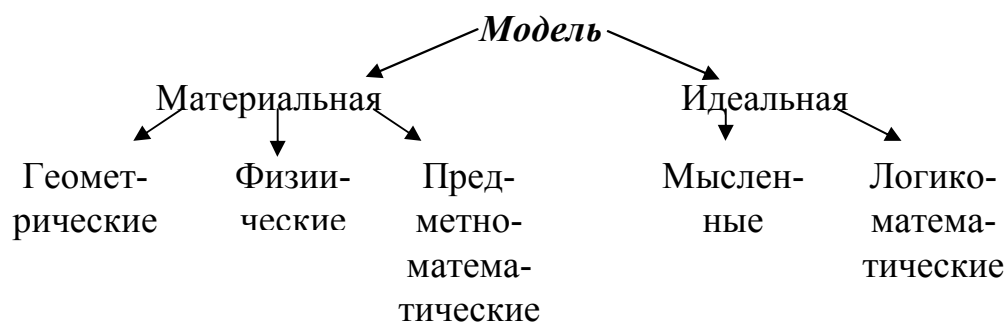


## Занятие №2. Общие вопросы моделирования. Классификация моделей

### 1.1 Предмет теории моделирования.

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

**Модель** (лат. *modulus* — мера) — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.



**Компьютерная модель** – это программная реализация математической модели, дополненная различными служебными программами (например, рисующими и изменяющими графические образы во времени). Компьютерная модель имеет две составляющие – программную и аппаратную. Программная составляющая так же является абстрактной знаковой моделью. Это лишь другая форма абстрактной модели, которая, однако, может интерпретироваться не только математиками и программистами, но и техническим устройством – процессором компьютера.

Таким образом, моделирование может быть определено как представление объекта моделью для получения информации об этом объекте путем проведения экспериментов с его моделью. Теория замещения одних объектов (оригиналов) другими объектами (моделями) и исследования свойств объектов на их моделях называется *теорией моделирования*.

Теория моделирования — взаимосвязанная совокупность положений, определений, методов и средств создания моделей. Сами **модели** являются предметом теории моделирования.

Теория моделирования является основной составляющей общей теории систем - системологии, где в качестве главного принципа постулируются осуществимые модели: система представима конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определённую грань её сущности.

### 1.2 Роль и место моделирования в исследовании систем.

Познание любой системы (S) сводится по существу к созданию её модели. Перед изготовлением каждого устройства или сооружения разрабатывается его модель - проект. Любое произведение искусства является моделью, фиксирующее действительность.

Достижения математики привели к распространению математических моделей различных объектов и процессов. Подмечено, что динамика функционирования раз-

ных по физической природе систем однотипными зависимостями, что позволяет моделировать их на ЭВМ.

На качественно новую ступень поднялась моделирование в результате разработки методологии имитационного моделирования на ЭВМ.

Сейчас трудно указать область человеческой деятельности, где бы применялось моделирование. Разработаны модели производства автомобилей, выращивания пшеницы, функционирования отдельных органов человека, жизнедеятельности Азовского моря, атомного взрыва, последствий атомной войны.

Специалисты считают, что моделирование становится основной функцией ВС. На практике широко используются АСУ технологическими процессами организационно-экономическими комплексами, процессами проектирования, банки данных и знаний. Но любая из этих систем нуждается в информации об управляемом объекте и модели управляемой объектом, в моделировании тех или иных управляющих решений.

Сами ВС как сложные и дорогостоящие технические системы могут являться объектами моделирования.

Обычно процесс разработки сложной системы осуществляется итерационно с использованием моделирования проектных решений. Если характеристики не удовлетворяют предъявленным требованиям, то по результатам анализа производят корректировку проекта, затем снова проводят моделирование.

При анализе действующих систем с помощью моделирования определяют границы работоспособности системы, выполняют имитацию экспериментальных условий, которые могут возникнуть в процессе функционирования системы. Искусственное создание таких условий на действительной системе затруднено и может привести к катастрофическим последствиям.

Применение моделирования может быть полезным при разработке стратегии развития ВС, её усовершенствования при создании сетей ЭВМ.

В настоящее время при анализе и синтезе сложных (больших) систем получил развитие *системный подход*, который отличается от классического (или индуктивного - путем перехода *от частного к общему* и синтезирует (конструирует) систему путем слияния ее компонент, разрабатываемых отдельно) подхода. В отличие от этого *системный подход* предполагает последовательный переход *от общего к частному*, когда в основе рассмотрения лежит цель, причем исследуемый объект выделяется из окружающей среды.

**Понятие системы и элемента системы.** Специалисты по проектированию и эксплуатации сложных систем имеют дело с системами управления различных уровней, обладающими общим свойством - стремлением достичь некоторой цели. Эту особенность учтем в следующих определениях системы.

*Система S* — целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы.

*Внешняя среда E* — множество существующих вне системы элементов любой природы, оказывающих влияние на систему или находящихся под ее воздействием.

