



УДК 001.891.573

Составитель: Р.А. Томакова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент А. В. Малышев

**Методологические основы моделирования:** методические указания для проведения лабораторных занятий и выполнения самостоятельной внеаудиторной работы по дисциплине «Моделирование» для студентов направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» (профиль «Разработка информационно-вычислительных систем») / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Р.А. Томакова. Курск, 2022. 25 с.

Рассмотрены основные понятиями методологии моделирования, проанализированы методы моделирования, применяемые для проведения научных исследований. Произведена классификация, определены цели и задачи моделирования, выделены особенности теоретического уровня проведения исследований, реализованы возможные структурные схемы построения теоретического познания и его элементов.

Методические указания составлены в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» на основании учебного плана ОПОП ВО 09.04.04 «Программная инженерия», направленность (профиль, специализация) «Разработка информационно-вычислительных систем».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» (профиль «Разработка информационно-вычислительных систем») всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Усл. печ. л.                      Подписано в печать                      Формат 60×84 1/16.  
. Уч.- изд. л.                      . Тираж 25 экз. Заказ 1697 .                      Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Цель и задачи лабораторного занятия (лабораторной работы):**

**Цель работы** – изучение методов моделирования, применяемых для проведения научных исследований и приобретение практических навыков их использования.

**Задачи работы:**

- Познакомиться с основными понятиями методологии моделирования в научных исследованиях;
- Изучить классификацию методов моделирования этапы построения моделей;
- Изучить функции и значение моделирования в процессе познания;
- Выделить способы классификации моделей и развертывания теорий;
- Изучить особенности теоретического уровня проведения исследований;
- Выделить структурные компоненты теоретического познания;
- Изучить возможные структурные схемы построения теоретического познания и его элементов;
- Познакомиться с алгоритмами процесса построения и назначения моделей;
- Проанализировать и обосновать преимущества применения моделирования в процессе разработки.

**Планируемые результаты обучения (формируемые знания, умения, навыки и компетенции):**

*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной:*

УК-1.1 - Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними;

УК-1.2 - Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;

УК-1.3- Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников;

УК-1.4 - Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов;

УК-1.5 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области;

**Необходимые материально-техническое оборудование и материалы:**

1. Класс ПЭВМ - Athlon 64 X2-2.4; Cel 2.4, Cel 2.6, Cel 800.
2. Мультимедиа центр: ноутбук ASUS X50VL PMD T2330/14"/1024Mb/ 160Gb/ сум-ка/проектор inFocus IN24+ .
3. Экран мобильный Draper Diplomat 60x60
4. Доступ в сеть Интернет.

**Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной практической работы:**

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Лабораторное занятие №1 Методологические основы моделирования	6	Выполнил, но «не защитил»	12	Выполнил и «защитил»

**План проведения лабораторного занятия (лабораторной работы)**

### **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ**

1. Составить структурную схему процесса моделирования в научных исследованиях. Обосновать выбор входящих модулей.

2. Составить структурные компоненты классификации типов моделей моделирования. Аргументировать содержание входящих модулей и их назначение.

3. Обосновать особенности алгоритма процесса моделирования при проведения исследований.

4. Проанализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.

4. Определить пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, обосновать причины возникновения и развития проблемных ситуаций в науке.

5. Разработать и содержательно аргументировать стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов.

6. Проанализировать основные модели в структуре теории. Выполнить структуризацию предметной области и построение модели.

7. Постройте алгоритм проверки адекватности с целью воспроизведения моделью с необходимой полнотой всех характеристик объекта, существенных для цели моделирования при всем различии модели и оригинала.

8. Произвести сравнительный анализ результатов.

9. Сделать выводы по работе.

10. Представить отчет.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1. МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ПРЕИМУЩЕСТВА

В настоящее время одним из эффективных методов исследования, позволяющих быстро решать задачи, возникающие в той или иной сфере, является *метод моделирования*.

*Моделирование можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим близкое к оригиналу поведение в рамках некоторых допущений и приемлемых погрешностей.*

Моделирование обычно выполняется с целью познания свойств оригинала путем исследования не самого объекта, а его модели.

Важно отметить, что процесс моделирования предполагается использовать в случае, когда невозможно исследовать сам объект или систему в интересующем исследователя состоянии. С этой целью вместо самой системы или объекта используется модель этой системы, в построении которой заложена идея некоторого упрощения, допускающая представление о мире. В этом случае модель представления сконструированного объекта более удобна для проведения исследования. Поэтому изучение модели и выполнение над операцией над ней позволяет получить важную информацию о реальном объекте.

Под моделью понимается физический или абстрактный объект, имеющий в том или ином аспекте схожие характеристики и свойства, исследуемого объекта. Требования к модели определяются поставленной задачей и имеющимися средствами.

