



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**И.Ю. Ефимова**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО КУРСУ «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве практикума*

Магнитогорск  
2019

УДК 004.9  
ББК 3973-2-018.2

**Рецензенты:**

руководитель направления по методическому планированию  
и методическому обеспечению,  
АНО ДПО «КЦПК «Персонал»  
**О.Д. Гасилина**

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры прикладной математики и информатики,  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»  
**Е.Г. Трофимов**

**Ефимова И.Ю.**

**Лабораторный практикум по курсу «Компьютерное моделирование»**  
[Электронный ресурс] : практикум / Ирина Юрьевна Ефимова ; ФГБОУ ВО  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».  
– Электрон. текстовые дан. (0,92 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им.  
Г.И. Носова», 2019. – 1 электрон. опт. диск (DVD-R). – Систем. требования :  
IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и  
выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с  
титул. экрана.

Лабораторный практикум по курсу «Компьютерное моделирование»  
содержит лабораторные работы, краткие теоретические сведения и  
методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для  
обучающихся по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя  
профилями)/Информатика и экономика».

УДК 004.9  
ББК 3973-2-018.2

© Ефимова И.Ю., 2019  
© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова», 2019

## Содержание

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                                                                             | 4  |
| Лабораторная работа №1. Основные этапы компьютерного моделирования .....                                                                                   | 8  |
| Лабораторная работа № 2. Моделирования при решении задач на оптимизацию (линейное программирование).....                                                   | 18 |
| Лабораторная работа №3. Использование метода имитационного моделирования при решении задач (метод Монте – Карло, или метод статистических испытаний) ..... | 27 |
| Лабораторная работа №4. Использование дескриптивных моделей на примере модели популяций .....                                                              | 30 |
| Лабораторная работа №5. Графическое моделирование. Графические возможности Excel использование графиков и диаграмм) .....                                  | 33 |
| Лабораторная работа №6. Графическое моделирование в Mathcad .....                                                                                          | 38 |
| Лабораторная работа №7. Информационное моделирование (проектирование инфологической модели).....                                                           | 43 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....                                                                                                                              | 58 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ .....                                                                                                                                           | 60 |

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по курсу «Компьютерное моделирование» предназначен для обучающихся по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями) / Информатика и экономика», изучающих дисциплину «Компьютерное моделирование». Данное пособие содержит тексты работ и краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ. Выполнению каждой работы должно предшествовать ознакомление с теоретической частью, которая находится, как правило, в начале работы. Студентам необходимо вести рабочую тетрадь, в которой должны отражаться результаты и ход выполнения лабораторных задач, а также основные теоретические выкладки, используемые при этом.

Основными задачами проведения лабораторных работ являются:

- установление связей теории с практикой в форме экспериментального подтверждения положений теории;
- обучение студентов умению анализировать полученные результаты;
- контроль самостоятельной работы студентов по освоению курса;
- обучение навыкам профессиональной деятельности;
- осуществление межпредметных связей.

Цель курса «Компьютерное моделирование» – расширить представления студентов о моделировании как методе научного познания, способствовать осознанию методологии моделирования в целом как одной из ведущих в познании окружающего мира, ознакомить с использованием компьютера в научно-исследовательской деятельности, развить и углубить навыки в области программирования и использования ЭВМ.

Цель, поставленная перед данным курсом, реализуется путем решения задач, направленных на формирование следующего комплекса знаний и умений:

Студент должен иметь представление:

- о принципах описания систем;
- об основных классах моделей и методах моделирования, принципах построения информационных моделей;
- о визуальном представлении информации, о применении компьютерной графики в моделировании.

Студент должен знать:

- основные классы моделей и методы моделирования, принципы построения моделей информационных процессов, методы формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ
- инструментарий компьютерного моделирования;
- принципы организации, структуры технических и программных средств компьютерной графики, основные методы и алгоритмы формирования и преобразования изображений.

Студент должен уметь:

- создавать модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств;
- моделировать процессы управления;
- использовать графические пакеты для визуализации цифровых моделей.

Дисциплина относится к циклу обще-профессиональных дисциплин. Связана с курсами «Математическое моделирование экономических процессов», «Системный анализ», «Математическая статистика».

#### Разделы курса

Понятие «модель». Моделирование как метод познания. Системный подход в научных исследованиях. Натурные и абстрактные модели. Виды моделирования в естественных и технических науках. Компьютерная модель.

Абстрактные модели и их классификация. Вербальные модели. Информационные модели. Объекты и их связи. Основные структуры в информационном моделировании. Примеры информационных моделей.

Имитационное моделирование. Математические модели. Различные подходы к классификации математических моделей. Модели с сосредоточенными и распределенными параметрами. Дескриптивные, оптимизационные, многокритериальные, игровые модели

Численный эксперимент. Его взаимосвязи с натурным экспериментом и теорией. Достоверность численной модели. Анализ и интерпретация модели.

Модели динамических систем. Инструментальные программные средства для моделирования динамических систем. Модель популяции.

Геометрическое моделирование и компьютерная графика.

Моделирование стохастических систем. Метод статистических испытаний. Моделирование последовательностей независимых и зависимых случайных испытаний. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины.

Моделирование систем массового обслуживания. Переход детерминированных систем к хаотическому поведению.

Примеры математических моделей в химии, биологии, экологии, экономике.

Учебные компьютерные модели. Программные средства для моделирования предметно-коммуникативных сред (предметной области). Специфика использования компьютерного моделирования в педагогических программных средствах.

Темы курса и краткое содержание:

Моделирование как метод познания. Модель, моделирование, информационная модель. Классификация моделей. Модель и ее отношение к исходному объекту. Принципы оценки адекватности модели. Основные направления использования моделей и моделирования. Виды моделирования в естественных и технических науках. Абстрактные модели и их классификация. Инструментарий компьютерного моделирования.

Основные свойства моделей. Жизненный цикл модели. Функции модели. Связь модели с объектом-оригиналом. Выбор значимых свойств исходного объекта для будущей модели. Требования к моделям: достоверность, информативность, экономичность, адаптивность и др. Принципы оценки адекватности модели. Основные направления использования моделей и моделирования.

Основные понятия математического и компьютерного моделирования, операции моделирования.

Моделирование стохастических систем. Стохастические системы. Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло). Моделирование последовательностей независимых и зависимых случайных испытаний. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины. Методы генерации случайных величин в электронных таблицах.

Компьютерное имитационное моделирование. Этапы имитационного моделирования. Прогнозирование с помощью имитационных моделей. Планирование компьютерного эксперимента. Основные понятия имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования по К. Шеннону. Среда имитационного моделирования Arena RockwellSoftware. Исследование динамики развития систем. Анимация работы производственной системы. Анализ результатов имитационного моделирования. Статистические характеристики функционирования системы. Показатели эффективности. Прогнозирование с помощью имитационных моделей.

Моделирование систем массового обслуживания. Системы массового обслуживания. Одноканальные системы массового обслуживания. Многоканальные системы массового обслуживания. Дисциплина очереди, приоритеты. Примеры систем массового обслуживания.

Динамические системы. Модели динамических систем. Примеры динамических систем. Модель популяции. Инструментальные программные средства для моделирования динамических систем.

Технология и этапы компьютерного моделирования. Инструментарий компьютерного моделирования

Информационное моделирование. Объекты и их связи. Основные структуры в информационном моделировании. Примеры информационных моделей. Методы разработки информационных моделей. Программные средства для создания информационных моделей.

Примеры моделей в физике, химии, биологии, медицине, экономике и т.д.

Компьютерная графика и геометрическое моделирование. Геометрическое моделирование. Области применения компьютерной графики. Системы координат. Системы автоматизированного проектирования.

Графическое моделирование. Виды компьютерной графики: векторная, растровая, фрактальная. Области применения компьютерной графики и геометрического моделирования. Особенности использования 3-х мерной компьютерной графики для моделирования. Основные объекты 3-х мерной графики.

Программные средства для моделирования предметно-коммуникативных сред (предметной области). Специфика использования компьютерного моделирования в педагогических программных средствах. Использование компьютерного моделирования в педагогических программных средствах.

Компьютерное моделирование в обучающих программах. Учебные компьютерные модели из области информатики. Примеры математических моделей в математике, биологии, физике, экономике. Модель численности популяции с неограниченным ростом, с ограниченным ростом. Модель хищник-жертва. Моделирование движения.

