

# Предмет теории моделирования

---

Моделирование как научный прием

- 
- 
- **Моделирование** — это замещение одного объекта (оригинала) другим (моделью) и фиксация или изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели. Замещение производится с целью упрощения, удешевления, ускорения фиксации или изучения свойств оригинала

## Роль моделирования

- в некоторых случаях моделирование может быть единственным способом изучения сложного объекта или процесса, над которым невозможно проведение эксперимента (например, экономические процессы, экологические системы, взаимодействие элементов Солнечной системы, процессы в недрах звезд, полет космического корабля, сложнейшие технологические процессы, прогнозирование техногенного риска в промышленности и на транспорте, последствия возможной масштабной ядерной войны с точки зрения ее влияния на биосферу Земли и т. д.);
- моделирование позволяет сократить время изучения реального объекта и сроки проектирования нового объекта, снизить материальные затраты и повысить эффек-

тивность исследований, что особенно важно при создании и анализе сложных технических систем (производственных, энергетических, коммуникационных и др.);

- моделирование — незаменимый научный инструмент для изучения медленно протекающих процессов, таких как коррозия металлов, деформация и движение земной коры, разрушение материалов и конструкций, образование минералов, тепловое старение изоляции электрических проводов и кабелей и т. д.;

- 
- моделирование дает возможность исследовать механизмы быстро протекающих процессов, к числу которых относятся: образование электрической дуги, термоядерная реакция, детонация, кинетика фазовых переходов в твердых телах, кинетика носителей заряда в полупроводниках, обработка металлов взрывом и т. д.;
  - моделирование является средством исследования и анализа мелкомасштабных процессов, таких как газокинетические процессы в микро- и наноструктурах.

# Классификация моделей по степени их абстрагирования от оригинала

---





---

*Геометрическая модель* отображает пространственные и геометрические свойства объекта-оригинала (например, макеты архитектурных сооружений, выставочные модели самолетов, локомотивов, судов, автомобилей).

*Физическая модель* воспроизводит физические свойства оригинала. Такая модель представляет собой увеличенную или уменьшенную копию оригинала. Физическая модель создается по строгим законам теории подобия.

Предварительно все модели можно подразделить на две группы: **материальные (физические) и абстрактные (математические).**

- 
- Пример физической модели – токамак.
  - Физические модели используются в авиастроении (аэродинамическая труба).
  - **Физической моделью обычно называют систему, которая эквивалентна или подобна оригиналу, либо у которой процесс функционирования такой же, как у оригинала, и имеет ту же или другую физическую природу. Можно выделить следующие виды физических моделей: натурные, квазинатурные, масштабные и аналоговые.**

- 
- 
- **Аналоговая модель** отличается от оригинала по своей физической природе, но динамика ее внутренних процессов может быть описана теми же математическими соотношениями, которыми описывают процессы в моделируемой системе-оригинале.
  - В качестве аналоговых моделей используются электрические, электронные, механические, гидравлические, пневматические, тепловые и другие системы.

- Оригинал – механическая система-маятник, совершающий колебания  $x(t)$  относительно равновесия.