*В общем случае, при любом построении модели требуется учитывать ряд общих требований и основных свойств:*

- **конечность**: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны;

- **упрощённость**: модель отображает только существенные стороны объекта;

- **приблизительность**: действительность отображается моделью грубо или приблизительно;

- **адекватность**: модель успешно описывает моделируемую систему (соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы его свойств в рамках принятых гипотез и предположений);

- **информативность**: содержание необходимой и достаточной информации о моделируемой системе в рамках гипотез, принятых при построении модели, способствующей возможности получения новой информации об исследуемом объекте или процессе;

- **полнота** – учет всех основных связей и отношений, необходимых для обеспечения цели моделирования;

- **адаптивность** – модель должна быть приспособлена к изменениям воздействия внешних факторов и внутренних параметров.

Моделирование представляет процесс построения модели объекта и исследования его свойств, содержащий два основных этапа: разработка модели и исследование модели.

Процесс моделирования выполняется по схеме, представленной на рисунке 1 и включает:

1. **субъект** (кто занимается исследованием);
2. **задача**, решаемая субъектом;
3. **объект**-оригинал (что исследуется);
4. Язык описания и **способ построения модели**, определяющий отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

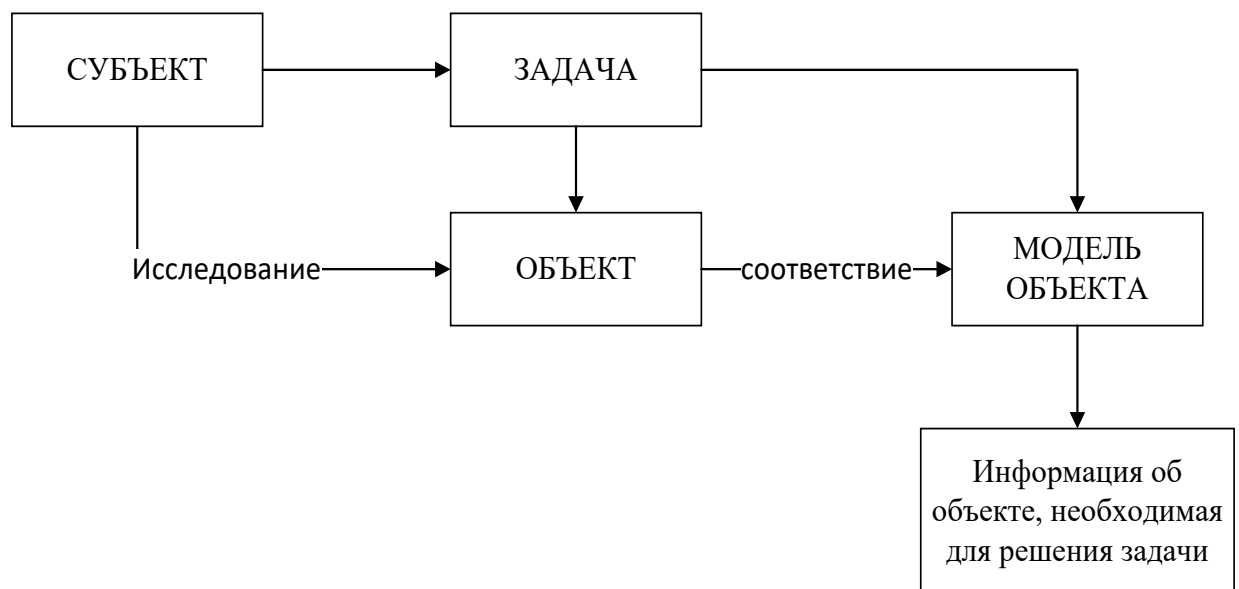


Рисунок 1 - Процесс моделирования

Необходимо подчеркнуть важность решаемой задачи субъектом для построения модели, т.к. без учета содержания и постановки задачи понятие модели не имеет смысла.

Практика реализации показывает, что **целями моделирования могут являться:**

1. **осмысление действительности** (познание и разработка теории исследуемых систем);
2. **постановка над моделью экспериментов** с последующей интерпретацией их результатов применительно к моделируемой системе;
3. **прогнозирование процессов поведения системы** (выходных данных, ситуаций, состояний системы);
4. **проектирование систем, создание объектов с заданными характеристиками эффективности;**
5. **управление системами** (объектами или проектами);
6. **обучение специалистов** (возможность использования тренажеров)

### **Классификация моделей.**

В силу многообразия критериев, предъявляемых для построения моделей, задача построения единой классификации не имеет однозначного решения.

Формирование моделей может проводиться по характеру моделей, по типу моделируемых объектов, по сферам приложения и его уровням. Таким образом, любая классификация моделей, а, следовательно, и методов моделирования не может претендовать на полноту и единственность.

В связи с этим каждая модель может быть описана тремя признаками:

- по классам задач, т.е. принадлежностью к определённому классу задач;
- по классам объектов, т.е. указанием класса объектов моделирования;
- по форме представления и обработки информации, т.е. различаются способом реализации.

Согласно выбранному критерию все множество моделей может быть условно разбито на два класса: *физические* (материальные) и *математические* (абстрактные), которые представлены на рисунке 2.