В результате освоения дисциплины «Компьютерное моделирование» студент должен обладать следующими компетенциями:

- способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве (ОК-3);
- способностью использовать математический аппарат, методологию программирования и современные компьютерные технологии для решения практических задач получения, хранения, обработки и передачи информации (ДПК-1);
- готовностью реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов (ПК 1).

## Компьютерное моделирование

...Решил модель соорудить,  
Во всем подобную натуре,-

...

И на модели без труда  
Любой вопрос решить всегда.  
Генри Лонгфелло

### Лабораторная работа №1.

#### Основные этапы компьютерного моделирования<sup>1</sup>

**Цель:** познакомить студентов с основными этапами компьютерного моделирования.

**Задачи моделирования:** построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей); исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей); использование модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

Основные операции моделирования:

1. Линеаризация.
2. Идентификация.
3. Оценка адекватности (точности) модели.
4. Оценка чувствительности модели (чувствительности к изменениям входных параметров).
5. Вычислительный эксперимент по модели.

Этапы компьютерного моделирования [3]

1. Постановка задачи.
  1. Определение цели моделирования, задач, точки зрения и приоритетов моделирования.
  2. Сбор информации о системе, объекте моделирования с использованием следующих методов: анкетирование, сбор и анализ документов, интервьюирование, опрос, работа с экспертами данной предметной области.
  3. Определение структуры данных: диапазона, источника, ограничений и т.д.
  4. Определение множества требований и организация их в основные функциональные группы.
2. Предмодельный анализ.
  1. Разработка структур данных. Разработка входных и выходных спецификаций, форм представления данных.
  2. Проектирование структуры и состава модели (подмоделей).

---

<sup>1</sup> См. И.М. Казиев, К.В. Казиев «Основы математического и информатического моделирования в примерах», Информатика и образование, 2-2004

3. Анализ существующих аналогов и подсистем, технических средств моделирования (ЭВМ, периферия), программного обеспечения (языки программирования, пакеты прикладных программ, инструментальные среды), математического обеспечения (модели, методы, алгоритмы), модели).
4. Идентификация внешних объектов, с которыми разрабатываемая модель будет связана.
3. Исследование модели.
  1. Выбор методов исследования подмоделей.
  2. Выбор, адаптация или разработка алгоритмов, их псевдокодов.
  3. Сборка модели в целом из подмоделей.
  4. *Идентификация* модели, если в этом есть необходимость.
  5. Определение критериев, используемых для проверки адекватности, устойчивости и чувствительности модели.
4. Программирование (проектирование программы).
  1. Выбор метода тестирования и тестов (контрольных примеров).
  2. Написание программы на выбранном языке программирования.
  3. Комментирование (пояснение работы) программы.
5. Тестирование и отладка.
  1. Синтаксическая отладка.
  2. Семантическая отладка (отладка логической структуры).
  3. Тестовые расчеты, анализ результатов тестирования.
  4. Оптимизация программы.
6. Оценка моделирования.
  1. Оценка средств моделирования, адекватности моделирования.
  2. Оценка чувствительности и устойчивости модели.
7. Документирование.
  1. Описание цели, задач, модели, метода, алгоритма.
  2. Описание среды реализации, возможностей и ограничений.
  3. Описание входных и выходных форматов, спецификаций.
  4. Описание тестирования.
  5. Создание инструкций для конечного пользователя.
8. Сопровождение (этап промышленной эксплуатации).
  1. Анализ применения, периодичности использования, количества пользователей, типа использования (диалоговый, автономный и др.), анализ отказов во время использования модели.
  2. Обслуживание модели, алгоритма, программы и их эксплуатация.
  3. Расширение возможностей: включение новых функций или изменение режимов работы, в том числе и под модифицированную среду.
  4. Нахождение, исправление обнаруженных ошибок.
9. Использование модели.

Пример. Математическое и компьютерное моделирование подробно, поэтапно, мы рассмотрим на примере следующей простой модели производства. Итак, возьмем укрупненные этапы моделирования производства.

## Этап 1. Содержательная постановка задачи

Современное производство характерно тем, что часть производимой продукции (в стоимостном выражении) возвращается в виде инвестиций (т.е. части конечной продукции, используемой для создания основных фондов производства) в производство. При этом время возврата, ввода в оборот новых фондов может быть различным для различного рода производства. Необходимо промоделировать эту ситуацию и выявить динамику изменения величины основных фондов производства (капитала).

Сложность и многообразие, слабая структурированность и плохая формализуемость основных экономических механизмов, определяющих работу предприятий, не позволяют преобразовать процедуры принятия решений в экономической системе в полностью эффективные математические модели и алгоритмы прогнозирования. Поэтому целесообразно использование простых, но гибких и надежных процедур принятия решения.

Рассмотрим одну такую простую модель социально-экономического процесса.

## Этап 2. Формулировка гипотез, построение, исследование модели

Динамика изменения величины капитала определяется в нашей модели, в основном, простыми процессами производства и описывается так называемыми обобщенными коэффициентами амортизации (расхода фондов) и потока инвестиций (часть конечного продукта, используемого в единицу времени для создания основных фондов). Эти коэффициенты - относительные величины (оцениваются за единицу времени). Необходимо разработать и исследовать модель динамики основных фондов. Считаем при этом допустимость определенных гипотез, определяющих систему производства.

Пусть  $x(t)$  - величина основных фондов (капитала) в момент времени  $t$ , где  $0 \leq t \leq N$ . Через промежуток времени  $\Delta t$  она будет равна  $x(t+\Delta t)$ . Абсолютный прирост равен  $\Delta x = x(t+\Delta t) - x(t)$ . Относительный прирост будет равен  $\delta x = [x(t+\Delta t) - x(t)] / \Delta t$ .

Примем следующие гипотезы:

1. социально-экономические условия производства достаточно хорошие и способствуют росту производства, а поток инвестиций задается в виде известной функции  $y(t)$ ;
2. коэффициент амортизации фондов считается неизменным и равным  $m$ , и при достаточно малом значении  $\Delta t$ , изменение основных фондов прямо пропорционально текущей величине капитала, т.е.  $dx = y(t) - mx(t)$ .

Считая  $\Delta t \rightarrow 0$ , а также учитывая определение производной, получим из предыдущего соотношения следующее математическое выражение закона изменения величины капитала - математическую модель (дифференциальное уравнение) динамики капитала:

$$x'(t) = y(t) - mx(t), \quad x(0) = x_0,$$

где  $x(0)$  - начальное значение капитала в момент времени  $t=0$ .

Эта простейшая модель не отражает важного факта: социально-экономические ресурсы производства таковы, что между выделением инвестиций и их введением и использованием в выпуске новой продукции проходит время (лаг).

Учитывая это, можно записать модель в виде

$$x'(t) = y(t-T) - mx(t), \quad x(0) = x_0$$

Этой непрерывной, дифференциальной, динамической модели можно поставить в соответствие простую дискретную модель:

$$x_{i+1}=x_i + y_j - mx_i, \quad x_0=c, \quad i=0, 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq j \leq n,$$

где  $n$  - предельное значение момента времени при моделировании.

Дискретная модель следует из непрерывной при  $\Delta t=1$ , при замене производной  $x'(t)$  на относительное приращение (из определения производной, это справедливо при малых значениях  $\Delta t$ ).

### Этап 3. Анализ задачи (модели)

#### Построение алгоритма и программы моделирования

Возьмем для простоты режим моделирования, когда  $m$ ,  $c$  - известны и постоянны,  $y$  - увеличивается на каждый следующий момент времени на 1%, а также рассмотрим наиболее простой алгоритм моделирования в укрупненных шагах.

1. Ввод входных данных для моделирования:  $c=x(0)$  - начальный капитал;  $n$  - конечное время моделирования;  $m$  - коэффициент амортизации;  $s$  - единица измерения времени;  $y$  - инвестиции.
2. Вычисление  $x_i$  от  $i=1$  до  $i=n$  по рекуррентной формуле, приведенной выше.
3. Поиск стационарного состояния - такого момента времени  $j$ ,  $0 \leq j \leq n$ , начиная с которого все  $x_j, x_{j+1}, \dots, x_n$  постоянны или изменяются на малую допустимую величину  $\varepsilon > 0$ .
4. Выдача результатов моделирования и, по желанию пользователя, графика.

