

Предмет моделирование экологических процессов

2019 г, Ташкент

Моделирование систем как метод научного познания

Моделирование – это процесс замещения объекта исследования его моделью и проведение исследований на модели с целью получения необходимой информации об объекте.

Модель – это физический или абстрактный образ моделируемого объекта, удобный для проведения исследований и позволяющий адекватно отображать интересующие исследователя физические свойства и характеристики объекта.

Теория моделирования – это теория замещения одних объектов (оригиналов) другими объектами (моделями) и исследования свойств объектов на моделях.

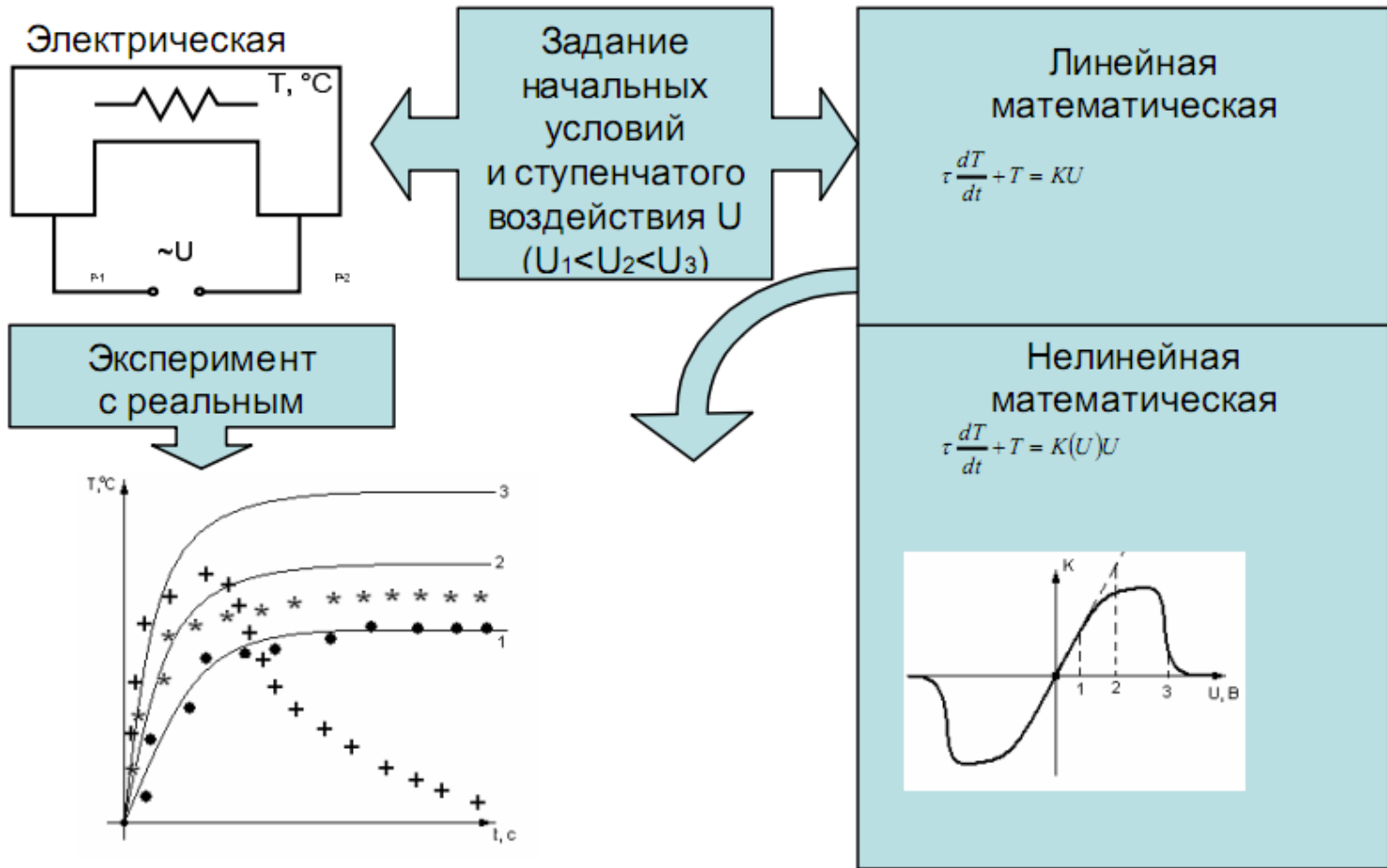
Теория моделирования



Адекватность модели

- **Адекватность** - способность модели отражать важные для исследователя свойства объекта: законы, которым он подчиняется; связи между составляющими объекта и т.п. Модель считается адекватной, если отражает исследуемые свойства объекта с приемлемой точностью

