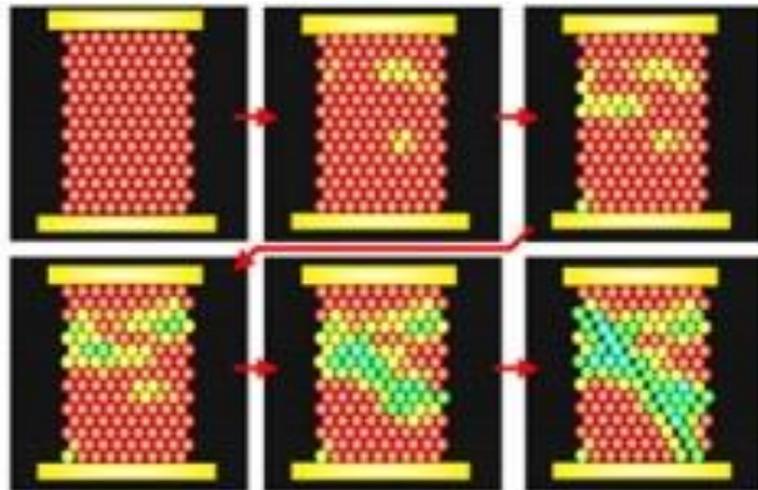


# Классификация видов моделирования систем

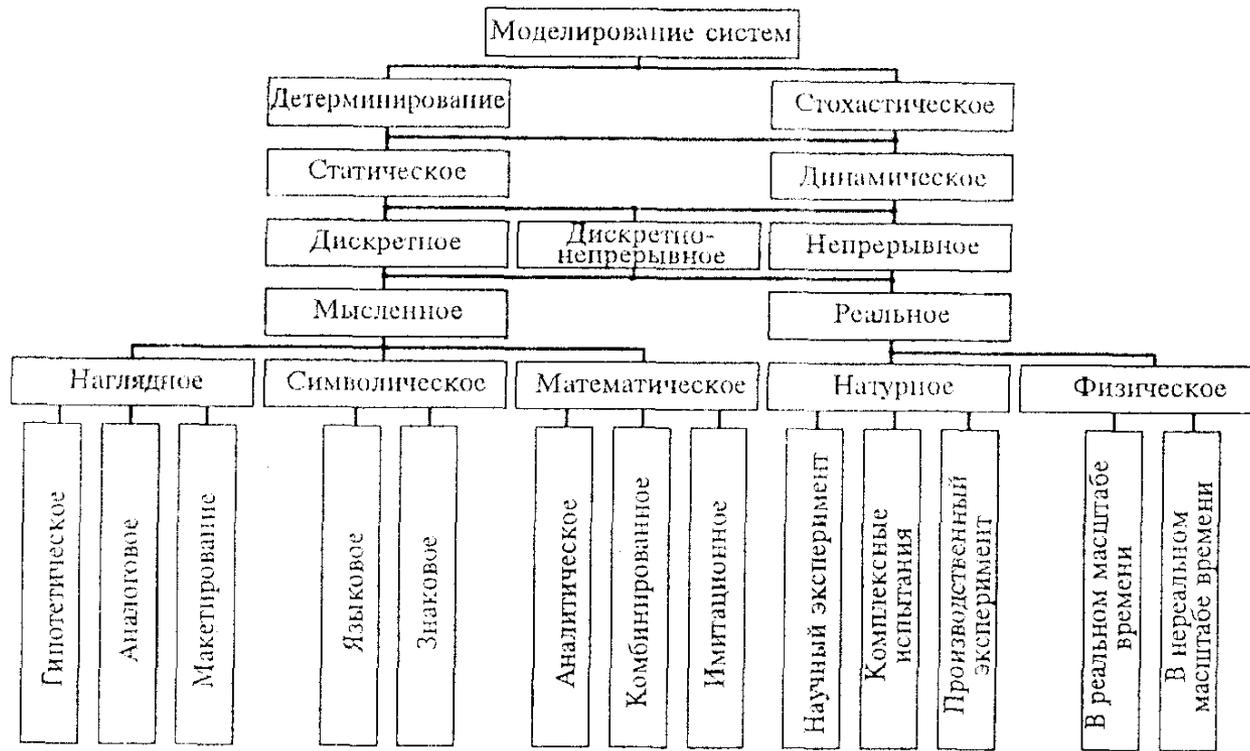


# План

- Классификационные признаки моделирования
- Эффективность моделирования систем

# Классификационные признаки моделирования

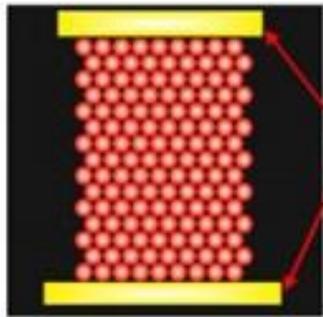
- В основе моделирования лежит теория подобия, которая утверждает, что абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим точно таким же. При моделировании абсолютное подобие не имеет места и стремятся к тому, чтобы модель достаточно хорошо отображала исследуемую сторону функционирования объекта.
- В качестве одного из первых признаков классификации видов моделирования можно выбрать степень полноты модели и разделить модели в соответствии с этим признаком на:
  - полные,
  - неполные
  - приближенные.
- В основе полного моделирования лежит полное подобие, которое проявляется как во времени, так и в пространстве.
- Для неполного моделирования характерно неполное подобие модели изучаемому объекту.
- В основе приближенного моделирования лежит приближенное подобие, при котором некоторые стороны функционирования реального объекта не моделируются совсем



- **Классификационные признаки моделирования систем  $S$  приведены на рис. 1.**
- В зависимости от характера изучаемых процессов в системе  $S$  все виды моделирования могут быть разделены:
  - детерминированные;
  - стохастические;
  - статические и динамические;
  - дискретные;
  - непрерывные;
  - дискретно-непрерывные.

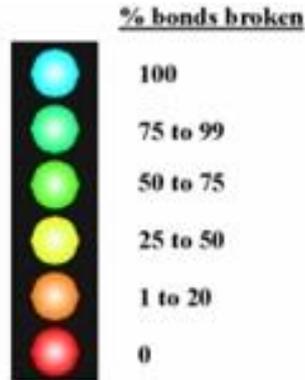