**Физическая модель** представляет собой некоторую систему, которая эквивалентна или подобна оригиналу, или имеет сходный с ним процесс функционирования. Различают физические модели следующих видов:

1. **Натурные модели** обычно представляют собой реальные изучаемые системы, примерами которых могут служить макеты и опытные образцы. Такие модели полностью или практически адекватны объекту-оригиналу и обеспечивают достаточно высокую точность и достоверность результатов моделирования. В то же время создание и эффективное исследование таких моделей возможно лишь для сравнительно узкого класса систем ввиду дороговизны данного подхода и возможности присутствия у реальной системы свойств, затрудняющих анализ требуемых характеристик.

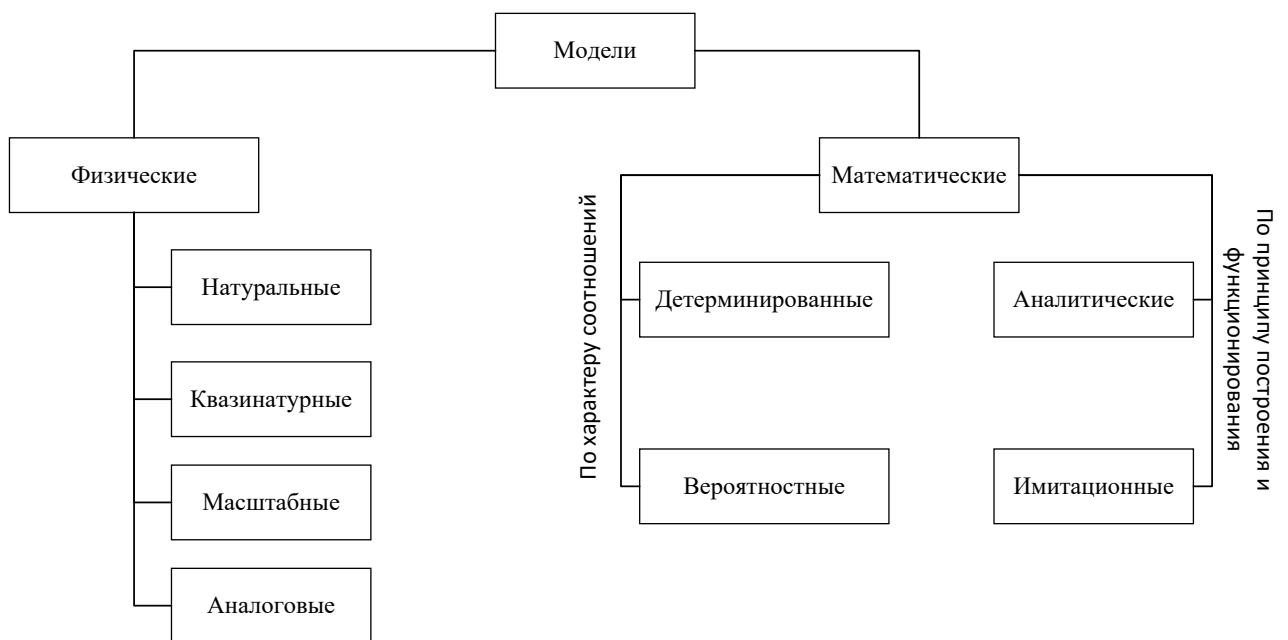


Рисунок 2 – Схема классификации типов моделей моделирования

2. **Квазинаучные модели** – это модели, которые могут быть представлены в виде совокупности натурных и математических моделей. Необходимость их использования обусловлена наличием ситуаций, когда для одной из частей рассматриваемой системы математическая модель не приемлема (модель человека-оператора), либо, когда часть моделируемой системы еще не существует на практике, или ее натурное моделирование затруднительно. Такие

модели часто используются при разработке новых систем, а также при создании и тестировании их программного обеспечения.

3. *Масштабные модели* – системы аналогичны оригиналу физической природы, но отличающиеся по масштабам. В качестве методологической основы масштабного моделирования используется теория подобия, которая используется для построения соотношений между параметрами и характеристиками модели и объекта-оригинала. Примером использования масштабной модели может служить процесс продувки моделей самолетов в аэродинамических трубах.

4. *Аналоговыми моделями* являются системы, функционирование которых аналогично исходному объекту, а физическое строение может в той или иной степени отличаться. Такие модели требуют наличия математического описания исследуемой системы, так как для их использования необходима тождественность безразмерных математических отображений исследуемых процессов для моделируемого объекта и его модели. Наиболее широко известны аналоговые модели, где напряжение или сила тока заменяют некоторый механический процесс.

Моделирование с участием описанных выше видов моделей, в ходе которого модель воспроизводит основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики оригинала, называется *предметным моделированием*. Если модель и моделируемый объект имеют одну и ту же физическую природу, то говорят о *физическом моделировании*.

Преимущество физического моделирования перед натурным экспериментом заключается в том, что условия создания и исследования модели могут значительно отличаться от аналогичных условий, свойственных оригиналу, и выбираются, исходя из удобства и простоты предполагаемого исследования.

