного эксперимента на самой системе (командно-штабные игры).



# Модель Харрода

Рассмотрим упрощенную модель развития экономики – **МОДЕЛЬ Харрода**



**ХАРРОД (Harrod) Рой Форбс (1900-1978), английский экономист, один из видных теоретиков кейнсианского направления**



# Модель Харрода

В модели учитывается один определяемый фактор – **инвестиции (I)**, а состояние экономики оценивается через размер **национального дохода (Y)**.

Для математической постановки задачи введём следующие обозначения:



# Модель Харрода

- $Y$  - национальный доход в год;
- $K$  - производственные фонды в год (здания, склады, оборудование, все виды транспорта, инструменты);
- $C$  - объём потребления в год;
- $S$  - объём накопления (сбережения) в год;
- $I$  - инвестиции (капитальные вложения) в год.



# Модель Харрода

Будем предполагать, что функционирование экономики происходит при выполнении следующих условий:

- условие баланса доходов и расходов за год

$$Y=C+S;$$

- условие исключения «пролёживания» капитала

$$S=I;$$

- условие пропорционального деления национального годового дохода

- $S=aY.$



# Модель Харрода

- Инвестиции в год могут рассматриваться как прирост производственных фондов:

$$I = \frac{dK}{dt}$$

- Национальный доход рассматривается как отдача производственных фондов с соответствующим нормативным коэффициентом фондоотдачи:

$$Y = \frac{K}{b}$$



# Модель Харрода

Соединяя условия задачи,  
получим:

$$Y = \frac{S}{a} = \frac{I}{a} = \frac{dK}{a \cdot dt} = \frac{b}{a} \frac{dY}{dt}.$$

**Итоговое уравнение Харрода:**

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a}{b} Y.$$



# Модель Харрода

Его решением является экспоненциальное изменение национального дохода:

$$Y = Y_0 e^{\frac{at}{b}}.$$



# Модель Харрода

Несмотря на упрощенный вид модели, её результат можно использовать для укрупнённого анализа национальной экономики.

Параметры **a** и **b** - параметры управления при выборе плановой стратегии развития в целях максимального приближения к предпочтительной траектории изменения национального дохода.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!





# РАНХиГС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, д. 46  
Сайт: <http://niu.ranepa.ru>