- Детерминированное моделирование отображает детерминированные процессы, т.е. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий.
- Стохастическое моделирование отображает вероятностные процессы и события. В этом случае анализируется ряд реализаций случайного процесса, и оцениваются средние характеристики, т. е. набор однородных реализаций.
- Статическое моделирование служит для описания поведения объекта в какой-либо момент времени, а динамическое моделирование отражает поведение объекта во времени.
- Дискретное моделирование служит для описания процессов, которые предполагаются дискретными, соответственно непрерывное моделирование позволяет отразить непрерывные процессы в системах, а дискретно-непрерывное моделирование используется для случаев, когда хотят выделить наличие как дискретных, так и непрерывных процессов.
- В зависимости от формы представления объекта (системы  $S$ ) можно выделить мысленное и реальное моделирование.
- Мысленное моделирование часто является единственным способом моделирования объектов, которые либо практически нереализуемы в заданном интервале времени, либо существуют вне условий, возможных для их физического создания. Например, на базе мысленного моделирования могут быть проанализированы многие ситуации микромира, которые не поддаются физическому эксперименту

# Пример Дискретное моделирование

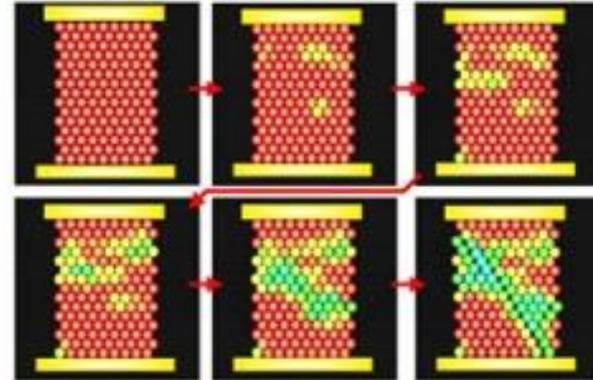


Top and bottom platens advance toward each other at a constant velocity to produce a constant strain rate.

