

**Н. В. ГОЛУБЕВА**

**МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

**ОМСК 2020**

Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Омский государственный университет путей сообщения

---

Н. В. Голубева

МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Утверждено методическим советом университета  
в качестве учебно-методического пособия  
к выполнению самостоятельной работы  
по дисциплине «Информатика»

Омск 2020

УДК 004.021(075.8)  
ББК 32.973я73  
Г62

**Модели решения функциональных и вычислительных задач:** Учебно-методическое пособие. 2-е изд., с измен. / Н. В. Голубева; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2020. 19 с.

В учебно-методическом пособии рассматриваются приемы, принципы и модели решения функциональных и вычислительных задач на основе научного метода познания – моделирования.

Предназначено для студентов 1-го курса, обучающихся по всем специальностям, для студентов заочной формы обучения, а также для обучения с использованием дистанционных образовательных технологий.

Библиогр.: 3 назв. Рис. 2.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор В. Н. Горюнов;  
канд. физ.-мат. наук, доцент Е. А. Швед.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Моделирование как метод познания.....	6
2. Классификация и формы представления моделей.....	9
3. Методы и технологии моделирования.....	13
4. Информационная модель объекта.....	14
5. Примеры тестовых вопросов.....	16
Библиографический список.....	18



## ВВЕДЕНИЕ

Важной частью программы подготовки современного специалиста – выпускника технического университета – является обучение его приемам, принципам и моделям решения функциональных и вычислительных задач, которые составляют неотъемлемую базовую часть его образовательной, научно-исследовательской, инженерной деятельности.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» знакомит студента с методом научного познания, инструментом изучения окружающего мира – моделированием.

Учебно-методическое пособие включает в себя сведения о роли, задачах и видах моделирования, принципах создания моделей различных классов и форм представления. Подчеркивается особая значимость математического моделирования. Рассматриваются базовые понятия, положенные в основу классификаций математических моделей (непрерывность, дискретность, динамика, детерминированность и т. д.). Уделяется внимание различным технологиям моделирования. Рассматриваются принципы организации универсальных информационных моделей.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов 1-го курса очной и заочной форм обучения, а также для обучения с использованием дистанционных образовательных технологий.

## 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ

М о д е л и р о в а н и е – это метод научного познания, инструмент изучения окружающего мира (объектов и систем различной физической природы, явлений, процессов) на основе исследования их моделей. Моделирование является базовым средством проектирования технических систем. Таким образом, моделирование предполагает формирование (построение) модели, ее исследование и применение для решения поставленной задачи.

Задачи, которые решает человек в своей образовательной, научно-исследовательской, инженерной деятельности, можно разделить на две категории: в ы ч и с л и т е л ь н ы е и ф у н к ц и о н а л ь н ы е.

Целью в ы ч и с л и т е л ь н ы х з а д а ч является расчет параметров, характеристик, обработка данных. Результатом решения ф у н к ц и о н а л ь н о й з а д а ч и может быть разработка нового устройства, нового технологического процесса, оптимизация структуры системы. Функциональные задачи решаются при проектировании технических систем, при создании системы оптимального управления объектом, при обработке баз данных и т. д.

Реальный изучаемый или проектируемый объект (физическую систему, процесс, явление) называют о р и г и н а л о м.

М о д е л ь ю называют такой материально реализованный или мысленно представляемый (физический или абстрактный) объект, который в процессе познания (изучения) замещает реальный объект (оригинал), сохраняя при этом некоторые существенные для данного исследования типичные его свойства и качества. Модель отображает те особенности, свойства и характеристики оригинала, которые важны для достижения конкретной поставленной цели (задачи) моделирования. При формировании модели всегда принимаются определенные гипотезы, допущения и упрощения. Поэтому модель является приближенным (в той или иной мере упрощенным) отражением исследуемого объекта.

Модель должна иметь целевое назначение.