### Этап 4. Построение алгоритма

Алгоритм, записанный на учебном алгоритмическом языке, имеет вид

алг Производство (арг вещ  $m, c, n$ , рез вещ таб  $x[1:366]$ , лит  $p, q$ );

дано | производство с основными фондами, изменяющимися по закону:

|  $x[i+1]=x[i]+y-mx[i]$ ,  $x[0]=c$ ,  $i=0, 1, 2, \dots, n$ ,  $0 \leq j \leq n$ ,

|  $t=i*h$ ,  $h=1$  - шаг по времени (день),

|  $i$  - текущий момент времени,

|  $m$  - коэффициент амортизации,

|  $x[0]=c$  - заданная начальная величина капитала,

|  $y$  - увеличиваемая на 1% каждый раз величина инвестиций

надо | промоделировать динамику основных фондов, т.е. выяснить:

| 1) чему они равны на момент времени  $n$ ;

| 2) наступает ли гибель предприятия, т.е. обращается ли капитал (основные фонды) в нуль при некотором  $t$ , и найти это  $t$ ;

| 3) наступает ли ситуация, когда капитал стабилизируется

нач | начало тела алгоритма

| описание типов переменных

цел  $i$ , |  $i$  - переменная цикла прогноза (текущее время)

$j$ , |  $j$  - задаваемая величина лага

$k$ , |  $k$  - момент гибели предприятия (если есть)

$y$  |  $y$  - величина инвестиций, увеличиваемая по закону  $y:=1.01*y$

ввод ( $m, n, c, y$ ) | ввод исходных данных

```

p:='предприятие не гибнет' | задаем начальное значение s
q:='капитал не стационарен' | задаем начальное значение q
x[0]:=c | начальное значение капитала (не нулевое)
i:=0 | задаем начальный момент времени моделирования
нц пока (i<=n) и (x[i]>0) | заголовок цикла прогноза капитала
    | тело цикла прогноза капитала
    x[i+1]=x[i]+y-mx[i] | вычисление прибыли в следующий момент
    y:=1.01*y | и увеличиваем на 1% - для следующего момента
    если x[i+1]<=0 | проверка гибели
        то | если гибнет, - выполняется блок погибшего предприятия
            p:="предприятие гибнет" | заменяем значение s
            k:=i-1 | и фиксируем время гибели
            нц для j от k до n | цикла вычисления всех
                x[j]=0 | остальных, нулевых значений прибыли
            кц | конец блок обработки погибшего предприятия
            если x[i+1]=x[i] | проверка стационарности прибыли
                то q:="капитал стационарен" | заменяем старое значение q
        кц
кц
кон.

```

### Этап 5. Программирование (проектирование программы)

Приведем программу на Паскале для имитационного моделирования (программа реализована для функции типа  $y=at+b$ , где  $a$ ,  $b$  - коэффициенты потока инвестиций; структурированность и интерфейс программы "принесены в жертву" компактности, простоте и понятности программы).

```
PROGRAM MODFOND;
```

```
{Исходные данные находятся в файле in.dat текущего каталога}
```

```
{Результаты записываются в файл out.dat текущего каталога}
```

```
Uses
```

```
Crt, Graph, Textwin;
```

```
Type
```

```
Vector = Array[0..2000] of Real;
```

```
Mas = Array[0..2000] of LongInt;
```

```
Var
```

```
Time, Lag, t, dv, mv, i, yi, p :Integer;
```

```
tmax, tmin :LongInt;
```

```
a, b, m, X0, maxx, minx, aa, bb, cc, sx, tk :Real;
```

```
x :Vector;
```

```
ax, ay :Mas;
```

```
ch :Char;
```

```
f1, f2 :Text;
```

```
{-----}
```

```
Procedure InputKeyboard; { Ввод с клавиатуры }
```

```
Begin
```

```
OpenWindow(10,5,70,20,' Ввод данных ',14,4);
```

```
ClrScr; WriteLn;
```

```

WriteLn('Введите время T прогнозирования системы:');
Repeat
    WriteLn('Для удобства построения графика введите T не меньше 2');
    Write('T='); ReadLn(Time);
until Time>=2;
WriteLn('Введите лаг:');
Repeat
    Write('Лаг должен быть строго меньше T - '); ReadLn(Lag);
until Lag<Time;
WriteLn('Введите коэффициенты для вычисления потока инвестиций');
Write('Введите a>0: a= '); ReadLn(a);
Write('Введите b>0: b= '); ReadLn(b);
Repeat
    Write('Введите коэффициент амортизации ( 0<M<1 ) - '); ReadLn(m);
until (m<1) and (m>0);
Write('Введите значение фондов в начальный момент - '); ReadLn(X0);
CloseWindow;
end;
{-----}
Procedure InputFile; { Ввод из файла }
Begin
    Assign(f1,'in.dat'); Reset(f1); ReadLn(f1,time,lag,a,b,m,X0); Close(f1);
End;
{-----}
Procedure OutputFile; { Запись результата работы в файл }
Begin
    Assign(f2,'out.dat'); Rewrite(f2);
    WriteLn(f2,' Результаты моделирования:');
    WriteLn(f2,'Значение фондов в заданное время T = ',x[time]:4:2);
    WriteLn(f2,'Максимальное значение фондов = ',maxx:4:2);
    Write(f2,'Минимальное значение фондов = ',minx:4:2);
    Close(f2);
End;
{-----}
Procedure InputRnd; { Ввод случайными числами }
Begin
    Randomize;
    Repeat Time:=Random(90); until Time>=2;
    Repeat Lag:=Random(80); until Lag<Time;
    a:=Random(10); b:=Random(10); m:=Random; X0:=Random(200);
End;
{-----}
Procedure OutputScreen; { Вывод данных на экран }
Begin
    OpenWindow(10,5,70,20,' Вывод данных: ',4,3);
    WriteLn;

```

```

WriteLn(' Данный набор входных параметров:'); WriteLn;
WriteLn(' Время T - ',time);
WriteLn(' Лаг - ',lag); WriteLn;
WriteLn('Коэффициенты потока инвестиций:'); WriteLn;
WriteLn(' a - ',a:4:2);
WriteLn(' b - ',b:4:2); WriteLn;
WriteLn('Эмпирический коэффициент амортизации - ',m:4:3);
WriteLn('Состояние фондов в начальный момент - ',X0:4:2);
ReadKey; CloseWindow;
End;
{-----}
Procedure Worker; { Рабочая процедура }
Var
    yt :real;
Begin
    x[0]:=X0;
    For t:=1 to Time do
        Begin
            If t<Lag+1 then yt:=0 else yt:=a*(t-1-Lag)+b; x[t]:=yt+(1-m)*x[t-1];
        End;
    maxx:=x[0]; minx:=x[0]; tmin:=0; tmax:=0;
    For t:=1 to Time do
        If x[t]>maxx
            then begin maxx:=x[t]; tmax:=t; end
            else if x[t]<minx then begin minx:=x[t]; tmin:=t; end;
    OpenWindow(10,5,70,13,' Результат работы модели: ',14,7);
    ClrScr; WriteLn;
    WriteLn('Значение фондов в заданное время T = ',x[time]:4:2);
    If tmin<>0 then
        WriteLn(' Величина фондов возрастает с ',tmin,' до ',tmax);
        WriteLn(' Максимальное значение фондов = ',maxx:4:2);
        WriteLn(' Минимальное значение фондов = ',minx:4:2);
    ReadKey; CloseWindow;
End;
{-----}
Procedure Mas_OX; { Масштабирование по оси OX }
Var
    st :String;
Begin
    p:=1; While Time>p*24 do inc(p);
    For i:=1 to 24 do Begin Str(p*i,st); OutTextXY(65+20*i,420,st) End;
    For t:=0 to Time do ax[t]:=70+round(20*t/p);
End;
{-----}
Procedure Mas_OY; { Масштабирование по оси OY }