Поскольку при моделировании нет необходимости сохранять размеры систем-оригиналов, и в точности соблюдать все условия их функционирования, имеется возможность получить существенный выигрыш во времени и стоимости исследования. Однако условия моделирования выбираются не произвольно. Важно учесть, что между оригиналом и моделью должны быть сохранены соотношения подобия, вытекающие из закономерностей физической природы явлений и гарантирующие возможность

использования сведений, полученных путем моделирования, для оценки свойств оригинала.

**Математическая модель** представляет собой формализованное описание системы с помощью абстрактного языка, в частности с помощью математических соотношений, отражающих процесс функционирования системы. Для построения математической модели и реализации базовых исследований применяются методы дифференциального, интегрального, алгебраического исчислений, теории множеств, распознавания образов, искусственного интеллекта, математической статистики и т. д.

Стоит отметить, что зачастую одни и те же математические модели могут использоваться для изучения реальных систем различной природы, поскольку математическое описание изучаемых систем имеет одну и ту же форму. Дальнейшее разделение математических моделей на классы, так же как и для моделей в целом, зависит от выбора критерия классификации.

Так, например, *в соответствии с характером соотношений, которые определяют зависимости между характеристиками и параметрами математических моделей, вся их совокупность может быть разделена на два основных типа:*

*а) детерминированные модели* – модели, для которых в любой заданный момент времени устанавливается однозначное соответствие между параметрами и характеристиками рассматриваемой системы;

*б) вероятностные (стохастические) модели* – модели, для которых в любой заданный момент времени могут быть зафиксированы лишь распределения вероятностей для исследуемых характеристик системы.

*По принципу построения и характеру функционирования выделяют следующие типы моделей:*

*а) аналитические модели* – модели, при построении которых объект оригинал описывается в виде совокупности математических конструкций (чаще всего различных уравнений и их систем), которые были получены на основе представлений о функционировании моделируемой системы. В результате при использовании такой модели процесс функционирования исходной системы, как правило, в явном виде не воспроизводится;

б) **имитационные модели** – модели, при построении и использовании которых, моделирующий алгоритм с той или иной степенью точности воспроизводит функционирование исходной системы. При этом зачастую осуществляется имитация элементарных явлений, протекающих в системе, без нарушения взаимосвязи между ними и их логической структуры.

Имитационные модели разрабатываются и успешно используются для более широкого класса систем, чем аналитические, так как они позволяют легко выделить необходимые исследователю характеристики системы и тем самым избежать процессов, затрудняющих изучение исходного объекта.

Для изучения любой реальной системы с применением математического моделирования требуется в первую очередь построить ее математическое описание, которое и будет являться математической моделью.

Существование несколько методов моделирования, это связано с понятием «**Модель**», которая по-разному трактуется и может быть представлена в виде схемы на рисунке 3.