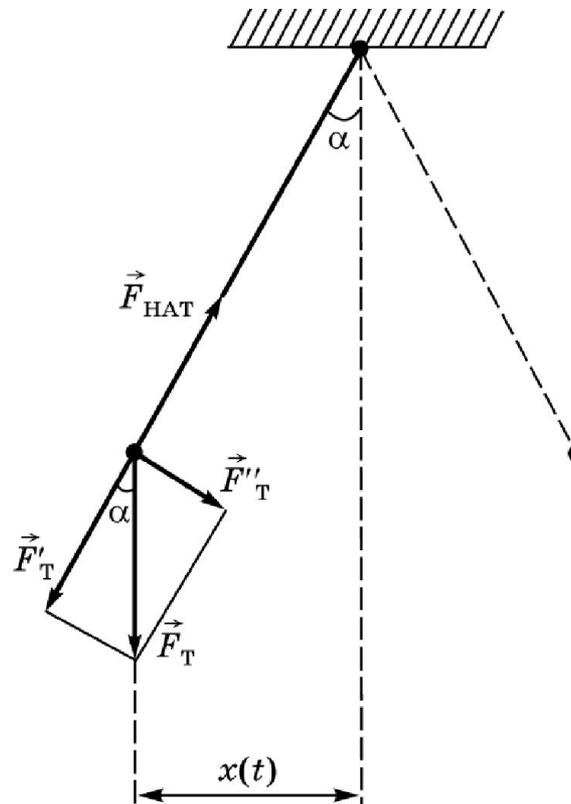
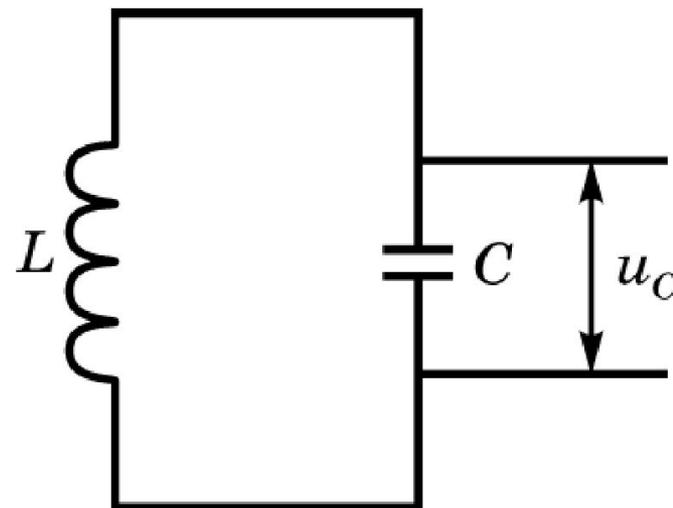


Рис. 1.2  
Маятник:

- Модель – электрическая система, представляющая собой колебательный контур.



**Рис. 1.3**  
*Колебательный контур:*

$$u_C(t) = x(t).$$

---

Процесс колебания маятника и процесс изменения напряжения конденсатора  $u_C$  во времени (в установившемся режиме) описываются одним и тем же дифференциальным уравнением для незатухающих гармонических колебаний:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad (1.1)$$

где  $\omega$  — частота колебаний.



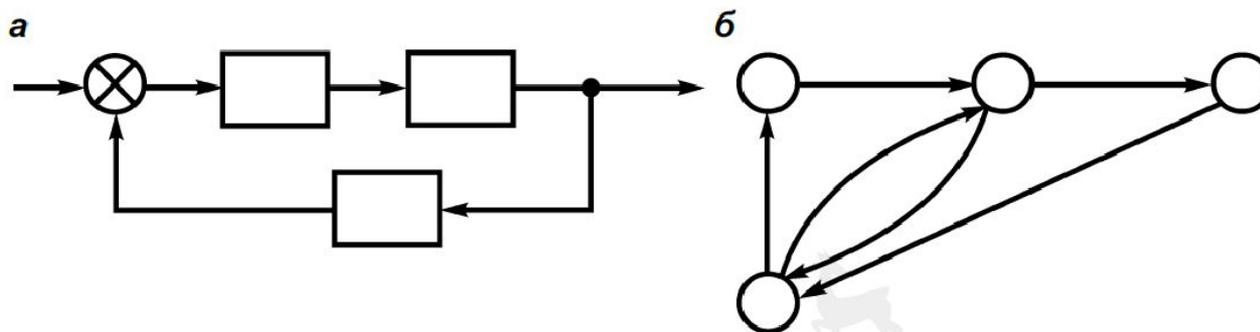
---

Возможность взаимного замещения механической и электрической систем при моделировании основана на следующих положениях:

- аналогом кинетической энергии механической системы является энергия магнитного поля электрической системы (накапливается на индуктивности);
- аналогом потенциальной энергии механической системы является энергия электрического поля электрической системы (накапливается в конденсаторе).

*Мнемоническая модель* отображает свойства объекта (оригинала) посредством схемы, графа, графика, чертежа, диаграммы, химической формулы и т. д. (рис. 1.5).

*Математическая модель* отображает свойства объекта (оригинала) на языке математических и логических соотношений.



**Рис. 1.5**

*Мнемонические модели:*

*а* — структурная схема; *б* — граф.

- 
- Математическая модель представляет собой формализованное описание системы с помощью абстрактного языка, в частности с помощью математических соотношений, отражающих процесс функционирования системы. Для составления модели можно использовать любые математические средства — алгебраическое, дифференциальное и интегральное исчисление, теорию множеств, теорию алгоритмов и т. д. По существу вся математика создана для составления и исследования моделей объектов или процессов.