```

```

Var
    st      :String;
    k, r    :Integer;
Begin
    If maxx>16
    then Begin
        k:=1; While maxx>k*16 do inc(k);
        For i:=1 to 16 do Begin Str(k*i,st); OutTextXY(35,407-20*i,st); End;
        tk:=k;
        End
    else Begin
        r:=1; While (maxx<=16/r) and (r<16) do inc( r); dec( r);
        For i:=1 to (trunc(16/r-0.1)+1) do
            Begin
                Str(i,st);
                OutTextXY(35,407-0*r*i,st)
            End;
            tk:=1/r;
        End;
        For t:=0 to Time do ay[t]:=410-round(20*x[t]/tk);
    End;
    {-----}
    Procedure Ipol(x1,y1,x2,y2,x3,y3:Real); {Процедура интерполяции}
    Var d1, da, db, dc      :Real;
    Begin
        d1:=x1*x1*(x2-x3)+x2*x2*(x3-x1)+x3*x3*(x1-x2);
        da:=y1*(x2-x3)+y2*(x3-x1)+y3*(x1-x2);
        db:=x1*x1*(y2-y3)+x2*x2*(y3-y1)+x3*x3*(y1-y2);
        dc:=x1*x1*(x2*y3-y2*x3)+x2*x2*(x3*y1-y3*x1)+x3*x3*(x1*y2-y1*x2);
        aa:=da/d1; bb:=db/d1; cc:=dc/d1;
    End;
    {-----}
    Procedure Graf; { Построение графика }
    Begin
        dv:=detect; InitGraph(dv,mv,""); SetBkColor(7); SetColor(6);
        Rectangle(30,40,600,450);
        Line(600,60,620,60); Line(620,60,620,470);
        Line(50,450,50,470); Line(50,470,620,470);
        SetFillStyle(1,1); FloodFill(610,450,6);
        SetFillStyle(1,15); FloodFill(100,100,6);
        SetColor(5); Circle(70,410,2);
        Line(70,410,70,50); Line(70,410,590,410); { оси OX и OY }
        OutTextXY(587,407,'>'); OutTextXY(67,47,'^'); OutTextXY(57,415,'0');
        OutTextXY(80,45,'X(T) - (Величина основных фондов производства)');
        OutTextXY(590,415,'T'); OutTextXY(540,430,'(Время)'); SetColor(2);

```

```

For i:=1 to 16 do Line(67,70+20*i,70,70+20*i);
For i:=1 to 24 do Line(70+20*i,410,70+20*i,413);
Mas_OX; Mas_OY;
For t:=0 to time do Begin
    SetColor(Blue); Circle(ax[t],ay[t],2);
    SetFillStyle(SolidFill,Red); FloodFill(ax[t],ay[t],Blue);
End;
SetColor(Red); SetLineStyle(3,1,1);
Line(70,ay[time],ax[time],ay[time]); Line(ax[time],ay[time],ax[time],410);
Ipol(0,x[0],1,x[1],2,x[2]);
For i:=ax[0] to ax[2] do Begin
    sx:=p*(i-70)/20;
    yi:=410-round(20*(aa*sx*sx+bb*sx+cc)/tk);
    SetColor(Red); Circle(i,yi,1);
End;
For t:=1 to Time-2 do Begin
    Ipol(t,x[t],t+1,x[t+1],t+2,x[t+2]);
    For i:=ax[t+1] to ax[t+2]do
        Begin
            sx:=p*(i-70)/20;
            yi:=410-round(20*(aa*sx*sx+bb*sx+cc)/tk);
            SetColor(Red); Circle(i,yi,1);
        End;
    End;
ReadKey; CloseGraph;
End;
{-----}
Begin
While true do
    Begin
        ClrScr; TextBackGround(2); Window(1,1,80,25); ClrScr;
        OpenWindow(30,22,50,24,' Нажмите клавишу: ',4,1);
        OpenWindow(5,5,75,16,' Динамика фондов производства ',14,5);
        ClrScr; WriteLn;
        WriteLn(' Пусть x(t) - основные фонды в момент времени t, y(t) -');
        WriteLn(' инвестиции, m - коэффициент амортизации фондов. ');
        WriteLn(' Модель динамики основных фондов (L - лаг): ');
        WriteLn('  $x'(t) = y(t-L) - mx(t)$ , где  $x(0) = X_0$ ,  $y(t)=at+b$ , ( $a,b>0$  ). ');
        ReadKey; CloseWindow;
        OpenWindow(15,10,65,17,' Выберите вариант входа-выхода: ',15,0);
        ClrScr; WriteLn;
        WriteLn(' С клавиатуры - <1>');
        WriteLn(' Из файла - <2>');
        WriteLn(' Случайными числами - <3>');
        WriteLn(' Выход - <Esc>');
    End;
End;

```

```

ch:=ReadKey;
Case ch of
  #49: InputKeyboard;
  #50: Begin InputFile; OutputScreen; End;
  #51: Begin InputRnd; OutputScreen; End;
  #27: Halt(1);
End;
CloseWindow; Worker; OutputFile;
OpenWindow(22,10,58,14,"",15,5);
ClrScr; WriteLn;
Write('Для просмотра графика нажмите ввод'); ch:=ReadKey;
If ch=#13 then begin Graf; RestoreCrtMode; end;
CloseWindow; TextBackGround(15); Window(1,1,80,25);
ClrScr; OpenWindow(15,10,65,16,"",15,6); ClrScr; WriteLn;
WriteLn('      Хотите еще моделировать?'); WriteLn;
WriteLn('Для выхода нажмите      -      < Esc >');
WriteLn('Для продолжения нажмите любую другую клавишу');
ch:=ReadKey;
If ch=#27 then Halt(1);
CloseWindow;
End;
ClrScr; TextBackGround(0);
End.

```

## Этап 6. Проведение вычислительных экспериментов

Эксперимент 1. Поток инвестиций - постоянный и в каждый момент времени равен 10000. В начальный момент капитал - 1000000 руб. Коэффициент амортизации - 0,0025. Найти величину основных фондов через 20 суток, если лаг равен 5 суток.

Эксперимент 2. Основные фонды в момент времени  $t=0$  была равны 5000. Через какое время общая их сумма превысит 120000 руб., если поток инвестиций постоянный и равен 200, а  $m=0,02$ ,  $T=3$ ?

Эксперимент 3. Какую стратегию инвестиций лучше использовать, если величина инвестиций постоянная, в начальный момент капитал равен 100000, величина амортизации постоянная?

### Исследовательская часть задания

#### Модификация (развитие) модели

Модификация 1. Коэффициент амортизации можно взять в форме  $m=r-sx(t)$ , где  $r$  - коэффициент обновления фондов,  $s$  - коэффициент устаревания фондов, причем  $0 \leq r, s \leq 1$ . При этом модель примет вид

$$x'(t) = y(t-T) - rx(t) + sx^2(t), \quad x(0) = x_0$$

Этой непрерывной, дифференциальной, динамической модели можно поставить в соответствие простую дискретную модель:

$$x_{i+1} = x_i + y_j - rx_i + sx_i^2, \\ x_0 = c, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n, \quad 0 < j < n,$$

где  $n$  - предельное значение момента времени при моделировании. Поставить цели и исследовать непрерывную и дискретную модели.

Модификация 2. Одна из моделей математической экономики задается уравнением:  $dz/dt = ((1-c) \cdot z(t) + k(t-w) + a)l$ , где  $z(t)$  - функция, которая характеризует выпуск продукции,  $k$  - коэффициент капиталовложений,  $a$  - независимые расходы производства,  $l$  - скорость реакции выпуска на капиталовложения,  $c$  - постоянная спроса,  $w$  - запаздывание (лаг). Поставить цели и исследовать непрерывную и дискретную модели.

Модификация 3. Для модели динамики фондов с переменным законом потока инвестиций: а) построить гипотезы, модель и алгоритм для моделирования; б) сформулировать планы *вычислительных экспериментов* по этой модели; в) реализовать алгоритм и планы экспериментов на ЭВМ.

Математическое моделирование только в последнее время становится на технологическую основу, в связи с этим необходимо отметить особую роль обычно технологичного имитационного моделирования, которое позволяет нам проигрывать реальные ситуации, происходящие в системах, на их моделях. Компьютерное моделирование (получение, накопление, переработка, хранение, использование, актуализация знаний с помощью ЭВМ), в отличие от математического, используется сравнительно недавно, хотя эти технологии моделирования тесно связаны. Компьютерное моделирование, как правило, применяется тогда, когда не удастся построить математической аналитической модели или же такая модель трудоемка для исследования.

Пример. Компьютерной (физической) моделью может служить простая модель броуновского движения, получаемая генерацией компьютером нового случайного положения точки на экране и траектории ее движения; при этом отметим, что сам "датчик случайных чисел компьютера (или языка)" - это компьютерная модель, соответствующая математической модели распределения случайной величины (обычно нормального распределения) или так называемой функции распределения. Это распределение - псевдослучайное, получаемое по вполне детерминированному алгоритму.

## **Лабораторная работа № 2.**

### **Моделирования при решении задач на оптимизацию (линейное программирование)**

Цель: продемонстрировать возможности компьютерного моделирования при решении задач на оптимизацию с использованием различных инструментальных средств.