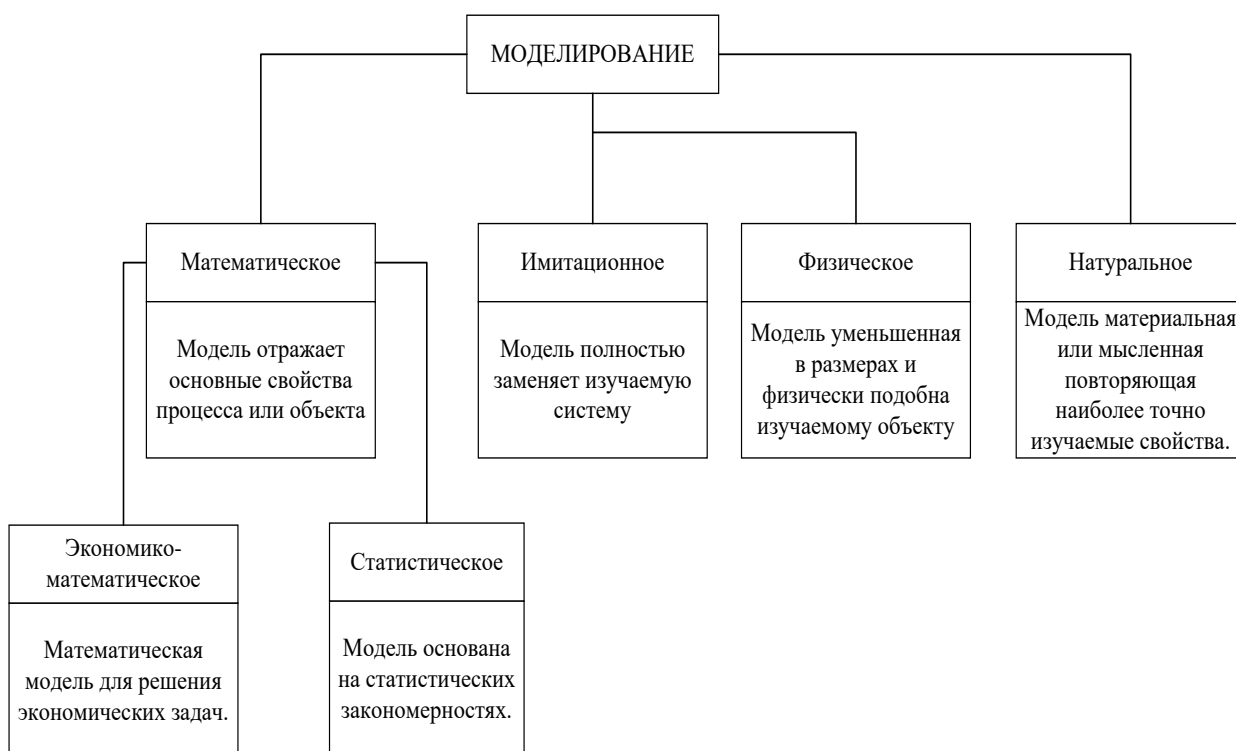


Рисунок 3 - Классификация методов моделирования

При построении модели необходимо учитывать, что она правомерно может заменить рассматриваемый объект лишь в

случае, если соответствующие исследуемые характеристики модели и исходного объекта определяются одноподобными подмножествами параметров и связаны с этими параметрами одинаковыми зависимостями. С другой стороны, моделирование будет целесообразным только тогда, когда модель не обладает теми признаками объекта-оригинала, которые препятствуют его эффективному исследованию, в то время как другие параметры модели могут способствовать фиксации и изучению исследуемых свойств.

**Математическое моделирование:** представляет математический «эквивалент» процесса или объекта, отражающий его основные свойства. Применяется при описании любых процессов, поддающихся математическому описанию. Имеет достаточно широкую область применения, но зачастую достаточно сложно построить адекватную модель, учитывая все факторы.

**Статистическое моделирование:** представляет модель, основанную на выявленных статистических закономерностях. Применяется в тех случаях, когда исследуются процессы, по которым можно собрать массив статистических данных. Основным преимуществом является то, что, при наличии качественных данных метод точен и, при использовании специализированного программного обеспечения (ПО), прост в применении. При этом для качественного построения модели предъявляются высокие требования к статистическим данным.

Экономико-математическое моделирование: включает методы для решения экономических задач. Позволяет при работе с экономическими процессами и создавать их модели.

В сравнении с натуральным экспериментом **математическое моделирование имеет следующие преимущества:**

1. **экономичность** (в частности, сбережение ресурса реальной системы);
2. **возможность моделирования гипотетических объектов** (то есть не реализованных в природе) и процессов;
3. **возможность реализации различных режимов**, опасных или труднопроизводимых в реальной жизни (критический режим ядерного реактора, работа системы ПРО);
4. **возможность изменения масштаба времени;**
5. **многоаспектный и многофакторный анализ;**

6. **сжатие информации**, представляющей основные закономерности;

7. **учет погрешностей измерения**, которые в реальных условиях могут замаскировать искомый эффект;

8. **наличие строго сформулированных правил**, позволяющих:

- установить ложность некоторых предубеждений;
- возможность выполнения оптимизации процесса;
- выявить основные свойства и произвести прогноз.

9. **универсальность**- применение языков программирования и пакетов прикладных программ.

**Имитационное моделирование:** основным принципом этого метода является замена моделью изучаемую систему. Модель обладает достаточной точностью, описывающей реальную систему. А также с ней проводятся эксперименты с целью получения информации. Чаще всего этот метод применяется, когда дорого или невозможно использовать реальную модель и/или аналитическую модель. Основным преимуществом является максимальное приближение модели к реальности и возможность управлять её характеристиками. Недостатком является сложность описания всех условий и требований вычислительной мощности.

**Физическое моделирование:** экспериментальное моделировании, основанное на физическом подобии уменьшенных в размерах модели. Применяется при невозможности применения аналитического метода или воспроизведения в реальном размере. Однако надёжный результат можно получить лишь при соблюдении физического подобия модели.

**Натурное моделирование:** моделью является материально или мысленно представляемый объект, в достаточной степени повторяющий свойства, существенные для моделирования. Применяется для проведения ряда тестов над моделью. Основным преимуществом является возможность протестировать объект моделирования в реальных условиях. При этом затраты на создания модели могут быть достаточно высокими.

Для понимания сущности моделирования важно не упускать из виду, что моделирование – не единственный источник знаний об объекте. Процесс моделирования "погружен" в более общий процесс познания. Это обстоятельство учитывается не только на этапе построения модели, но и на завершающей стадии, когда

происходит объединение и обобщение результатов исследования, получаемых на основе многообразных средств познания.

В целом ***процессы моделирования включают в себя следующие общие этапы:***

1. *анализ проблемной ситуации и описание объекта исследования;*

2. *структуризация предметных объектов для построения моделей в соответствии с задачей исследования;*

3. *выполнение вычислительных экспериментов с помощью модели, с целью получения результатов и проведения дальнейшей оценки в сравнении с объектом исследования.*

В общем случае процесс моделирования может быть представлен в форме взаимосвязанных этапов, на каждом из которых выполняются определённые действия, направленные на построение и последующее использование системы, которые представлены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема алгоритма процесса при моделировании

Характерной особенностью данного процесса является его интерактивный характер, который отражает современные требования к анализу и проектированию сложных систем.