Для одного объекта можно создать комплекс (совокупность) различных моделей, предназначенных для разных целей.

Р о л ь м о д е л и р о в а н и я.

1. В некоторых случаях моделирование является единственным способом изучения сложного объекта (процесса), над которым невозможно проведение

эксперимента (например, технологические и экономические процессы, экологические системы, взаимодействие элементов Солнечной системы, определение предельных разрушающих нагрузок на несущие элементы конструкций зданий, авто- и железнодорожных мостов, гидро- и атомных электростанций, оценивание допустимых нагрузок на сердечно-сосудистую систему человека, страдающего пороком сердца, полёт космического корабля, прогнозирование последствий землетрясений и извержения вулканов, изучение поведения электроэнергетической системы в аварийных ситуациях и т. д.).

2. Моделирование дает возможность исследовать как медленно протекающие процессы (коррозия металлов, образование минералов), так и быстро протекающие процессы (термоядерные реакции, взрывы).

3. Моделирование позволяет сократить время изучения реального объекта, снизить материальные затраты и повысить эффективность исследований.

Ф о р м а и с о д е р ж а н и е м о д е л и определяются

- постановкой задачи, целью исследования;
- уровнем знаний исследователя об изучаемом (проектируемом) объекте, явлении – оригинале.

Ц е л и м о д е л и р о в а н и я.

Модель создается для достижения одной из следующих целей:

интерпретация прошлого поведения объекта на основе выявления существенных закономерностей и причинно-следственных связей;

прогнозирование будущего поведения объекта при варьировании условий его испытания, при имитации экстремальных режимов работы;

изучение механизма (принципа) взаимодействия элементов сложной физической системы;

оптимизация параметров системы или её структуры;

обновление и совершенствование ранее построенной модели на основе получения новой информации об оригинале;

создание алгоритма оптимального управления системой (технологическим процессом, запасами) с точки зрения заданного критерия;

проектирование технического объекта.

Схема, отображающая основные этапы процесса моделирования, представлена на рис. 1