**Понятие модели.** Модель – представление объекта, системы или понятия, в некоторой форме, отличного от их реального существования.

Моделирование – во-первых, построение модели, во-вторых, изучение модели, в-третьих, анализ системы на основе данной модели.

При системном подходе к моделированию систем необходимо прежде всего четко определить *цель моделирования*. Применительно к вопросам моделирования цель возникает из требуемых задач моделирования, что позволяет подойти к выбору критерия и оценить, какие элементы войдут в создаваемую модель  $M$ . Поэтому необходимо иметь критерий отбора отдельных элементов в создаваемую модель.

#### Цели моделирования:

1) оценка – оценить действительные характеристики проектируемой или существующей системы, определить насколько система предлагаемой структуры будут соответствовать предъявляемым требованиям.

2) сравнение – произвести сравнение конкурирующих систем одного функционального назначения или сопоставить несколько вариантов построения одной и той же системы.

3) прогноз – оценить поведение системы при некотором предполагаемом сочетании рабочих условий.

4) анализ чувствительности – выявить из большого числа факторов, действующих на систему тем, которое в большей степени влияют на ее поведение и определяют ее показатели эффективности.

5) оптимизация – найти или установить такое сочетание действующих факторов и их величин, которое обеспечивает наилучшие показатели эффективности системы в целом.

1-4 задачи анализа, 5 - задача синтеза.

**Подходы к исследованию систем.** Важным для системного подхода является определение *структуры системы* — совокупности связей между элементами системы, отражающих их взаимодействие.

При *структурном подходе* выявляются состав выделенных элементов системы  $S$  и связи между ними. Совокупность элементов и связей между ними позволяет судить о структуре системы. Последняя в зависимости от цели исследования может быть описана на разных уровнях рассмотрения. Наиболее общее описание структуры — это топологическое описание, позволяющее определить в самых общих понятиях составные части системы и хорошо формализуемое на базе теории графов.

Менее общим является функциональное описание, когда рассматриваются отдельные функции, т. е. алгоритмы поведения системы, и реализуется *функциональный подход*, оценивающий функции, которые выполняет система, причем под функцией понимается свойство, приводящее к достижению цели.

Простой подход к изучению взаимосвязей между отдельными частями модели предусматривает рассмотрение их как отражение связей между отдельными подсистемами объекта. Такой классический подход может быть использован при создании достаточно простых моделей. Процесс синтеза модели  $M$  на основе классического (индуктивного) подхода представлен на рис. 1.1, *a*. Реальный объект, подлежащий моделированию, разбивается на отдельные подсистемы, т. е. выбираются исходные данные  $D$  для моделирования и ставятся цели  $C$ , отображающие отдельные стороны процесса моделирования. По отдельной совокупности исходных данных  $D$  ставится

цель моделирования отдельной стороны функционирования системы, на базе этой цели формируется некоторая компонента  $K$  будущей модели. Совокупность компонент объединяется в модель  $M$ .

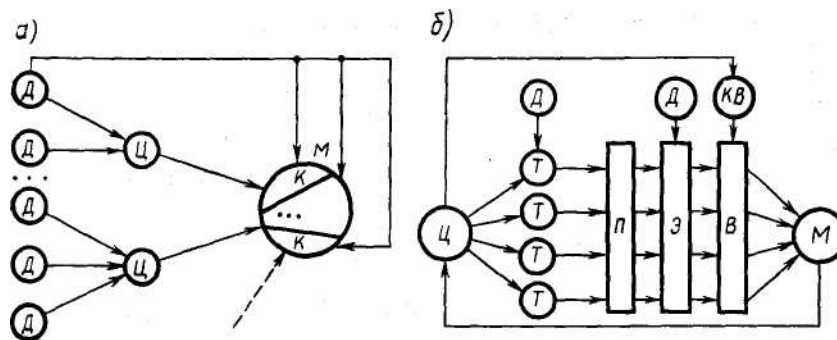


Рис. 1.1. Процесс синтеза модели на основе классического (а) и системного (б) подходов

Таким образом, разработка модели  $M$  на базе классического подхода означает суммирование отдельных компонент в единую модель, причем каждая из компонент решает свои собственные задачи и изолирована от других частей модели. Поэтому классический подход может быть использован для реализации сравнительно простых моделей, в которых возможно разделение и взаимно независимое рассмотрение отдельных сторон функционирования реального объекта. Для модели сложного объекта такая разобщенность решаемых задач недопустима, так как приводит к значительным затратам ресурсов при реализации модели на базе конкретных программно-технических средств. Можно отметить две отличительные стороны классического подхода: наблюдается движение от частного к общему, создаваемая модель (система) образуется путем суммирования отдельных ее компонент и не учитывается возникновение нового системного эффекта.