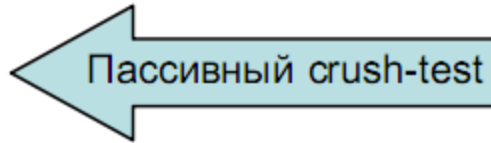
Построение модели



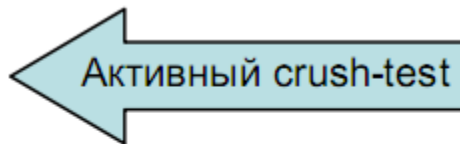
Требования к модели

1. Модель не должна быть более точной, чем это необходимо для конкретной поставленной задачи исследования.
2. Модель должна быть простой, удобной для исследования и достаточно чувствительной к исследуемым свойствам объекта-прототипа.

Примеры моделей

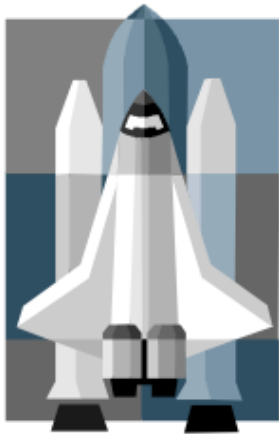


Модель автомобиля, сохраняющая только конструктивные особенности объекта в статике: жесткость кузова (без покраски), масса двигателя (неработоспособная модель) и т.п.



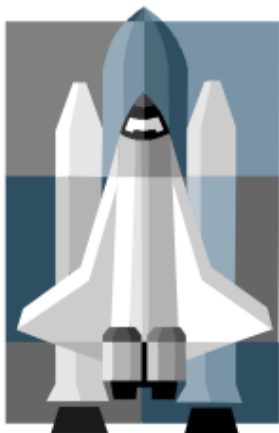
Модель автомобиля, сохраняющая только конструктивные особенности объекта в динамике: жесткость кузова (без покраски), работоспособный двигатель, подвеска, тормозная система, резина и т.п.

Примеры моделей



Существенные процессы:
Тепловые процессы
(радиационный теплообмен)
Законы реактивного движения
Гравитационные
взаимодействия
Законы небесной механики

Модель
орбитального
движения
в безвоздушном
пространстве



Существенные процессы:
Тепловые процессы
(сопротивление среды)
Аэродинамические процессы
Законы реактивного движения
Гравитационные
взаимодействия