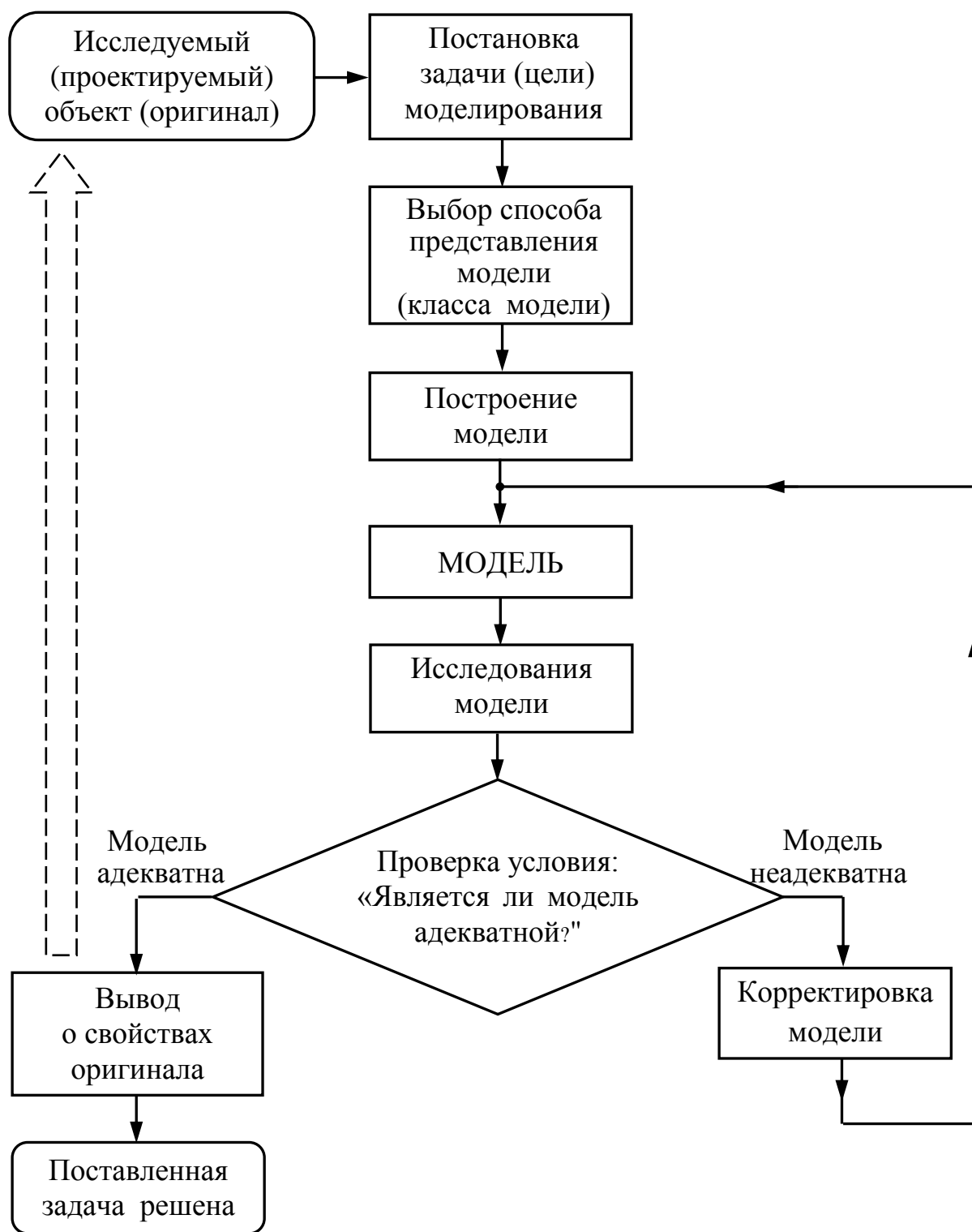


Рис. 1. Схема процесса моделирования

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ

Единую классификацию моделей составить практически невозможно из-за многозначности понятия «модель». Рассмотрим классификацию моделей по степени их абстрагирования от оригинала (рис. 2).