В условиях рыночных отношений непродуманные решения могут иметь тяжелые последствия. Современное общество доросло до понимания необходимости решения широкого спектра проблем путем научно обоснованных подходов, в частности моделирования. Курс информатики тесно связан с углублением этой содержательной линии. При рассмотрении темы моделирования важно доказательно продемонстрировать, что в жизни практически нет простых решений, дающих однозначный ответ по той или

иной проблеме. Принимая какое-либо решение, приходится перебирать все известные варианты.

Суть задачи линейного программирования состоит в том, чтобы из множества допустимых решений выбрать одно, которое обращает в минимум (максимум) целевую функцию, т.е. формализованную проблему, сформулированную в виде целевой функции.

Линейное программирование возникло в связи с рассмотрением вопросов о нахождении наиболее выгодных вариантов при решении различных экономических задач. В этих задачах имеется большая свобода изменения различных параметров и ряд ограничивающих условий. Требуется найти такие значения параметров, которые с некоторой точки зрения были бы наилучшими.

К таким задачам, например, относятся:

- задача нахождения наиболее рационального использования сырья и материалов;
- задача определения наиболее выгодных производственных режимов;
- задача повышения эффективности работы транспорта и т.п.

Если *ни в одном* выражении математической формулировки задачи (ни в целевой функции, ни в выражениях для ограничений) нет нелинейных операций с проектными параметрами (их перемножения, деления, возведения в степень, вычисления функций  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\exp$  и т.п.), то задача называется линейной.

Если есть хотя бы одна нелинейная операция – задача нелинейная. В данном примере – задача линейная (ни в целевой функции, ни в дополнительных условиях нет нелинейных операций с проектными параметрами  $x$  и  $y$ ).

Термин «программирование» в теории оптимального планирования весьма условен, связан с историческими обстоятельствами и к программированию в общепринятом сегодня смысле прямого отношения не имеет.

Задача линейного программирования – это такая задача, в которой определенное выражение (целевая функция) должно быть оптимизировано (максимизировано или минимизировано) при наличии ряда ограничений. Как целевую функцию, так и ограничения можно представить в виде линейных выражений.

Построение модели задачи линейного программирования включает в себя следующие основные моменты:

1. Определение переменных, которые будут использоваться.
2. Определение выражения целевой функции с учетом переменных.
3. Определение ограничений.

Рассмотрим следующую задачу:

Предприятие выпускает два вида продукции: **Продукт1** и **Продукт2**.

Продукт1 в два раза дороже Продукта2. За одну минуту выпускается 30 единиц Продукта1 или 90 единиц Продукта2, возможен одновременный выпуск двух видов продукции. Из-за ограниченного срока реализации продукции и недостаточного объема складов в течение часа на хранение может быть

принято не более 3600 штук изделий. Определите наибольшую стоимость выпускаемой продукции предприятия и оптимальный план выпуска Продукта1 и Продукта2 за 1 мин.

### Формализация задачи

Пусть одновременно выпускается два вида продукции.

Обозначим количество выпускаемых за 1 мин Продуктов1 -  $x$ ,  
Продуктов2 -  $y$ .

Пусть

$t_1$  - время, необходимое для производства одного Продукта1;

$t_2$  - время, необходимое для производства одного Продукта2.

Из условия задачи следует, что за 1 мин. производится 30 штук Продукта1 или 90 штук Продукта2, т. е. времени на производство одного Продукта1 затрачивается в 3 раза больше, чем на производство одного Продукта2:  $t_1 = 3 \cdot t_2$

За 1 мин соотношение времени при одновременном выпуске каждого из двух видов продукции составит:

$$t_1 \cdot x + t_2 \cdot y \leq 1$$

Или, подставляя  $t_1 = 3 \cdot t_2$

$$3 \cdot t_2 \cdot x + t_2 \cdot y \leq 1,$$

Отсюда

$$t_2 \cdot (3x + y) \leq 1;$$

$$3x + y \leq \frac{1}{t_2}.$$

Но величина  $\frac{1}{t_2}$  - это максимальный выпуск Продукта2 за 1 мин, т.е. она равна 90.

Итак, возможности производства определяют условие

$$3x + y \leq 90$$

Еще одно условие – ограниченная емкость склада. В течение 1 часа склад может принять 3600 штук продукции, т.е. за 1 мин

$$\frac{3600}{60} = 60 \text{ штук:}$$

$$x + y \leq 60.$$

Обозначив цену одного Продукта1 -  $C_1$  (руб.), а цену одного Продукта2 -  $C_2$  (руб.), можно записать в соответствии с условием задачи следующее соотношение цен на продукцию:

$$C_1 = 2C_2$$

Общая стоимость продукции, выпускаемой предприятием за 1 мин:

$$S = C_1x + C_2y.$$

Заменяя  $C_1$  на  $2C_2$ , получим:

$$S = 2C_2x + C_2y;$$

$$S = C_2(2x + y).$$

Поскольку  $C_2$  - заданная положительная константа, то для упрощения задачи можно принять  $C_2 = 1$ . По условию задачи необходимо найти наибольшую возможную стоимость выпускаемой продукции. Таким образом, следует добиваться максимального значения целевой функции

$$S = 2x + y$$

Обязательным условием решения является условие неотрицательности величин  $x$  и  $y$ . Следует также подчеркнуть, что в целом ряде задач, например и в нашей, необходимо ввести еще одно ограничение: решение должно быть целочисленным.

Итак, учитывая все условия задачи, приводим ее к математической модели:

Среди целочисленных решений системы линейных неравенств

$$\begin{cases} 3x + y \leq 90 \\ x + y \leq 60 \\ x \geq 0 \\ y \geq 0 \end{cases}$$

Найти такое, при котором достигается максимум линейной функции

$$S = 2x + y$$

## Моделирование с применением таблицы подстановки Excel

Решим задачу, используя таблицу подстановки приложения Microsoft Excel.

Этапы решения проблемы:

- подготовка исходных данных в Excel;
- применение таблицы подстановки Excel;
- анализ результата компьютерного моделирования;
- принятие решения, обеспечивающего оптимальный выпуск продукции;
- выполнение моделирования задачи с новыми ограничениями;
- формулировка выводов по проблеме.

Выполните следующие действия:

1. Откройте приложение Microsoft Excel.
2. Введите в ячейки следующие заголовки:
  - в A1 – «Линейное программирование»;
  - в A2 – «Использование таблицы подстановки Excel для поиска целевой функции»;
  - в A3 – «Оптимальный выпуск продукции»;
  - в A4 – «Выпуск Продукта1 (x)»;
  - в A5 – «Выпуск Продукта2 (y)»;
  - в A6 – «Максимальная стоимость продукции»;
  - в A8 – «Продукт2 (y)»;
  - в B8 – «Продукт1 (x)».
3. Введите исходные данные:
  - в ячейку B4 начальное значение x, равное 0;
  - в ячейку B5 начальное значение y, равное 0.
4. Введите в ячейки указанных диапазонов способом автозаполнения следующие значения:
  - в B9:AF9 – значения x от 0 до 30;
  - в A10:A100 – значения y от 0 до 90.
5. В ячейку A9 введите формулу  
$$=ЕСЛИ(И((3*B4+B5)<=90;(B4+B5)<=60);2*B4+B5;'' '' )$$
6. В ячейку B6 введите формулу  $= МАКС(B10:AF100)$  – из множества значений будет выделено максимальное.
7. Выделите диапазон ячеек A9:AF100, включающий расчетную формулу и значения x и y.
8. В меню **Данные** выберите команду **Таблица подстановки**. На экране появится диалоговое окно.
9. В поле **Подставляя значения по столбцам в:** укажите адрес ячейки B4, на которую ссылается формула расчета.  
В поле **Подставляя значения по строкам в:** укажите адрес ячейки B5.
10. Щелкните по кнопке **ОК**.

В процессе вычисления будут получены 2700 значений ( $30 \cdot 90$ ) целевых функций, только часть из них, удовлетворяющая условиям задачи (см. п. 5) будет выведена на экран.

К настоящему времени разработаны десятки алгоритмов, позволяющих численно решать задачи оптимизации. Часть этих алгоритмов включена в средство "Поиск решения".

Применяя "Поиск решения" важно знать какая это задача – линейная или нелинейная, так как алгоритмы оптимизации могут различаться и применение линейных алгоритмов к нелинейным задачам (или наоборот) может привести к ошибкам. При решении линейных задач необходимо установить флажок "Линейная модель" в окне "Параметры поиска решения".