Процесс синтеза модели  $M$  на базе системного подхода условно представлен на рис. 1.1, б. На основе исходных данных  $D$ , которые известны из анализа внешней системы, тех ограничений, которые накладываются на систему сверху либо исходя из возможностей ее реализации, и на основе цели функционирования формулируются исходные требования  $T$  к модели системы  $S$ . На базе этих требований формируются ориентировочно некоторые подсистемы  $П$ , элементы  $Э$  и осуществляется наиболее сложный этап синтеза — выбор  $B$  составляющих системы, для чего используются специальные критерии выбора  $KB$ .

**Стадии разработки моделей.** На базе системного подхода может быть предложена и некоторая последовательность разработки моделей, когда выделяют две основные стадии проектирования: *макропроектирование* и *микропроектирование*.

На стадии *макропроектирования* на основе данных о реальной системе  $S$  и внешней среде  $E$  строится модель внешней среды, выявляются ресурсы и ограничения для построения модели системы, выбирается модель системы и критерии, позволяющие оценить адекватность модели  $M$  реальной системы  $S$ .

Стадия *микропроектирования* в значительной степени зависит от конкретного типа выбранной модели. В случае имитационной модели необходимо обеспечить создание информационного, математического, технического и программного обеспечений систем моделирования.

Независимо от типа используемой модели  $M$  при ее построении необходимо руководствоваться рядом принципов системного подхода:

- 1) пропорционально-последовательное продвижение по этапам и направлениям создания модели;
- 2) согласование информационных, ресурсных, надежностьчных и других характеристик;
- 3) правильное соотношение отдельных уровней иерархии в системе моделирования;
- 4) целостность отдельных обособленных стадий построения модели.

### **1.3 Классификация моделей.**

**Физические модели.** В основу классификации положена степень абстрагирования модели от оригинала. Предварительно все модели можно подразделить на 2 группы — физические и абстрактные (математические).

Ф.М. обычно называют систему, эквивалентную или подобную оригиналу, но возможно имеющую другую физическую природу. Виды Ф.М.:

- натуральные;
- квазинатуральные;
- масштабные;
- аналоговые;

*Натуральные модели* — это реальные исследуемые системы (макеты, опытные образцы). Имеют полную адекватность (соответствия) с системой оригиналом, но дороги.

*Квазинатуральные модели* — совокупность натуральных и математических моделей. Этот вид используется тогда, когда модель части системы не может быть математической из-за сложности её описания (модель человека оператора) или когда часть системы должна быть исследована во взаимодействии с другими частями, но их ещё не существует или их включение очень дорого (вычислительные полигоны, АСУ).

*Масштабная модель* — это система той же физической природы, что и оригинал, но отличается от него масштабами. Методологической основой масштабного моделирования является теория подобия. При проектировании ВС масштабные модели могут использоваться для анализа вариантов компоновочных решений.

*Аналоговыми моделями* называют системы, имеющие физическую природу, отличающуюся от оригинала, но сходные с оригиналом процессы функционирования. Для создания аналоговой модели требуется наличие математического описания изучаемой системы. В качестве аналоговых моделей используются механические, гидравлические, пневматические и электрические системы. Аналоговое моделирование использует при исследовании средства ВТ на уровне логических элементов и электрических цепей, а так же на системном уровне, когда функционирование системы описывается, например, дифференциальными или алгебраическими уравнениями.

**Математические модели.** Математические модели представляют собой формализованное представление системы с помощью абстрактного языка, с помощью математических соотношений, отражающих процесс функционирования системы. Для составления математических моделей можно использовать любые математические средства — алгебраическое, дифференциальное, интегральное исчисления, тео-

рию множеств, теорию алгоритмов и т.д. По существу вся математика создана для составления и исследования моделей объектов и процессов.

К средствам абстрактного описания систем относятся также языки химических формул, схем, чертежей, карт, диаграмм и т.п. Выбор вида модели определяется особенностями изучаемой системы и целями моделирования, т.к. исследование модели позволяет получить ответы на определённую группу вопросов. Для получения другой информации может потребоваться модель другого вида. Математические модели можно классифицировать как *детерминированные и вероятностные, аналитические, численные и имитационные*.

*Детерминированное моделирование* отображает 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.

*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 решения для конкретных начальных условий и количественных параметров моделей.

*Имитационная модель* — это совокупность описания системы и внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы или правил изменения состояния системы под влиянием внешних и внутренних возмущений. Эти алгоритмы и правила не дают возможности использования имеющихся математических методов аналитического и численного решения, но позволяют имитировать процесс функционирования системы и производить вычисления интересующих характеристик. Имитационные модели могут быть созданы для гораздо более широкого класса объектов и процессов, чем аналитические и численные. Поскольку для реализации имитационных моделей служат ВС, средствами формализованного описания ИМ служат универсальные и специальные алгоритмические языки. ИМ в наибольшей степени подходят для исследования ВС на системном уровне.

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 343с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: Учеб. пособие для вузов по спец. “Автоматизир. системы обработки информ. и упр.” – М.: Высш. шк., 1999. – 224с.

Хахулин Г.Ф. Основы конструирования имитационных моделей: учеб. пособие. – М.: НТК Поток, 2002. – 222 с.