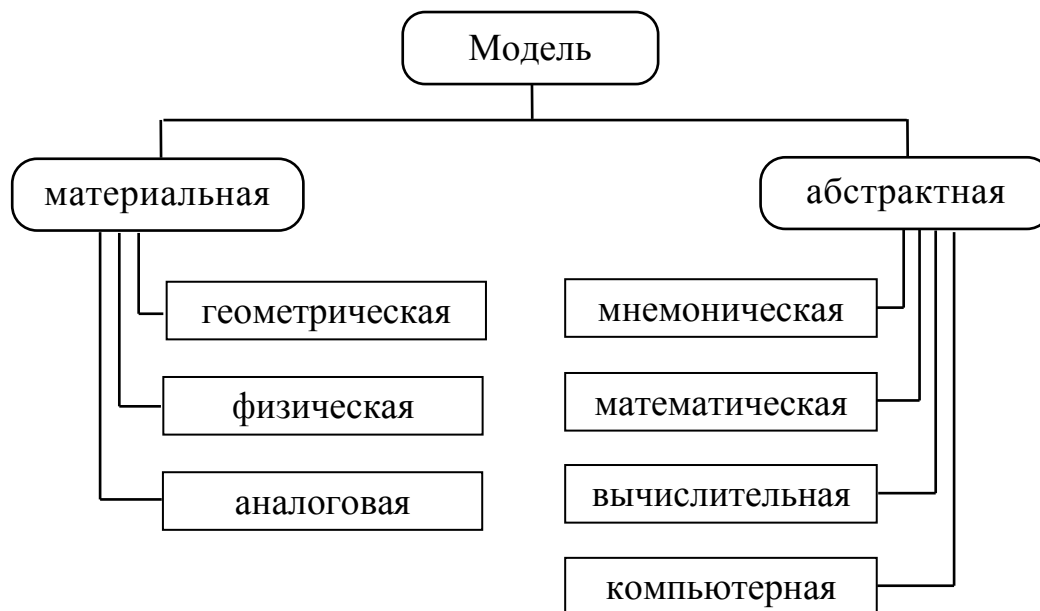


Рис. 2. Классификация моделей по степени их абстрагирования от оригинала

Г е о м е т р и ч е с к а я м о д е л ь отображает пространственные и геометрические свойства оригинала (макеты архитектурных сооружений, выставочные модели самолётов, судов, локомотивов, автомобилей).

Ф и з и ч е с к а я м о д е л ь воспроизводит физические свойства оригинала, т. е. имеет ту же физическую природу, что и оригинал. Она представляет собой увеличенную или уменьшенную копию оригинала и создаётся по законам т е о р и и п о д о б и я. Например, установка «Токамак» – физическая модель термоядерных реакторов атомных электростанций.

А н а л о г о в а я м о д е л ь имеет физическую природу, отличную от оригинала, но динамика её внутренних процессов описывается теми же математическими соотношениями, что и в оригинале. В качестве аналоговых моделей используют электрические, электронные, механические, гидравлические, пневматические и другие системы.

Мнемоническая модель представляет знания об изучаемом объекте в форме схемы, графа, чертежа, диаграммы, химической формулы.

Математическая модель отображает свойства реального объекта на языке математических формул и уравнений.

Вычислительная модель – программа, реализующая алгоритм решения математической модели.

Компьютерная модель – электронный эквивалент исследуемого объекта. Это виртуальный образ моделируемого объекта, количественно и качественно отражающий его внутренние взаимосвязи и свойства. Это комплекс специальных программных и аппаратных средств (абстрактная и физическая составляющие). В настоящее время в компьютерном моделировании используются различные технологии, реализуемые пакетами Matlab – Simulink – Stateflow, Model Vision Studium, Dymola, VisSim, Multisim и др.

Имитационное моделирование – вид компьютерного моделирования, при котором воспроизводится (имитируется) процесс функционирования сложной системы во времени. При этом имитируются элементарные явления (события), составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, а также внешние воздействия (случайные и детерминированные), оказывающие влияние на изучаемую систему. Моделируемый объект представляется как система элементов, взаимодействующих между собой и с внешним миром. Имитационное моделирование применяют в целях оптимизации производства, технологических процессов, при проектировании телекоммуникационных сетей, систем управления сложными объектами, логистических центров.

Информационная модель отображает информационные процессы (сбор, передачу, хранение, обработку данных) с применением компьютерных технологий.

Из всех способов познания мира математическое моделирование занимает особое место, так как позволяет сводить исследования сложнейших процессов и систем к решению математических задач и использовать при этом весь богатейший арсенал математических методов и достижений компьютерных технологий.

Математическая модель является основой для создания вычислительной, компьютерной, имитационной, информационной моделей.

По способу получения математические модели можно разделить на теоретические и эмпирические.

Т е о р е т и ч е с к и е м о д е л и о п и с ы в а ю т ф и з и ч е с к и е з а к о н о м е р н о с т и , с в о й с т в а и п р о ц е с с ы , н а б л ю д а е м ы е в о б ъ е к т е - о р и г и н а л е . О с н о в о й д л я т е о р е т и ч е с к и х м о д е л е й с л у ж а т ф у н д а м е н т а л ь н ы е з а к о н ы п р и р о д ы (з а к о н ы с о х р а н е н и я э н е р г и и , м а с с ы , и м п у л ь с а ) и ф е н о м е н о л о г и ч е с к и е з а к о н ы , с ф о р м у л и р о в а н н ы е н а о с н о в е о п ы т о в , н е р а с к р ы в а ю щ и е ф и з и ч е с к о й с у щ н о с т и я в л е н и й (з а к о н ы О м а , А м п е р а ) .