Ещё одно важное для практики различие линейных и нелинейных задач: при решении линейных задач в качестве начальных приближений можно задать любые произвольные числа – решение всё равно будет найдено. А для нелинейных задач начальные приближения должны быть достаточно близки к решению.

### Моделирование с помощью надстройки «Поиск решения»

В таблице 1 описано содержимое ячеек рабочего листа Excel.

Таблица 1

| Ячейка | Содержимое ячейки                | Примечание                                    |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------------------|
| B1     | Задача                           |                                               |
| A2     | Об оптимальном выпуске продукции |                                               |
| A3     | Исходные данные                  |                                               |
| B3     | Изменяемые параметры             |                                               |
| C3     | Предельные значения              |                                               |
| A4     | Выпуск Продукции1 (x)            |                                               |
| B4     |                                  | Подбираемые значения по выпуску<br>Продукции1 |
| C4     | 30                               | Предельные значения по выпуску<br>Продукции1  |
| A5     | Выпуск Продукции2 (y)            |                                               |
| B5     |                                  | Подбираемые значения по выпуску<br>Продукции2 |
| C5     | 90                               | Предельные значения по выпуску<br>Продукции2  |
| A7     | Ограничения                      |                                               |
| A8     | По складу                        |                                               |
| B8     | =B4+B5                           | Первое неравенство системы                    |
| C8     | 60                               | Ограничение по объему<br>холодильной камеры   |
| A9     | По объему производства           |                                               |
| B9     | =3*B4+B5                         | Второе неравенство системы                    |
| C9     | 90                               | Ограничение по объему<br>производства         |
| A11    | Максимальная стоимость продукции |                                               |
| B11    | =2*B4+B5                         | Целевая функция                               |

В описанной модели необходимо максимизировать значения в ячейке B11.

В качестве начальных значений  $x$  и  $y$  принимаются нули. Ограничения задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

| Условие                                                                               | Ячейки                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Количество Продукции1 не должно превышать заданного значения                          | $SB\$4 \leq SC\$4$     |
| Количество Продукции2 не должно превышать заданного значения                          | $SB\$5 \leq SC\$5$     |
| Ограничение по складу                                                                 | $SB\$8 \leq SC\$8$     |
| Ограничение по объему производства                                                    | $SB\$9 \leq SC\$9$     |
| Количество производимой продукции1<br>Продукции2 не могут быть отрицательными числами | $SB\$4 : SB\$5 \geq 0$ |

Выполните следующие действия:

1. Выделите ячейку с оптимизируемым значением – B11.
2. Выберите команду **Сервис, Поиск решения**. Загрузится надстройка, и появится диалоговое окно **Поиск Решения**.
3. В поле Установить целевую ячейку уже находится ссылка на выделенную на первом шаге ячейку (при необходимости эту ссылку можно изменить).
4. Установите переключатель **Равной** равным максимальному значению (ищется максимальное значение целевой ячейки B11).
5. Перейдите в поле **Изменяя ячейки** и укажите диапазон ячеек (или введите ссылки на них), которые должны изменяться в процессе поиска наилучшего решения. В данном примере это ячейки  $SB\$4 : SB\$5$ .
6. Щелкните на кнопке **Добавить**, чтобы ввести первое ограничение задачи. Откроется диалоговое окно **Добавления ограничения**.
7. Введите первое ограничение:  $SB\$4 \leq SC\$4$ . Для этого, находясь в поле **Ссылка на ячейку**, укажите ячейки мышью или введите с клавиатуры. Нажмите клавишу Tab или щелкните на стрелке раскрывающегося списка и выберите знак отношения ( $\leq$ ). Щелкните на кнопке **ОК**. В поле **Ограничение** введите  $SC\$4$ .
8. Щелкните на кнопке **Добавить**, введите следующее ограничение и щелкните на кнопке **ОК**.
9. Щелкните на кнопке **Выполнить**. По окончании поиска решения появится диалоговое окно результатов.
10. Установить кнопку Сохранить найденное решение, чтобы сохранить предложенные значения. С помощью этого диалогового окна можно сформировать отчет.
11. Щелкните на кнопке **ОК**. Получится решение, представленное на Рис.1.

| Исходные данные                  | Изменяемые параметры | Предельные значения |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| Выпуск ПР1                       | 15                   | 30                  |
| Выпуск ПР2                       | 45                   | 90                  |
| Ограничения:                     |                      |                     |
| по складу                        | 60                   | 60                  |
| по объему производства           | 90                   | 90                  |
| Максимальная стоимость продукции |                      |                     |
|                                  | 75                   |                     |

Рис. 1. Результаты поиска решения

### Моделирование с помощью Mathcad

Для решения задачи используется метод решения системы линейных неравенств **Given** и функция **Maximize** ( $f, var1, var2, \dots$ ), возвращающая значение искомых переменных  $var1, var2, \dots$ , которые обеспечивают максимальное значение целевой функции  $f$ .

Расчет представлен на Рис.2

Определение переменных  
 $x := 0$      $y := 0$   
 $z := 0$

$$Cf(x, y) := 2 \cdot x + y$$

**Given**

$$x \geq 0$$

$$y \geq 0$$

$$3 \cdot x + y \leq 90$$

$$x + y \leq 60$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} := \text{Maximize}(Cf, x, y)$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 \\ 45 \end{pmatrix}$$

Максимальное значение целевой функции

$$Cf(x, y) = 75$$

Максимальное значение целевой функции достигается при  $x = 15$  и  $y = 45$

Рис.2 Фрагмент документа Mathcad с решением

### Исследовательская часть задания

Задание 1.

Рассмотрите случай, когда созданы дополнительные условия для выпуска еще 15 единиц Продукта1, т.е. цех может выпускать за 1 мин не 30, а 45 единиц Продукта1.

Задание 2.

Размер склада увеличен и теперь он может хранить 110 единиц продукции.

Задание 3.

Цена Продукта1 в 2,5 раза больше Продукта2.

Задание 4. Найти оптимальное решение задачи, используя любое средство для моделирования:

Процесс изготовления двух видов (А и В) изделий заводом требует, во-первых последовательной обработки на токарных и фрезерных станках, и, во-вторых затрат двух видов сырья: стали и цветных металлов.

Данные о потребности каждого ресурса на единицу выпускаемой продукции и общие запасы ресурсов приведены в таблице 3.

Таблица 3

| Материалы и оборудование | Затраты на одно изделие |          | Ресурсы           |
|--------------------------|-------------------------|----------|-------------------|
|                          | А                       | В        |                   |
| Сталь (кг)               | 10                      | 70       | 320               |
| Цветные металлы (кг)     | 20                      | 50       | 420               |
| Токарная обработка       | 300 час.                | 400 час. | 6200 (станк* час) |
| Фрезерная обработка      | 200 час.                | 100 час. | 3400 (станк* час) |

Прибыль от реализации единицы изделия А – 3 тыс. руб., а единицы В – 8 тыс. руб.

Определить такой план выпуска продукции, который обеспечивает максимальную прибыль при условии, что время работы фрезерных станков должно быть использовано полностью.

### **Лабораторная работа №3.**

#### **Использование метода имитационного моделирования при решении задач (метод Монте – Карло, или метод статистических испытаний)**

Цель: познакомить студентов с методом статистических испытаний при решении задач, в которых используются стохастические модели

При реализации на ЭВМ статистического моделирования возникает задача получения (генерирования) на ЭВМ случайных числовых последовательностей с заданными вероятностными характеристиками, в которых каждое число – это имитация случайного значения какого-либо параметра реального процесса или системы, подверженного случайным возмущениям.

Раньше ученые, нуждавшиеся для своей работы в случайных числах, раскладывали карты, бросали кости или вытаскивали шары из урны, которую предварительно как следует трясли. В 1927 году Л. Типпетт опубликовал таблицы, содержащие свыше 40 000 случайных чисел, взятых произвольно из отчетов по переписи. Позже были сконструированы специальные машины, механически вырабатывающие случайные числа. В 1955 году компания RAND Corporation опубликовала хорошо известные таблицы с миллионом случайных чисел, полученных при помощи одной из таких машин.

Название метода “Монте-Карло” происходит от города Монте-Карло в княжестве Монако, знаменитого своим игорным домом. Дело в том, что одним из механических приборов для получения случайных величин является рулетка. Официальной датой рождения метода Монте-Карло принято считать 1949 г., а его создателями – американских математиков Дж. Неймана и С. Улама.