Модель движения
при запуске на
орбиту

Классификация видов моделирования систем

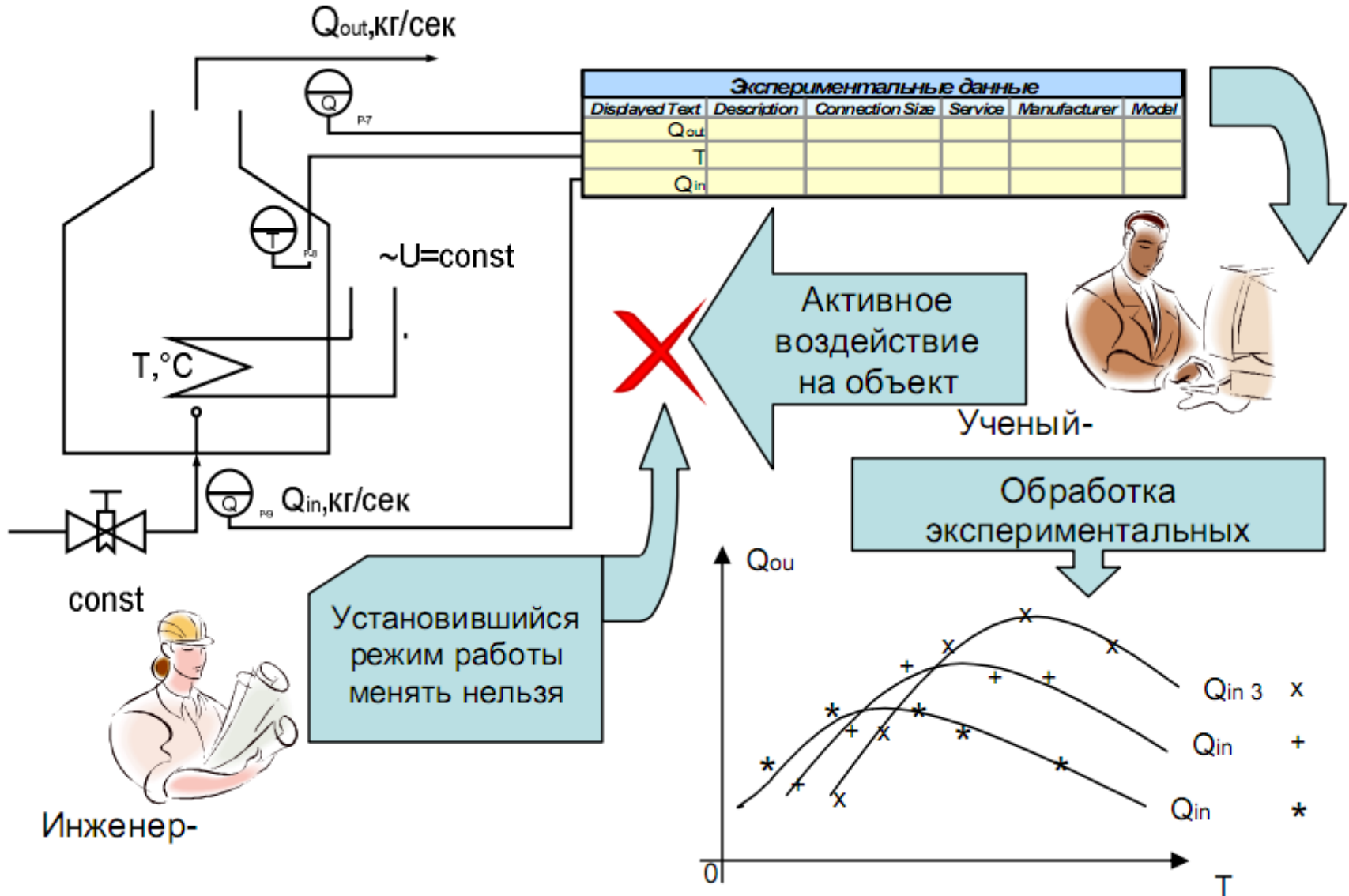


Натурное моделирование

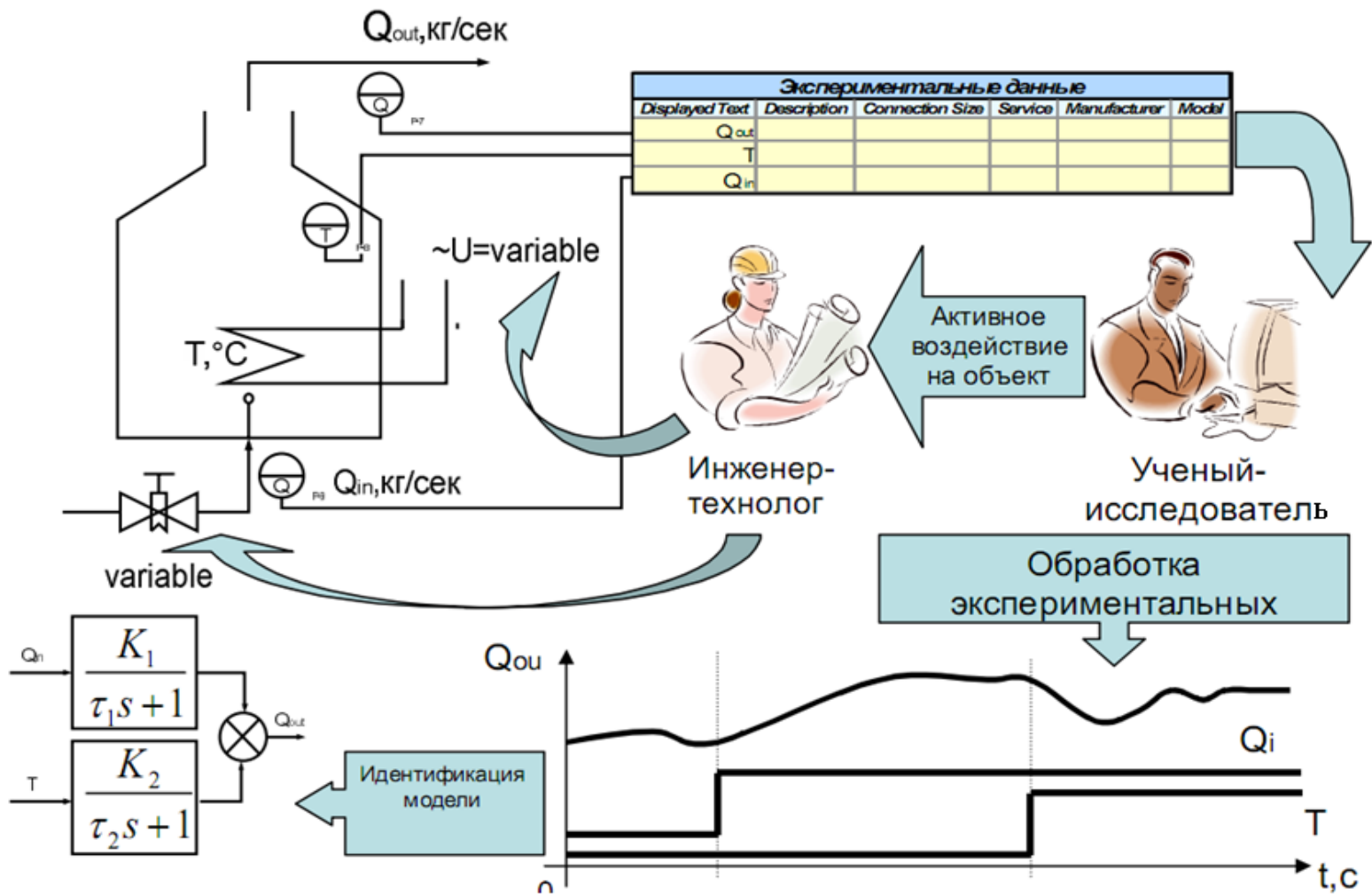
Натурное моделирование – это проведение исследований на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента.

Натурное моделирование делится на три вида: производственный эксперимент, научный эксперимент и комплексные испытания.