Анализ проблемной ситуации является важным принципом моделирования, основой которого является проблемная ориентация процессов построения и использования моделей. Модель конкретной системы строится в контексте решения некоторой проблемы и содержания некоторой цели.

Главное назначение первого этапа заключается в логическом осмыслении решаемой проблемы в контексте методологии



системного моделирования. При этом выполняется анализ всех доступных ресурсов (материальных, финансовых, информационных и др.), необходимых для построения модели, её использования и реализации полученных результатов с целью решения имеющихся проблем.

В случае отсутствия требуемых ресурсов на данном этапе может быть принято решение либо о суждении (уменьшении масштаба) решаемой проблемы, либо вообще об отказе от использования средств системного моделирования. На этом этапе также выполняется анализ требований, предъявляемых в той или иной форме к результату решения проблемы.

Первоначальный анализ решаемой проблемы и соответствия проблемной области является наименее формализуемым с точки зрения применения известных аналитических подходов и средств. Поэтому на данном этапе рекомендуется применять так называемые эвристические или неформальные методы системного анализа.

### ***Структуризация предметной области и построение модели***

Целью данного этапа является построение адекватной области в наиболее общем контексте решения исходной проблемы. Структуризация проблемной области предполагает определение и последующее уточнение её границ, а также установление границ и состава систем, которые потенциально могут участвовать в решении исходной проблемы. Соответствующая информация представляется в форме модели системы или проблемной области в целом на некотором формально-логическом языке.

Речь идёт о том, чтобы вся доступная информация о решении проблемы должна быть зафиксирована в виде некоторой модели системы. При этом модель должна удовлетворять принципу адекватности отражения основанных особенностей системы-оригинала. Другими словами, модель не должна быть поверхностной (неполной), которая не учитывает существенные аспекты структуры или поведения системы-оригинала, ни излишне сложной или избыточной, в рамках которой разработчики пытаются учесть даже несущественные с точки зрения исходной проблемы детали системы оригинала.

Данный этап построения модели предполагает выполнение следующей последовательности действий:

1. **Построение концептуальной или информационной модели системы и выделения проблемной области**, которая содержит наиболее общую информацию и отражает структурные взаимосвязи системы-оригинала с другими объектами окружающей среды.

2. **Построение аналитической или математической модели системы**, которая детализирует отдельные аспекты структуры и поведения системы-оригинала в форме текста с использованием специальной математической нотации (символики).

3. **Построение имитационной или программной модели системы**, которая непосредственно реализует информационно-логическую модель в форме, специально предназначенной для её исследования с использованием компьютеров.

Процесс разработки адекватных моделей и их последующего конструктивного применения требует не только знания общей методологии системного анализа, но и наличия соответствующих изобразительных средств или языков для фиксации результатов моделирования и их документирования. Очевидно, что естественный язык не вполне подходит для этой цели, поскольку обладает неоднозначностью и неопределённостью. Поэтому для построения моделей используются формально-теоретические методы, основанные на дальнейшем развитии математических и логических средств моделирования. Для этой цели также предложены различные графические возможности представления и языки моделирования, в той или иной степени отражающие специфику решаемых задач на основе применения соответствующих программных инструментариев.

### ***Выполнение вычислительных экспериментов с моделью.***

Модель системы разрабатывается для получения некоторой новой информации о системе-оригинале с целью решения исходной проблемы. В этом случае базовым объектом для получения такой информации является программная модель сложной системы, реализованная на одном из языков программирования или построенная с использованием соответствующих программных инструментов.

Реализация данного этапа в контексте методологии системного моделирования означает выполнение серии экспериментов с программной моделью системы на той или иной вычислительной платформе. При этом возможна следующая последовательность действий, отражающая содержание процесса планирования экспериментов:

1. формирование конкретных значений наборов исходных данных (входных переменных), которые характеризуют отдельный вычислительный эксперимент с программной моделью системы;
2. выполнение расчётов или, в общем случае, выполнение отдельной итерации с имитационной моделью системы с целью получения конкретных значений выходных параметров (переменных) модели.

### ***Анализ объекта моделирования.***

В основу построения модели при ее формировании заложены некоторые первоначальные знания об объекте, закономерности, устанавливающие свойства этого объекта (или класса объектов), его характеристики, особенности связи между составляющими объект, элементами. Получение этих знаний и их уточнение являются содержанием первого этапа моделирования.

На этом этапе формируется наиболее полное описание объекта: выделяются его элементы, устанавливаются связи между ними, определяются существенные для исследования характеристики, выявляются параметры, изменение которых влияет или может влиять на объект.

Также формируются, гипотезы, подлежащие последующей проверке о закономерностях, присущих изучаемому объекту, о характере влияния на него изменения тех или иных параметров и связей между его элементами. На том же этапе исходные предположения переводятся на четкий однозначный язык количественных отношений.