Теоретическая основа метода была известна давно. Однако до появления ЭВМ этот метод не мог найти сколько-нибудь широкого применения, ибо моделировать случайные величины вручную - очень трудоемкая работа.

#### **Вычисление числа $\pi$ методом Монте-Карло**

$$\pi = 3,1415922653\dots$$

#### **Постановка задачи**

Для вычисления числа  $\pi$  рассмотрим круг радиуса 1 с центром в точке (1,1), его еще называют «единичный» круг. Круг вписан в квадрат, площадь которого  $S_{\text{квадрата}} = 2 \cdot 2 = 4$  (Рисунок 3).

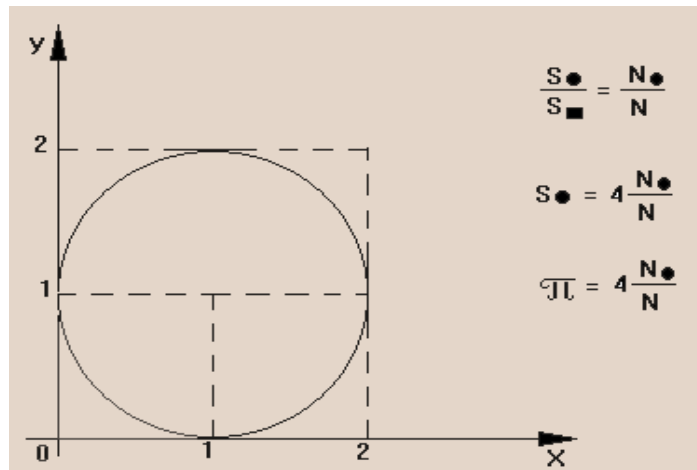


Рис. 3

Выбираем внутри квадрата  $N$  случайных точек. Выбрать точку означает задать ее координаты – числа  $x$  и  $y$ .

$N_{\text{круга}}$  - число точек, попавших при этом внутрь круга.

Исходными данными задачи являются длина стороны квадрата, содержащего круг, и количество точек, которые мы будем случайным образом выбирать внутри квадрата.

**Результатом решения задачи для круга единичного радиуса является площадь круга.**

Точка принадлежит квадрату, если  $0 \leq x \leq 2$  и  $0 \leq y \leq 2$ .

Если

$$(x-1)^2 + (y-1)^2 \leq 1,$$

то точка попадает в круг, иначе она находится вне круга. Геометрически

очевидно, что  $\frac{S_{\text{круга}}}{S_{\text{квадрата}}} = \frac{N_{\text{круга}}}{N}$ ,

Отсюда следует

$$S_{\text{круга}} = \frac{S_{\text{квадрата}} * N_{\text{круга}}}{N},$$

То есть для круга единичного радиуса:

$$S_{\text{круга}} = 4 * \frac{N_{\text{круга}}}{N}, \text{ Но для круга единичного радиуса } S_{\text{круга}} = \pi,$$

**следовательно, получаем**

$$\pi = 4 * \frac{N_{\text{круга}}}{N}.$$

Чем больше  $N$  – количество случайных точек, тем точнее определяем число  $\pi$ .

**Алгоритм**

Блок схема алгоритма находится на рисунке 4.

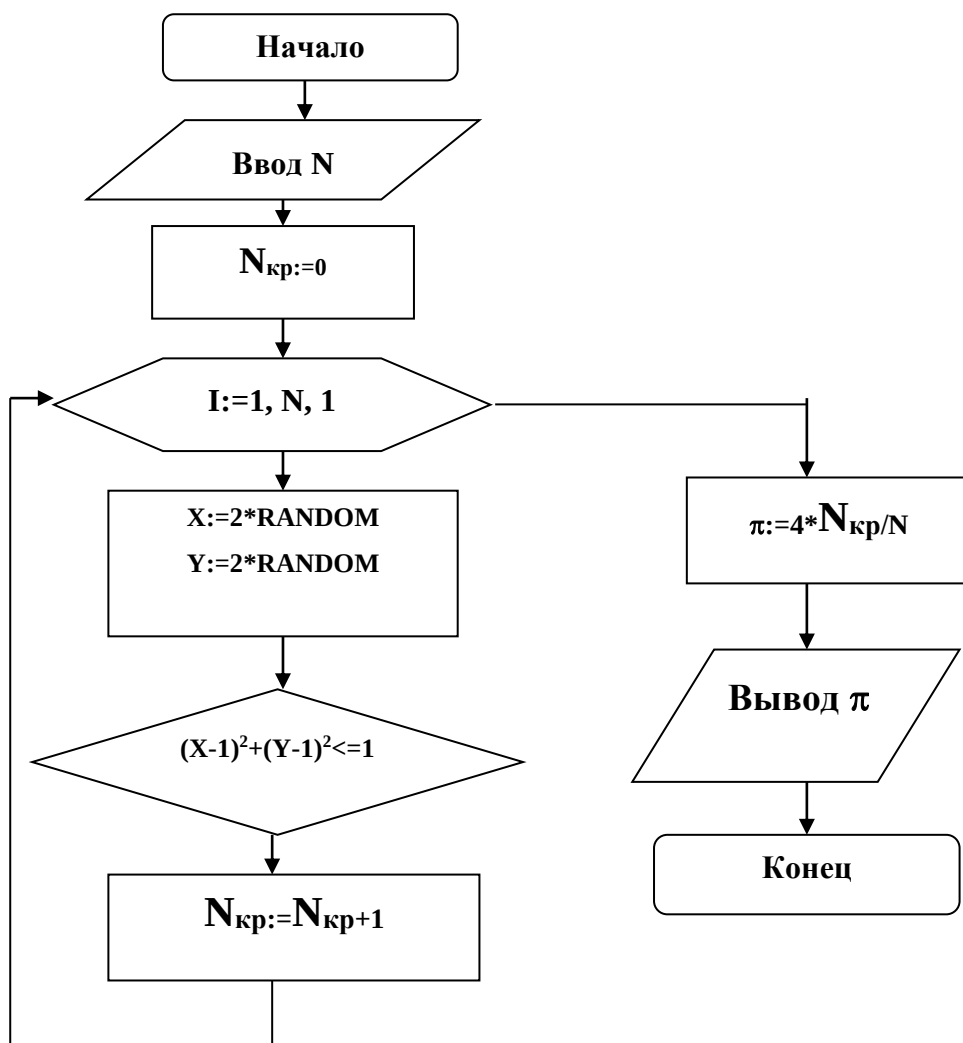


Рис.4. Блок-  
схема алгоритма  
вычисления числа  $\pi$

### Исследовательская часть задания

#### Задание

1. Написать программу на любом языке программирования.
2. Провести вычислительный эксперимент, используя следующую таблицу, содержащую примерные результаты, N - это количество испытаний:

| N   | Результат | N    | Результат | N       | Результат |
|-----|-----------|------|-----------|---------|-----------|
| 50  | 2,8000    | 2500 | 3,1400    | 10000   | 3,14040   |
| 50  | 3,2800    | 2500 | 3,1444    | 10000   | 3,14440   |
| 50  | 3,2800    | 2500 | 3,1500    | 10000   | 3,15800   |
| 500 | 3,1400    | 5000 | 3,1180    | 1000000 | 3,14406   |
| 500 | 3,1200    | 5000 | 3,1280    | 1000000 | 3.14406   |
| 500 | 3,2300    | 5000 | 3,1640    |         |           |

3. Провести статистический анализ результатов.
4. Сделать выводы

## Лабораторная работа №4.

### Использование дескриптивных моделей на примере модели популяций

Цель: познакомить студентов с дескриптивными моделями

В силу многозначности понятия «модель» в науке и технике не существует единой классификации видов моделирования: классификацию можно проводить по характеру моделей, по характеру моделируемых объектов, по сферам приложения моделирования (в технике, физических науках, кибернетике и т. д.). Например, можно выделить следующие виды моделирования:

**Компьютерное моделирование** заключается в проведении серии вычислительных экспериментов на компьютере, целью которых является анализ, интерпретация и сопоставление результатов моделирования с реальным поведением изучаемого объекта и, при необходимости, последующее уточнение модели и т.д.

**Сетевое моделирование** применяется для моделирования систем со сложной структурой, в которых связи между элементами имеют произвольный характер.