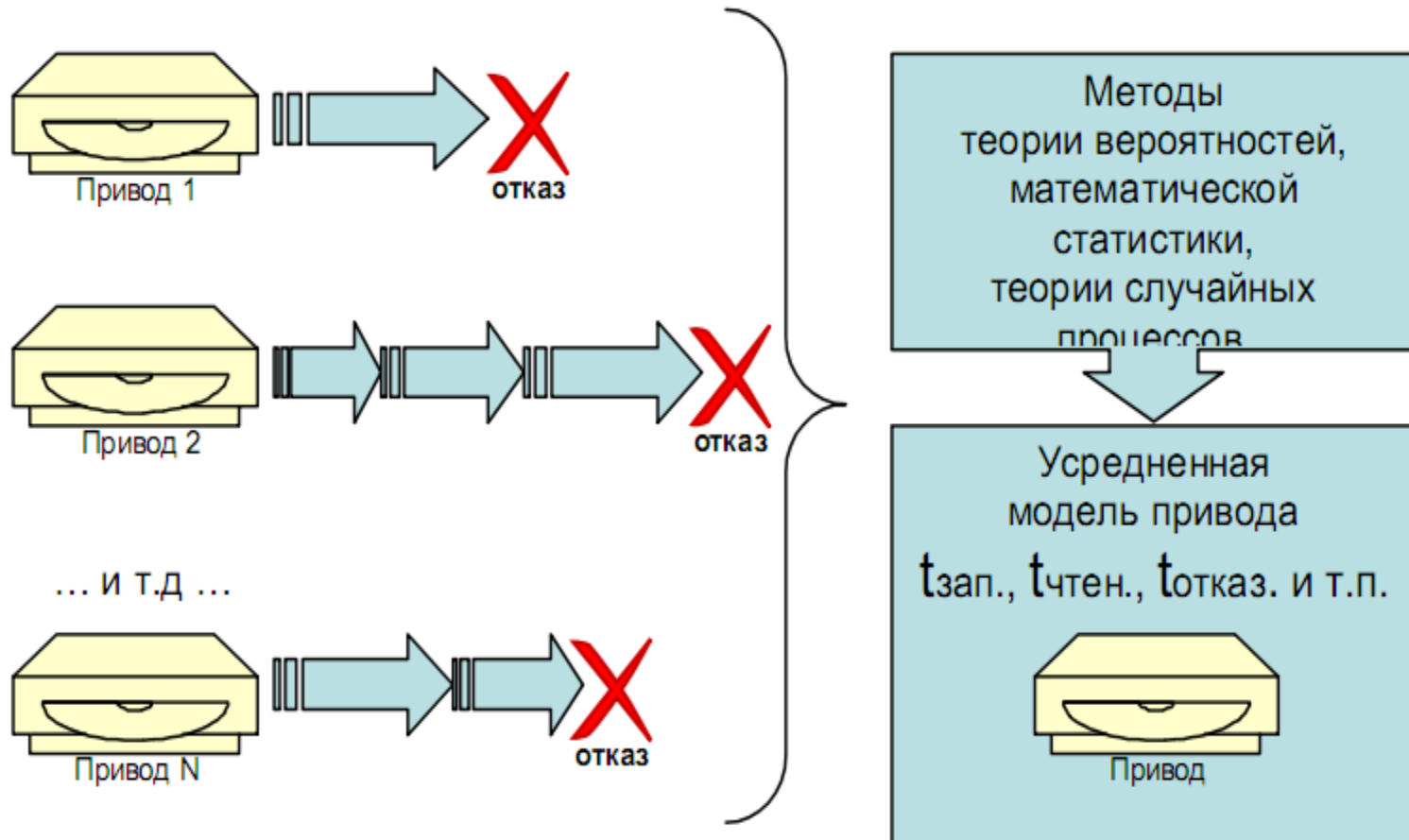
Производственный эксперимент



Научный эксперимент



Комплексные испытания



Физическое моделирование

Другой вид предметного (реального) моделирования — это **физическое моделирование**, отличающееся от натурного тем, что исследования проводятся на действующих лабораторных установках и макетах реального объекта, которые отображают определенным образом реальные процессы в объекте, сохраняя при этом свойства подобия. При этом модель и реальный объект могут иметь как одну и ту же, так и разную, физическую природу.

Физическое моделирование с сохранением природы объекта

заключается в изготовлении макетного или опытного образца технического объекта, функционирующего на основе тех же принципов и физических явлений, что и оригинал.

Физическое моделирование без сохранения природы объекта

заключается в изготовлении макетного или опытного образца технического объекта, функционирующего на основе отличных от оригинала принципов и физических явлений, и тем не менее сохраняющего свойства подобия.

Основные понятия математического моделирования

Сущность математического моделирования состоит в замене исходного объекта исследования его абстрактным образом – математической моделью – и дальнейшем изучении уже не реального объекта, а его модели.

Исторические этапы развития методов математического моделирования

1. Разработка отдельных элементов и методов математического моделирования, связанных с развитием точных наук, как-то интегрального и дифференциального исчисления, вычислительной математики.
2. Появление ЭВМ, взявших на себя объемы вычислительной работы, и соответствующее широкое использование известных в теории математических вычислительных методов как в гражданских отраслях, так и в оборонных целях.
3. Качественный рост производительности ЭВМ совпавший с появлением принципиально новых математических методов описания слабоформализуемых, так называемых «сложных» или «больших» систем, подверженных «проклятию размерности» и не поддающихся описанию в нужной полноте и точности обычными теоретическими методами, что обусловило всеобъемлющее использование математического моделирования и его становление как составной части формирующегося глобального информационного сообщества, поскольку в возникла необходимость описания и исследования на качественно новом уровне точности сложных интегрированных технических, экономических, экологических и информационных систем.

Принято выделять следующие задачи математического моделирования

- 1. Прямая задача (задача анализа):** по известным физическим, химическим, биологическим, экономическим и др. законам, действующим в исследуемой системе необходимо определить, как будет вести себя система в целом. В этом случае структура и параметры исследуемой системы известны и изучается поведение модели в различных условиях.
- 2. Обратная задача (задача идентификации):** по наблюдаемым в реальной системе процессам, анализируя поведение системы в целом, необходимо выяснить, какими законами описывается поведение системы, выявить структуру и определить неизвестные параметры модели.
- 3. Задача управления (задача синтеза):** базируясь на проведенном решении прямой и обратной задач, необходимо модифицировать модель и соответственно структуру исследуемой системы таким образом, чтобы поведение системы отвечало определенным требованиям разработчика.