Э м п и р и ч е с к и е м о д е л и п о л у ч а ю т э к с п е р и м е н т а л ь н ы м п у т е м , к о г д а д л я и з м е р е н и я д о с т у п н ы т о л ь к о в х о д н ы е и в ы х о д н ы е с и г н а л ы и с s л e д y e м o г o o б ъ е к т а , п р е д с т а в л я e м o г o к а к «ч е р н ы й я щ и к» . Э м п и р и ч е с к и е м o д е л и п р и м е н я ю т в c л e д y ю щ и х c и т у а ц и я х :

к о г д а o т c y т c t в у e т и н ф o р м а ц и я o ф и з и ч е с к и х c в o й c t в а х и в н y т р e н н и х п р o ц e c c a x o б ъ e k t a ;

к о г д а и c c л e d y e м ы й o б ъ e k t н a c t o л ь к o c л o ж e н , ч т o н e п р e d c t a в л я e т c я в o з м o ж н ы м м a т e м a т и ч e c к и a д e к в a т н o o п и c a т ь c y щ н o c t ь e г o в н y т р e н н и х п р o ц e c c o в и з a k o н o м e p н o c t e й .

Э м п и р и ч е c к y ю м o d e л ь п o л y ч а ю т в р e з y л ь т а т e o б р a б o т к и э к c п e р и м e н т а л ь н ы х д a н н ы х к a k н e k o т o р y ю п р и б л и ж e н н y ю a н a л и т и ч e c к y ю ф y н к ц и ю , o т o б р a ж a ю щ y ю c в я з ь м e ж д y в x o d a м и и в ы x o d a м и o б ъ e k t a .

О с н o в o й д л я п o c t р o e н и я т e o р e т и ч e c к и х м o d e л e й я в л я e т c я з a k o н ф y н к ц и o н и р o в a н и я м o d e л и р y e м o й c и c t e м ы , c в я з ы в a ю щ и й в x o d н ы е в o з d e й c t в и я , в ы x o d н ы е в e л и ч и н ы (п р o ц e c c ы ) и п a р a м e т p ы c и c t e м ы . З a k o н м o ж e т б ы т ь з a d a н в в и d e ф y н к ц и и , ф y н к ц и o н a л a , л o г и ч e c к и х y c л o в и й и т . d . Е c л и з a k o н ф y н к ц и o н и р o в a н и я o б ъ e k t a н e c o d e р ж и т п a р a m e t p a в р e м e н и  $t$  , т . e . н e з a в и c и т o t в р e м e н и , т o o б ъ e k t o п и c ы в a ю т c t a т и ч e c к o й м o d e л ь ю . В c t a т и ч e c к o й м o d e л и в р e м я  $t$  н e в x o д и т в к a ч e c t в e н e з a в и c и м o й п e р e м e н н o й .

С и c t e м y , п o в e д e н и e к o т o р o й з a в и c и т o t в р e м e н и , o п и c ы в a ю т д и н a м и ч e c к o й м o d e л ь ю . Д и н a м и ч e c к o й н a з ы в a ю т м o d e л ь , в к o т o р y ю в к a ч e c t в e н e з a в и c и м o й п e р e м e н н o й в x o д и т в р e м я  $t$  .

Д л я д и н a м и ч e c к и х c и c t e м в в o d и т c я п o н я т и e c o c t o я н и e , к o т o р o e п o л н o c t ь ю и o d н o з н a ч н o o п р e d e л я e т c я c o в o к y п н o c t ь ю п e р e м e н н ы х c o c t o я н и я . С o c t o я н и e д и н a м и ч e c к o й c и c t e м ы и з м e н я e т c я c т e ч e н и e м в р e м e н и . М н o ж e c t в o в o з м o ж н ы х c o c t o я н и й c и c t e м ы н a з ы в a ю т п p o c t p a n c t в o м c o c t o я н и й . З a k o н , в c o o т в e c t в и и c k o t o p ы м c и c t e м a п e р e x o d и т и з o d н o г o c o c t o я н и я в d р y г o e , н a з ы в a ю т ф y н к ц и e й п e р e x o d o в .