(a)



(b)



(c)

- **Мысленное моделирование может быть реализовано в виде:**
- **наглядного;**
- **символического;**
- **математического.**
- При наглядном моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются различные наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте.
- 1) В основу гипотетического моделирования исследователем закладывается некоторая гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. Гипотетическое моделирование используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей.
- 2) Аналоговое моделирование основывается на применении аналогий различных уровней. Наивысшим уровнем является полная аналогия, имеющая место только для достаточно простых объектов. С усложнением объекта используют аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько либо только одну сторону функционирования объекта.
- 3) Существенное место при мысленном наглядном моделировании занимает макетирование. Мысленный макет может применяться в случаях, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию, либо может предшествовать проведению других видов моделирования.

- В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, однако обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлениями и процессами в объекте. Если ввести условное обозначение отдельных понятий, т. е. знаки, а также определенные операции между этими знаками, то можно реализовать знаковое моделирование и с помощью знаков отображать набор понятий — составлять отдельные цепочки из слов и предложений. Используя операции объединения, пересечения и дополнения теории множеств, можно в отдельных символах дать описание какого-то реального объекта.

- В основе языкового моделирования лежит некоторый тезаурус. Последний образуется из набора входящих понятий, причем этот набор должен быть фиксированным. Следует отметить, что между тезаурусом и обычным словарем имеются принципиальные различия.
- Тезаурус — словарь, который очищен от неоднозначности, т. е. в нем каждому слову может соответствовать лишь единственное понятие, хотя в обычном словаре одному слову могут соответствовать несколько понятий.
- Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков или символов.
- Математическое моделирование. Для исследования характеристик процесса функционирования любой системы  $S$  математическими методами, включая и машинные, должна быть проведена формализация этого процесса, т. е. построена математическая модель.
- Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этой задачи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности. Математическое моделирование для исследования характеристик процесса функционирования систем можно разделить на:
  - аналитическое,
  - имитационное,
  - комбинированное

- Для аналитического моделирования характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий. Аналитическая модель может быть исследована следующими методами:
  - а) аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные зависимости для искомых характеристик;
  - б) численным, когда, не умея решать уравнений в общем виде, стремятся получить числовые результаты при конкретных начальных данных;
  - в) качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения.
- При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы  $S$  во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы  $S$ .
- Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. В настоящее время имитационное моделирование — наиболее эффективный метод исследования больших систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.
- Комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование при анализе и синтезе систем позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей проводится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой комбинированный подход позволяет охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с использованием только аналитического и имитационного моделирования в отдельности.

- При реальном моделировании используется возможность исследования различных характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части. Такие исследования могут проводиться как на объектах, работающих в нормальных режимах, так и при организации специальных режимов для оценки интересующих исследователя характеристик. Реальное моделирование является наиболее адекватным, но при этом его возможности с учетом особенностей реальных объектов ограничены.
- Натурным моделированием называют проведение исследования на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия.
- С развитием техники и проникновением в глубь процессов, протекающих в реальных системах, возрастает техническая оснащенность современного научного эксперимента. Он характеризуется широким использованием средств автоматизации проведения, применением весьма разнообразных средств обработки информации, возможностью вмешательства человека в процесс проведения эксперимента, и в соответствии с этим появилось новое научное направление — автоматизация научных экспериментов.
- Отличие эксперимента от реального протекания процесса заключается в том, что в нем могут появиться отдельные критические ситуации и определяться границы устойчивости процесса.
- Другим видом реального моделирования является физическое, отличающееся от натурального тем, что исследование проводится на установках, которые сохраняют природу явлений и обладают физическим подобием. В процессе физического моделирования задаются некоторые характеристики внешней среды и исследуется поведение либо реального объекта, либо его модели при заданных или создаваемых искусственно воздействиях внешней среды. Физическое моделирование может протекать в реальном и нереальном (псевдореальном) масштабах времени, а также может рассматриваться без учета времени. В последнем случае изучению подлежат так называемые «замороженные» процессы, которые фиксируются в некоторый момент времени. Наибольшее сложность и интерес с точки зрения верности получаемых результатов представляет физическое моделирование в реальном масштабе времени.