Этапы построения модели

1. На первом этапе строится абстрактный эквивалент объекта, отражающий в математической форме законы и связи, действующие в системе. Модель и ее отдельные фрагменты исследуются теоретическими методами, что позволяет получить предварительные знания об объекте.
2. На втором этапе разрабатывается алгоритм для компьютерной реализации модели. Модель представляется в форме, удобной для применения численных методов, определяется последовательность вычислительных и логических операций. На данном этапе следует обратить внимание на то, чтобы вычислительные алгоритмы не исказили основные свойства исходного объекта и его математической модели.
3. На третьем этапе алгоритм доводится до состояния программной реализации в виде так называемого электронного эквивалента изучаемого объекта, экономичного и адаптированного к особенностям решаемых задач и техническим возможностям задействованных средств моделирования с учетом особенностей исходного объекта. В случае несоответствия электронного эквивалента объекту-прототипу процесс создания модели повторяется с учетом ранее не принятых во внимание факторов.

Подзадачи перехода от реального объекта к его абстрактному математическому эквиваленту

- 1. Создание качественной математической модели.**
Выявляются законы и связи, действующие в системе. Из всего многообразия физических, химических биологических, экономических и прочих взаимодействий выделяются главные, определяющие поведение объекта. При построении модели учитываются только наиболее значимые факторы, влияющие на состояние объекта.
- 2. Создание количественной математической модели.**
Значимым законам и связям, действующим в системе, дается математическая трактовка в виде математических объектов и отношений между ними в виде переменных, уравнений, правил и т.п. объектов и отношений.

Классификация математических моделей

Виды математических моделей технических объектов



Классификация в зависимости от степени абстрагирования при описании свойств системы

- **Метауровень** соответствует наиболее крупному масштабу проектирования, в котором рассматривается объект в целом и осуществляется научный поиск, прогнозирование и разработка концепции математической модели. Для метауровневых моделей характерно использование методов теории графов, математической логики, теории конечных автоматов, теории массового обслуживания, теории автоматического управления.
- **Макроуровень** соответствует большему масштабу детализации системы. Объект рассматривается как совокупность взаимодействующих между собой отдельных функциональных элементов. Для макроуровневых моделей характерно математическое описание составных частей объекта уравнениями с сосредоточенными параметрами.
- **Микроуровень** соответствует наиболее детальному масштабу изучения системы. Рассматривается состояние и поведение отдельных функциональных элементов системы с учетом внутреннего состояния каждого отдельного элемента. Для микроуровневых моделей характерно детальное математическое описание составных частей объекта с учетом внутреннего состояния отдельных элементов при помощи уравнений с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Классификация в зависимости от формы представления математических моделей

- **Инвариантная модель.** Математическая модель представлена в виде функциональных соотношений (алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и т.п.) и логических условий вне связи с методами преобразования этих функциональных соотношений (решения уравнений, упрощения логических условий и т.п.).
- **Аналитическая модель.** Математическая модель в виде явных общих зависимостей между входными, выходными переменными и параметрами объекта. Эти зависимости могут быть получены двумя путями.
- **Непосредственные модели** получают путем аналитического решения уравнений инвариантной модели.
- **Идентификационные модели** получают путем решения обратной задачи (задачи идентификации) на основе экспериментальных данных, описывающих поведение объекта, при помощи одного из методов идентификации: регрессионного анализа, спектрального оценивания и т.д.
- **Алгоритмическая модель.** Математическая модель в виде частных зависимостей между входными, выходными переменными и параметрами объекта.
- **Графическая модель.** Математическая модель в виде графиков, функциональных, кинематических и алгоритмических схем, диаграмм, циклограмм, графов, таблиц и т.п. Для создания графической модели необходимо существование правила однозначного соответствия компонент инвариантной математической модели в графическом виде.