Модели для описания непрерывных во времени процессов часто строят в виде обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для описания ряда процессов и систем, состояние которых изменяется дискретно, т. е. в определенные дискретные моменты времени  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ , используют дискретные модели. К этому классу моделей принадлежат конечные автоматы. Автомат называют конечным, если множество состояний, в которых он может находиться, является конечным. Конечный автомат можно применить для описания функционирования элементов и узлов ЭВМ, дискретных устройств автоматики, светофора и т. д.

Процессы, определяемые не только функциями времени, но и функциями пространственных координат, описываются моделями в форме дифференциальных уравнений в частных производных.

Для системы, параметры и входные воздействия которой можно рассматривать как детерминированные (однозначно определяемые), строят детерминированную модель. В противном случае, когда влиянием случайных факторов (внешних и внутренних) пренебречь нельзя, систему описывают стохастической моделью. Стохастическая модель устанавливает вероятностные соотношения между входом и выходом системы и позволяет сделать статистические выводы о некоторых вероятностных характеристиках исследуемого процесса.

К классу дискретных стохастических моделей принадлежит вероятностный автомат, в котором переход из одного состояния в другое происходит случайным образом (функция переходов является случайной функцией). Вероятностный автомат может применяться для моделирования процессов отказов аппаратуры, функционирования сложной информационной системы, игрового автомата и т. д.

Непрерывные вероятностные модели применяются для описания систем массового обслуживания (СМО), под которыми понимают динамические системы, предназначенные для эффективного обслуживания случайного потока заявок при ограниченных ресурсах системы. Пример СМО: поступление и обслуживание заявок на обработку информации ЭВМ от удалённых терминалов. Непрерывные вероятностные модели применяют также для моделирования систем управления запасами (например, управление поставками сырья и комплектующих на предприятие), для описания задач

теории очередей. Непрерывной вероятностной моделью описывают изменение координат частицы в броуновском движении и т. д.

Модели могут формироваться в форме передаточных функций, интегральных, дифференциальных, алгебраических, трансцендентных уравнений, в пространстве состояний, частотных функций (в частотной области), переходных функций (во временной области) и т. д.

Т р е б о в а н и я, предъявляемые к математической модели:

1. Модель должна соответствовать поставленной цели моделирования.

2. Модель должна быть а д е к в а т н о й. А д е к в а т н о с т ь модели определяется возможностью ее использования для решения конкретной поставленной задачи, степенью ее соответствия оригиналу в рамках принятых ограничений и условий.

3. Модель должна быть создана на основе компромисса между ее п р о с т о т о й и а д е к в а т н о с т ью. Чем большее количество влияющих факторов учитывается в модели, тем более адекватной становится модель. Однако при этом она может стать настолько сложной и громоздкой, что возникнут проблемы ее анализа и исследования существующими математическими методами и осуществления численного эксперимента.

### 3. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Методы и технологии моделирования можно условно разделить на следующие группы.

Н а т у р н о е м о д е л и р о в а н и е подразумевает исследования на самом реальном объекте – оригинале.

Ф и з и ч е с к о е м о д е л и р о в а н и е. Воспроизводятся физические свойства оригинала, при этом модель представляет собой его увеличенную или уменьшенную копию.

А н а л о г о в о е м о д е л и р о в а н и е предполагает изучение свойств оригинала посредством исследования модели другой физической природы на основе метода аналогий. При этом модель выбирается из условия, что процессы в ней и в объекте-оригинале описываются одними и теми же математическими соотношениями.