- С точки зрения математического описания объекта и в зависимости от его характера модели можно разделить на:
- аналоговые (непрерывные),
- цифровые (дискретные),
- аналого-цифровые (комбинированные).
- Под аналоговой моделью понимается модель, которая описывается уравнениями, связывающими непрерывные величины.
- Под цифровой понимают модель, которая описывается уравнениями, связывающими дискретные величины, представленные в цифровом виде.
- Под аналого-цифровой понимается модель, которая может быть описана уравнениями, связывающими непрерывные и дискретные величины.
- Особое место в моделировании занимает кибернетическое моделирование, в котором отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию и рассматривают реальный объект как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируют некоторые связи между выходами и входами. Чаще всего при использовании кибернетических моделей проводят анализ поведенческой стороны объекта при различных воздействиях внешней среды. Таким образом, в основе кибернетических моделей лежит отражение некоторых информационных процессов управления, что позволяет оценить поведение реального объекта. Для построения имитационной модели в этом случае необходимо выделить исследуемую функцию реального объекта, попытаться формализовать эту функцию в виде некоторых операторов связи между входом и выходом и воспроизвести на имитационной модели данную функцию, причем на базе совершенно иных математических соотношений и, естественно, иной физической реализации процесса.

# Эффективность моделирования систем

- Обеспечение требуемых показателей качества функционирования больших систем, связанное с необходимостью изучения протекания стохастических процессов в исследуемых и проектируемых системах  $S$ , позволяет проводить комплекс теоретических и экспериментальных исследований, взаимно дополняющих друг друга.
- Эффективность экспериментальных исследований сложных систем оказывается крайне низкой, поскольку проведение натурных экспериментов с реальной системой либо требует больших материальных затрат и значительного времени, либо вообще практически невозможно. Эффективность теоретических исследований с практической точки зрения в полной мере проявляется лишь тогда, когда их результаты с требуемой степенью точности и достоверности могут быть представлены в виде аналитических соотношений или моделирующих алгоритмов, пригодных для получения соответствующих характеристик процесса функционирования исследуемых систем.
- Обычно модель строится по иерархическому принципу, когда последовательно анализируются отдельные стороны функционирования объекта и при перемещении центра внимания исследователя рассмотренные ранее подсистемы переходят во внешнюю среду. Иерархическая структура моделей может раскрывать и ту последовательность, в которой изучается реальный объект, а именно последовательность перехода от структурного (топологического) уровня к функциональному (алгоритмическому) и от функционального к параметрическому.
- Результат моделирования в значительной степени зависит от адекватности исходной концептуальной (описательной) модели, от полученной степени подобия описания реального объекта, числа реализаций модели и многих других факторов. В ряде случаев сложность объекта не позволяет не только построить математическую модель объекта, но и дать достаточно близкое кибернетическое описание, и перспективным здесь является выделение наиболее трудно поддающейся математическому описанию части объекта и включение этой реальной части физического объекта в имитационную модель. Тогда модель реализуется, с одной стороны, на базе средств вычислительной техники, а с другой — имеется реальная часть объекта. Это значительно расширяет возможности и повышает достоверность результатов моделирования.

- Имитационная система реализуется на ЭВМ и позволяет исследовать имитационную модель  $M$ , задаваемую в виде определенной совокупности отдельных блочных моделей и связей между ними в их взаимодействии в пространстве и времени при реализации какого-либо процесса. Можно выделить три основные группы блоков:
- ***блоки, характеризующие моделируемый процесс функционирования системы  $S$ ;***
- ***блоки, отображающие внешнюю среду  $E$  и ее воздействие на реализуемый процесс;***
- ***блоки, играющие служебную вспомогательную роль, обеспечивая взаимодействие первых двух, а также выполняющие дополнительные функции по получению и обработке результатов моделирования.***