***Формирование (синтез) модели*** представляет собой второй этап моделирования. На этом этапе в соответствии с задачами исследования осуществляется воспроизведение, или имитация, объекта на ЭВМ с помощью программы, которая включает в себя закономерности и другие исходные данные, полученные на этапе анализа. Структура модели, существенно зависит от задач исследования. Так, например, если проверяется полнота и

правильность наших знаний об объекте, то объект имитируется с использованием всех известных исходных соотношений. Если же задача, заключается в проверке некоторых предположений и степени их общности, то именно эти предположения вводятся в программу и в результате имитации получают объекты, которые лишь частично отражают реальные свойства имитируемого объекта.

### ***Оценка результатов.***

Оценка результатов, заключается, в установлении адекватности модели и объекта исследования - в определении степени близости, сходства, машинных и человеческих действий или их результатов. При этом существенно не "абсолютное качество" машинных результатов, а степень сходства с объектом исследования.

Успешный результат сравнения (оценки) исследуемого объекта с моделью свидетельствует о достаточной степени изученности объекта, о правильности принципов, положенных в основу моделирования, и о том, что алгоритм, моделирующий объект, не содержит ошибок, т. е. о том, что созданная модель идентична исследуемым процессам. Такая модель может быть использована для дальнейших более глубоких исследований объекта в различных новых условиях, в которых реальный объект еще не изучался.

Чаще, однако, первые результаты моделирования не удовлетворяют предъявленным требованиям. Это означает, что в одной из перечисленных выше позиций (изученность объекта, исходные принципы, алгоритм) имеются дефекты. Это требует проведения дополнительных исследований и соответствующего изменения машинной программы, после чего снова повторяются второй и третий этапы. Процедура повторяется до получения надежных результатов.

Этап оценки модели является важным этапом моделирования. В зависимости от характера объекта исследования и поставленных задач применяются различные методы оценки модели. Особенно большое значение имеет правильная оценка модели, когда моделирование, используется для проверки гипотез, а также когда объекты недостаточно формализованы и нет строгого объективного критерия сходства объекта и модели. С подобной ситуацией часто

приходится встречаться при моделировании интеллектуальных, творческих процессов.

Модель должна обладать существенными признаками объекта моделирования. Иначе говоря, модель и объект должны быть неотличимы по этим признакам, которые выбираются, вообще говоря, исследователем в зависимости от цели и задачи исследования.

Наличие существенных для объекта признаков в модели определяется по-разному, в зависимости от его вида. В одних случаях эти признаки обнаруживаются непосредственно: например, в модели гармонизации - путем отыскания ошибок, в модели шахматиста (шахматной программе) - по результатам игры с настоящими шахматистами. В других случаях существенные признаки оказываются "скрытыми" и для их отыскания приходится прибегать к специальному эксперименту.

Сейчас трудно указать область человеческой деятельности, где бы не применялось моделирование. Разработаны, например, модели производства автомобилей, выращивания пшеницы, функционирования отдельных органов человека, жизнедеятельности Азовского моря, последствий атомной войны. В перспективе для каждой системы могут быть созданы свои модели, перед реализацией каждого технического или организационного проекта должно проводиться моделирование.

Эффективность управления объектом или процессом. Поскольку критерии управления бывают весьма противоречивыми, то эффективным оно окажется только при условии, что будут учтены все проблемы. Например, нужно наладить питание в школьной столовой. С одной стороны, оно должно отвечать возрастным требованиям (калорийное, содержащее витамины и минеральные соли), с другой — нравиться большинству ребят, а цена должна быть приемлемой для родителей вдобавок к этому технология приготовления должна соответствовать возможностям школьных столовых. При всех этих условиях оптимальное решение можно найти при помощи построения модели.

***Понятие адекватности модели является важным условием для обоснования принимаемых решений на основе моделирования.***

*Адекватность предполагает воспроизведение моделью с необходимой полнотой всех характеристик объекта,*

*существенных для цели моделирования при всем различии модели и оригинала.*

Модель, с помощью которой успешно достигается поставленная цель, будем называть адекватной.

Требования полноты, точности и правильности (физического и другого соответствия) выполняются не вообще, а лишь в той мере, которая достаточна для достижения цели моделирования.

Для установления адекватности модели необходимо сформулировать цель моделирования и определить важность каждого из аспектов изучаемого объекта (внешний вид, форма, структура или поведение) представляет в данном случае интерес.

Задача нахождения адекватности модели существенно усложняется в том случае, если исследователю известны только модели изучаемого объекта, на основе которых приходится делать выводы об оригинале, а оригинал по разным причинам недоступен для изучения. В этом случае для проведения исследований возможны ситуации, при которых:

а) исследователь имеет только одну модель описания функционирования объекта;

б) имеется несколько моделей описания функционирования одного объекта.