---

**К средствам абстрактного описания систем относятся также языки химических формул, схем, чертежей, карт, диаграмм и т. п.**

Например, математические модели можно классифицировать на детерминированные и вероятностные (стохастические). Первые устанавливают однозначное соответствие между параметрами и характеристиками модели, а вторые — между статистическими значениями этих величин. Выбор того или иного вида модели обусловлен степенью необходимости учета случайных факторов. Среди математических моделей можно выделить по методу их исследования **аналитические, численные и имитационные модели.**

- 
- **Аналитической моделью** называется такое формализованное описание системы, которое позволяет получить решение уравнения в явном виде, используя известный математический аппарат.
  - **Численная модель** характеризуется зависимостью такого вида, который допускает только частные численные решения для конкретных начальных условий и количественных параметров модели.
  - **Имитационная модель** — это совокупность описания системы и внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы или правил изменения состояния системы под влиянием внешних и внутренних возмущений.



---

*Вычислительная модель* — программа, реализующая алгоритм (вычислительную схему) решения математической модели.

*Компьютерная модель* представляет собой электронный эквивалент исследуемого объекта. Это комплекс специальных программных и аппаратных средств (абстрактная и физическая составляющие). Схема, представленная на рисунке 1.6, отражает основные элементы компьютерного моделирования.



**Рис. 1.6**  
*Компьютерное моделирование*



---

*Имитационная модель* представляет по своей сути компьютерную модель, воспроизводящую (имитирующую) структуру и алгоритм функционирования сложной системы во времени. При имитационном моделировании учитываются (воспроизводятся) взаимодействие элементов системы между собой и с внешней средой, последовательность и динамика процессов, протекающих в системе, характер входных воздействий, случайные факторы, влияющие на работу системы. В зависимости от класса моделируемой системы и характера исследуемых процессов задается механизм (закон) изменения и масштаб модельного времени.



# Классификация моделей

---

- **Натурные модели** — это реальные исследуемые системы. Их называют макетами и опытными образцами. Натурные модели имеют полную адекватность с системой-оригиналом, что обеспечивает высокую точность и достоверность результатов моделирования.

- 
- 
- **Квазинатурные модели представляют собой совокупность натуральных и математических моделей.** Этот вид моделей используется в случаях, когда математическая модель части системы не является удовлетворительной (например, модель человека-оператора) или когда часть системы должна быть исследована во взаимодействии с остальными частями, но их еще не существует, либо их включение в модель затруднено или дорого. Примерами квазинатурных моделей могут служить вычислительные полигоны, на которых отрабатывается программное обеспечение различных систем, или реальные АСУ, исследуемые совместно с математическими моделями соответствующих производств.

- 
- **Масштабная модель** — это система той же физической природы, что и оригинал, но отличающаяся от него **масштабами**. Методологической основой масштабного моделирования является теория подобия, которая предусматривает соблюдение геометрического подобия оригинала и модели и соответствующих масштабов для их параметров. При проектировании ВС масштабные модели могут использоваться для анализа вариантов компоновочных решений по конструкции системы и ее элементов.

- 
- **Аналоговыми моделями называются системы, имеющие физическую природу, отличающуюся от оригинала, но сходные с оригиналом процессы функционирования.** Обязательным условием при этом является однозначное соответствие между параметрами изучаемого объекта и его модели, а также тождественность безразмерных математических описаний процессов, протекающих в них. Для создания аналоговой модели требуется наличие математического описания изучаемой системы.
  - Аналоговые модели используют при исследовании средств вычислительной техники на уровне логических элементов и электрических цепей, а также на системном уровне, когда функционирование системы описывается, например, дифференциальными или алгебраическими уравнениями.



---

Таким образом под **моделью** мы будем подразумевать рассуждения (на любом языке - математическом, графическом, алгоритмическом, разговорном и т.д.), позволяющие имитировать наблюдаемое явления.

Очевидно, что конкретные цели конкретизируют и язык на котором описывается модель. Так, языком большого числа физических и технических моделей является математика.



## Вопросы к лекции

---

- Моделирование – это...
- К материальным моделям относятся...
- К абстрактным моделям относятся...