Классификация по характеру отображаемых свойств объекта

- **Структурная модель** отражает общую структуру объекта на метауровне и используется для решения задач структурного синтеза и выбора общего технического решения.
- **Функциональная модель** описывает процесс функционирования как объекта в целом, так и его составных частей. Используется на макроуровне для решения задач выбора параметров составных частей объекта управления.
- **Технологическая модель** представляет собой систему конкретных технических решений, связанных с процессом изготовления объекта.

Классификация по способу получения

- **Теоретическая модель** строится на основе изучения закономерностей функционирования объекта и описания процессов функционирования объекта. При построении теоретической модели учитываются внутренние свойства объекта и процессы взаимодействия между отдельными компонентами системы.
- **Эмпирическая модель** строится на основе изучения внешних проявлений свойств объекта и поведения объекта во внешней среде в качестве «черного ящика». При построении эмпирической модели математически описываются экспериментально установленные связи между отдельными параметрами системы, без учета характера законов, вызвавших появление этих связей.
- **Комбинированные модели** строятся на основе комбинации вышеописанных теоретических и эмпирических методов построения, как правило в случае, когда экспериментальные зависимости, от которых отталкиваются при построении эмпирической модели, получены не при физическом эксперименте на реальном объекте, а при вычислительном эксперименте на математической модели этого объекта.

Классификация по характеру математического аппарата

- **Линейные/Нелинейные** – в зависимости от линейности/нелинейности математических зависимостей, входящих в модель.
- **Непрерывные/Дискретные** – в зависимости от характера переменных, фигурирующих в модели.
- **Детерминированные/ Статистические** – в зависимости от того, отражает ли математический аппарат случайный характер параметров объекта и свойств внешней среды.
- **Статические/Динамические** – в зависимости от того, отражает ли математический аппарат изменение во времени параметров объекта и свойств внешней среды.

Классификация по способу реализации

- **Аналоговые модели** реализуются на аналоговых вычислительных машинах (АВМ), носителем информации в которых являются непрерывные сигналы. Аналоговое моделирование основывается на свойствах изоморфизма различных физических явлений. Изоморфизм заключается в том, что различные по своей физической природе процессы описываются одинаковыми математическими конструкциями. В этом случае изучение одних физических явлений может быть заменено изучением других, изоморфных исходным и более удобных для исследования.
- **Цифровые модели** реализуются на цифровых вычислительных машинах (ЦВМ), носителем информации в которых являются дискретные сигналы. Сущность цифрового моделирования состоит в реализации математических моделей средствами прикладного программного обеспечения ЦВМ.
- **Гибридные модели** реализуются на аналого-цифровых вычислительных машинах и комплексах (АЦВМ, АЦВК), сочетающих достоинства аналогового и цифрового моделирования: скорость и точность АВМ; гибкость, наглядность и удобство ЦВМ.
- **Нейронечеткие модели** реализуются при помощи интеллектуальных вычислительных устройств нового поколения, реализующих т.н. «мягкие вычисления»: нейрокомпьютеров и нечетких вычислительных систем, алгоритм работы которых, базируется на методах, принципиально отличных от двоичной логики.

Список литературы

1. Ахатов А. Г. Экология. Энциклопедический словарь.=Akhatov A.G. Ecology. Encyclopaedic Dictionary.- Казань=Kazan, ТКИ, Экополис, 1995.
2. Ахатов А. Г. Экология и международное право.=Ecology & International Law.- М.: АСТ-ПРЕСС, 1996.
3. Одум, Юджин, Экология. 2 тома. — М.: Мир, 1986
4. Одум, Юджин, Основы экологии. — М., 1975 Пер. с англ. изд., 1971.
5. Будыко, Михаил Иванович, Глобальная экология. — М., 1972.
6. Пианка Эрик. Эволюционная экология. — М.: Мир, 1981.
7. Шимкевич В. М., Экология // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: В 86 томах (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
8. Begon, M.; Townsend, C. R., Harper, J. L. (2006). Ecology: From individuals to ecosystems. (4th ed.). — Blackwell. ISBN 1-4051-1117-8.
9. Радкевич В.А., Экология: Учебник. – 3-е изд., переработано и дополнено – Мн.: Высшая Школа, 1997 г.
10. Киселёв В.Н., Основы экологии: Учебное пособие – МН.: 1998 г.
11. Чернова Н.М., Былова А. М., Экология: Учебное пособие для студентов биологических специальностей пед. институтов – 2-е издание, переработанное – М.: Просвещение, 1988 г.