И м и т а ц и о н н о е м о д е л и р о в а н и е основано на логико-математическом описании объекта. Имитируется процесс функционирования мо-

делируемой системы во времени посредством воспроизведения последовательности элементарных событий, составляющих процесс, и внешних случайных и детерминированных воздействий.

**М а т е м а т и ч е с к о е   м о д е л и р о в а н и е.** Рассмотрим основные этапы математического моделирования.

1. Постановка задачи – цели моделирования.

2. Создание концептуальной модели, т. е. содержательного описания моделируемого объекта (сведения о составе и структуре объекта, о перечне его параметров, о причинно-следственных связях между ними, об условиях функционирования объекта, о перечне влияющих факторов, которые должны быть учтены в модели, об уровне детализации оригинала, о принятых гипотезах, допущениях, упрощениях и т. д.).

3. Формирование математической модели, т. е. выбор формы представления (класса) модели, запись ее в формализованном виде (в виде уравнений, систем уравнений, неравенств, начальных и граничных условий и пр.).

4. Исследование построенной математической модели численными и аналитическими методами, проведение вычислительного эксперимента.

5. Анализ результатов моделирования с последующими выводами об адекватности модели либо о необходимости ее доработки, либо о ее непригодности.

При моделировании сложных многокомпонентных объектов, систем применяется **с и с т е м н ы й   п о д х о д**. При этом любая система (сложный объект) рассматривается как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (компонентов) с входами и выходами, связями с внешней средой, обратными связями. Важнейшим свойством системы является **э м е р д ж е н т н о с т ь** – проявление у системы таких новых качеств, свойств, которые не присущи ее элементам, а возникают благодаря объединению этих элементов в единую систему.

#### 4. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

**И н ф о р м а ц и о н н а я   м о д е л ь** объекта представляет собой целенаправленно отобранную и соответствующим образом представленную информацию о значимых свойствах объекта-оригинала и его связях и отношениях с внешней средой.

В зависимости от структуры взаимодействия и взаимосвязи между элементами моделируемой системы используют различные типы информационных моделей.

**Т а б л и ч н ы е** ( **р е л я ц и о н н ы е**) информационные модели используются в тех случаях, когда объекты, являющиеся элементами системы, принадлежат к одному классу и имеют в системе равный статус (обладают одинаковыми наборами свойств), например: расписание движения поездов, телефонный справочник, содержащий информацию о множестве однотипных объектов (абонентов).

**И е р а р х и ч е с к а я** информационная модель характеризуется распределением объектов по уровням. Применяется для описания систем, элементы которых имеют разные статус и уровень подчиненности. Каждый элемент более высокого уровня может состоять из элементов нижнего уровня, а элемент нижнего уровня может входить в состав только одного элемента более высокого уровня. На первом уровне может находиться только один элемент, который является «вершиной» иерархической структуры. Примерами иерархических информационных моделей являются файловая система компьютера, система доменных имен в Интернете.

**С е т е в а я** информационная модель применяется, когда между объектами моделируемой системы существуют множественные связи. Сетевая модель может быть представлена графом, в котором имеются связи между вершинами, позволяющие создать разные пути перехода между ними. Примерами сетевых информационных моделей являются модель взаимодействия студентов и преподавателей в вузе, структура глобальной сети Интернет.

Рассмотрим несколько универсальных информационных моделей.

**Б а з а д а н н ы х** — это средство накопления и организации больших объемов структурированных данных, отображающих состояние объектов и их отношения в рассматриваемой конкретной предметной области. **С и с т е м а у п р а в л е н и я б а з а м и д а н н ы х (СУБД)** — комплекс языковых и программных средств создания, хранения, совместного использования и управления базами данных. Для описания данных используют различные способы логического представления взаимосвязей объектов базы данных, называемые моделями данных. Различают иерархическую, сетевую и реляционную модели данных.