*Если исследователю доступна только одна модель, то вопрос об ее адекватности объекту принимается на основе следующих положений:*

- **непротиворечивость**, если в модели одновременно допустимы утверждения  $A$  и не  $\bar{A}$ , то эта модель заведомо неадекватна;

- **закон достаточного основания**, сформулированный Г.В. Лейбницем «...ни одно явление не может оказаться истинным или действительным, ни одно утверждение – справедливым без достаточного основания ...» т. е. *если методика проведения измерений неверна, то неверны результаты измерений и полученные выводы на основе этих измерений;*

- **фундаментальные законы** природы, если модель построена на противоречии законам сохранения энергии, вещества, заряда и т.п., то можно смело говорить о ее неадекватности;

- **свойство размерности и симметрии**, если для симметричного тела с симметричными граничными условиями

модель дает несимметричное температурное поле, то, вероятнее всего, модель неадекватна.

В случае наличия нескольких моделей для описания функционирования одного объекта удастся указать способ сравнения двух моделей как степень успешного достижения цели с их помощью. Если такой способ приведет к количественным оценкам, т.е. на его основе можно ввести некоторую меру адекватности, то задача улучшения модели существенно облегчается. Только в таких случаях можно количественно ставить вопросы об идентификации модели, т.е. о нахождении в заданном классе моделей наиболее адекватной и об исследовании чувствительности и устойчивости моделей (т.е. зависимости меры адекватности от точности), об адаптации моделей (настройки параметров модели с целью повышения адекватности).

Таким образом, понятие адекватности происходит из желания исследователя построить модель «равной», «тождественной» изучаемому объекту, что является невыполнимым. Следует отметить, что в рамках построенной модели исследователь познает лишь одну сторону объекта, в зависимости от цели моделирования и имеющихся у него инструментов познания.

### ***Преимущества применения моделирования в процессе разработки:***

Моделирование позволяет получить описание изучаемого объекта, а также отражает в себе свойства, уточняющие и улучшающие его понимание, что позволяет наиболее эффективно и точно получить необходимую информацию.

С помощью модели можно проводить исследования изучаемого объекта, причём в процессе различных экспериментов модель может дополняться и уточняться необходимыми свойствами объекта, что даёт более явное понимания того или иного явления и позволяет ставить новые эксперименты и проводить исследования.

Моделирование представляет эффективный метод исследования, позволяющий быстро решать задачи, возникающие в той или иной сфере.

### ***Преимущества применения моделирования:***

1. *Модели обладают гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров системы, что позволяет использовать одну и ту же модель для разных ситуаций без использования реального объекта.*

2. Аналитические расчёты и использование ЭВМ *позволяет сократить время изучения путём сокращения количества реальных экспериментов.*

3. *Позволяет проводить расчёт и эксперименты, которые невозможно провести с реальным объектом по той или иной причине.*

### **Контрольные задания и вопросы**

1. Какие способы составляют основу построения научной теории?

2. Сформулируйте ряд общих требований и свойств, которые необходимо учитывать при построении модели исследований.

3. Какие свойства выполняются для реализации функции теории?

4. Что является основой построения любой теории?

5. Начертите схему выполнения процесса моделирования.

6. Структурными компонентами теоретического познания являются?

7. Перечислите элементы, составляющие основу теоретической модели.

8. Сформулируйте цели моделирования.

9. Какие формы лежат в основе развития теории?

10. Как осуществляется классификация моделей?

11. Дайте определение физической модели.

12. Сформулируйте, какую роль эксперимент имеет в формировании научного знания?

13. Приведите различные виды физических моделей.

14. Сформулируйте особенности эмпирического исследования.

15. В чем заключается преимущество физического моделирования перед натурным экспериментом?

16. Какое значение имеет теория в процессе научного познания?

17. Какие модели исследования вы знаете?

18. Какая информация может быть извлечена из эксперимента?

19. В чем заключаются преимущества применения моделирования?



20. Какие способы существуют для построения научных теорий?
21. Дайте определение математической модели.
22. Сформулируйте основные отличия детерминированных моделей от вероятностных.
23. В чем заключаются преимущества математического моделирования перед натурным экспериментом?
24. Дайте определение имитационной модели.
25. Какие этапы содержит процесс моделирования?
26. В чем заключается анализ проблемной ситуации, его особенности?
27. В чем заключается структуризация проблемной области?
28. Какие этапы в контексте методологии системного моделирования содержит эксперимент?
29. В чем заключается анализ объекта моделирования?
30. Как выполняется проверка адекватности модели?

### **Библиографический список**

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст]/ Е.С. Вентцель. - М.:Высшая школа, 2001.
2. Дворецкий, С.И., Муромцев Ю.А. и др. Моделирование систем [Текст] / С.И. Дворецкий, Ю.А. Муромцев. - М.: Издательский центр «Академия», 2009.
3. Козин Р.Г. Математическое моделирование [Текст]: учеб. Пособие/ Р.Г. Козин. - М.: МИФИ, 2008. – 89 с.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем [Текст]/ Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - М.: Высшая школа, 2007.
5. Перегудов Ф.И., Введение в системный анализ [Текст] /.Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко.- М.: Высшая школа, 1989. -367 с.
6. Фоменков, С.А. Математическое моделирование системных объектов: учебное пособие [Текст] / С.А.Фоменков, В.А.Камаев, Ю.А.Орлова; ВолгГТУ, Волгоград, 2014. - 340 с.