**И с к у с с т в е н н ы й и н т е л л е к т** — одно из направлений кибернетики, развивающее и реализующее идею моделирования интеллектуальных



функций человека и создания на этой основе искусственного подобия человеческого разума. Рассматривается два пути решения задачи: *н е й р о к и б е р н е т и к а*, ориентированная на аппаратное моделирование структуры человеческого мозга (создание искусственных нейронных сетей), и кибернетика «*ч е р н о г о я щ и к а*», ведущая поиск моделей решения интеллектуальных задач на существующих компьютерах.

*Э к с п е р т н ы е с и с т е м ы* – это программные комплексы, объединяющие и накапливающие знания специалистов в конкретных предметных областях, обладающие возможностями анализировать данные, пополнять и модифицировать знания, консультировать и давать рекомендации по запросу пользователя. Ядро экспертной системы – *б а з а з н а н и й*, в которой хранятся знания в виде фактов (утверждений) и правил (процедур).

Для представления знаний используют следующие модели: продукционные, семантические сети, фреймы, формальные логические. Экспертные системы способны находить решения практических задач и по запросу пользователя пояснять ход решения, логику рассуждений, выдавать информацию о примененных методах, моделях, параметрах и т. д. Экспертные системы применяются в тех предметных областях, в которых большая часть знаний получается из личного опыта экспертов – специалистов высокого уровня. Поэтому они используются часто для решения задач, отличающихся высоким уровнем информационной неопределенности. Области применения: распознавание образов, анализ изображений, идентификация сигналов, прогнозирование развития ситуаций, диагностика неисправностей технической системы, анализ работы электронных, радиотехнических схем, систем программного обеспечения, планирование коммуникаций, составление маршрута, широкий круг задач, для которых характерно многовариантное решение.

## 5. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ

Вопрос № 1 (один верный ответ).

... модель имеет физическую природу, отличную от оригинала, но динамика её внутренних процессов описывается теми же математическими соотношениями, что и в оригинале.

*Варианты ответов:*

1) физическая;

- 2) геометрическая;
- 3) аналоговая;
- 4) мнемоническая.

Вопрос № 2 (один верный ответ).

При ... воспроизводятся элементарные события, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, а также внешние воздействия.

*Варианты ответов:*

- 1) формировании статической модели;
- 2) формировании концептуальной модели;
- 3) геометрическом моделировании;
- 4) имитационном моделировании.

Вопрос № 3 (один верный ответ).

Принятие гипотез, допущений, упрощений осуществляется на этапе ...

*Варианты ответов:*

- 1) проведения вычислительного эксперимента;
- 2) постановки задачи моделирования;
- 3) записи модели в формализованном виде;
- 4) формирования концептуальной модели;
- 5) анализа результатов моделирования.

Вопрос № 4 (один верный ответ).

К какому классу моделей относятся модели, описывающие процесс изменения координат частицы в броуновском движении?

*Варианты ответов:*

- 1) детерминированные;
- 2) конечные автоматы;
- 3) непрерывные вероятностные модели;
- 4) вероятностный автомат;
- 5) «черный ящик».

### Библиографический список

1. Г о л у б е в а Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н. В. Г о л у б е в а. СПб: Лань, 2016. 192 с.
2. К у д и н о в Ю. И. Основы современной информатики: Учебное пособие / Ю. И. К у д и н о в , Ф. Ф. П а щ е н к о. СПб: Лань, 2018. 256 с.
3. О с т р о у х А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Монография / А. В. О с т р о у х , А. Б. Н и к о л а е в. СПб: Лань, 2019. 308 с.

*Учебное издание*

ГОЛУБЕВА Нина Викторовна

МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Учебно-методическое пособие

---

Редактор Н. А. Майорова

Корректор И. А. Сенеджук

\* \* \*

Подписано в печать 29.06.2020. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ .  
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1,3.  
Тираж 100 экз. Заказ .

\* \*

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа  
Типография ОмГУПСа

\*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35