**Математическое моделирование** – приближенное описание какого-либо объекта, выраженное с помощью математической символики.

**Физическое моделирование** – метод экспериментального изучения различных **физических явлений**, основанный на их физическом подобии.

**Детерминированное моделирование** отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий.

**Стохастическое моделирование** отображает процессы, в которых предполагается наличие случайных воздействий.

**Полигональное моделирование** – это самая первая разновидность трехмерного моделирования, которая появилась в те времена, когда для определения точек в трехмерном пространстве приходилось вводить вручную с клавиатуры координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Как известно, если три или более точек координат заданы в качестве вершин и соединены ребрами, то они формируют многоугольник (полигон), который может иметь цвет и текстуру. Соединение группы таких полигонов позволяет создать компьютерную графическую модель практически любого объекта.

**Статистическое моделирование** – исследование объектов познания на их статистических моделях; построение и изучение моделей реально существующих предметов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений или показателей, интересующих исследователя. Оценка параметров таких моделей производится с помощью статистических методов (например, метода максимального правдоподобия, метода наименьших квадратов, метода моментов и т.д.).

**Имитационное моделирование** воспроизводит алгоритм функционирования системы во времени – поведение системы; причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по

исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Основным преимуществом имитационного моделирования является возможность решения сложных задач. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы.

**Геоинформационное моделирование** базируется на создании многослойных электронных карт, в которых опорный слой описывает географию определенной территории, а каждый из остальных – один из аспектов состояния этой территории. На географическую карту могут быть выведены различные слои объектов: города, дороги, аэропорты, численность населения регионов и т.д.

Дескриптивные модели носят прогностический характер. Дескриптивный – значит, описывающий состояние объекта.

Примеры дескриптивных моделей:

- описание развития популяции животных или растений в зависимости от значений параметров внешней среды;
- описание протекания химической реакции в зависимости от концентрации реагирующих компонентов;
- описание движения воздушных масс в атмосфере и т.д.

Моделирование в экологической сфере позволяет прогнозировать развитие биологических популяций, управлять численностью отдельных видов и предсказывать влияние факторов, угрожающих их развитию. Требуется изучить, как изменяется численность популяций в разных условиях.

Задача 1. Зависимость роста численности популяции от рождаемости.

Одноклеточная амеба каждые три часа делится надвое. Построить модель роста численности клеток через 3, 6, 9, 12, ... часов. Факторы, приводящие к гибели амеб, не учитываются.

Начальные условия: исходная численность – 1, время отсчета – 0.

Задача 2. Рождаемость и смертность.

Рассмотрим систему, в которой численность особей популяции зависит только от естественной рождаемости и смертности, пищи в такой системе хватает всем, экология не нарушена, жизни ничто не угрожает.

Постановка задачи. Построение математической модели.

Информационная модель.

| Объект    | Параметры                                                   |                                     | Действия         |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
|           | Неуправляемые<br>(константы)                                | Управляемые                         |                  |
| Популяция | Коэффициент рождаемости: 0,5<br>Коэффициент смертности: 0,2 | Исходная численность<br>Численность | Рост численности |

### **Математическая модель.**

Пусть:

КР - коэффициент рождаемости за один год,

КС - коэффициент смертности за один год.

Например,  $КР=0,005$  означает, что в течение некоторого периода времени на каждые 100 особей рождаются 5 новых, т.е. прирост равен 3%. Для человека таким периодом может быть год, а, например, для бактерий или мух срок более короткий.

Начальные условия: исходная численность – 100, время отсчета – 0.

Задача 3. Пусть на некоторой территории появляется определенное количество больных гриппом. В процессе общения от них заражаются другие люди, в результате возникает эпидемия. Предположим, что количество людей, заболевших за один день, равно произведению числа заболевших в предыдущий день на количество здоровых, умноженному на коэффициент, характеризующий скорость развития эпидемии.

Постройте модель определения числа заболевших  $V$  и здоровых  $Z$  на день  $N$  при коэффициенте эпидемии  $K$ . Исходные данные:

- число здоровых людей в начале эпидемии – 200000 человек
- число больных людей в начале эпидемии – 70 человек
- число дней развития эпидемии – 14
- коэффициент развития эпидемии – 0,0001.

## **Лабораторная работа №5.**

### **Графическое моделирование. Графические возможности Excel использование графиков и диаграмм)**

Цель: продемонстрировать возможности компьютерного графического моделирования при решении задач с использованием Excel.

Построение графиков и диаграмм. Подготовка данных для построения графиков и диаграмм. Типы графиков и диаграмм. Форматирование графиков и диаграмм. Сглаживание данных, добавление линий тренда, экстраполяция данных.

Компьютерная графика является одной из важнейших областей компьютерной техники и информационных технологий. Компьютерная графика используется:

- в моделировании экономических, физических, химических и других процессов для наглядного представления результатов моделирования;
- в издательском деле для производства рекламных плакатов, визиток, иллюстраций в книгах и журналах;
- в системах автоматизированной разработки (AutoCAD, ArchiCAD и др.) для создания и редактирования чертежей;
- в кино- и шоу-бизнесе для производства теле- и видеофильмов, телепередач, мультфильмов;
- в компьютерных играх и обучающих системах, например в симуляторах полётов для тренировки лётчиков;
- в сети Интернет для размещения иллюстраций, кнопок, баннеров и анимации на веб-сайтах и т.д.

#### Задание 1

В таблице приведены данные о выработке предприятия по кварталам за год:

| Квартал   | I  | II | III | IV |
|-----------|----|----|-----|----|
| Выработка | 11 | 13 | 15  | 9  |

**Представьте эти данные в виде:**

а) гистограммы б) объемной гистограммы в) кольцевой диаграммы г) круговой диаграммы д) объемной круговой диаграммы.

Для построения диаграммы *любого типа* надо сначала выделить те данные, по которым строится диаграмма, а затем обратиться к Мастеру диаграмм. (Кнопка Мастера диаграмм в программе Excel - ).

#### Задание 2.

В таблице приведены данные о выработке различных цехов предприятия в каждом из кварталов года:

|       | I  | II | III | IV |
|-------|----|----|-----|----|
| Цех 1 | 11 | 13 | 15  | 9  |
| Цех 2 | 5  | 8  | 6   | 9  |
| Цех 3 | 10 | 9  | 12  | 8  |
| Цех 4 | 7  | 9  | 10  | 11 |

Представьте эти данные в виде:

а) гистограммы б) объемной гистограммы в) трехмерной объемной гистограммы г) гистограммы с накоплением д) объемной гистограммы с накоплением.

### Задание 3.

Представить в виде традиционного графика временную зависимость численности населения (в млн. чел.) США:

| 1900 | 191 | 1920  | 193 | 1940  | 1950  | 1960   | 1970   |
|------|-----|-------|-----|-------|-------|--------|--------|
| 75,9 | 91, | 105,7 | 123 | 131,6 | 150,7 | 179,32 | 203,21 |

Примечание: традиционный график в Excel назван диаграммой типа "Точечная".

а) Аппроксимировать эту зависимость линейным трендом; показать на графике уравнение линии тренда, рассчитать по этому уравнению численность в 1965 году и предполагаемую численность в 1990 и 2000 годах.

б) Не убирая линейный тренд аппроксимировать эту зависимость полиномиальным (степени 2) трендом; показать на графике уравнение линии тренда, рассчитать по этому уравнению численность в 1965 году и предполагаемую численность в 1990 и 2000 годах.

в) Добавить третью линию тренда – полиномиальную аппроксимацию степени 3; показать на графике уравнение линии тренда, рассчитать по этому уравнению численность в 1965 году и предполагаемую численность в 1990 и 2000 годах.

Отформатируйте все три линии тренда так, чтобы они продолжались до 2000 года.

Сравните числа, полученные в пунктах "а", "б" и "в", какая из предполагаемых численностей лучше совпадает с реальной? (В 1990 году  $\approx$  249 млн., а в 2000 году – 281 млн.).

Обратите внимание на возможности форматирования всех элементов диаграмм (области построения диаграммы, области диаграммы, осей и т.п.), построенных в этом и предыдущих заданиях. На диаграмме должны быть нанесены и отформатированы обозначения осей ("Год" – "Численность населения (млн. чел.)").

#### Задание 4.

Построить график функции, заданной таблицей:

|       |      |      |     |     |     |    |    |    |
|-------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|
| x=    | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,5 | 1,5 | 4  | 8  | 16 |
| f(x)= | 11   | 12   | 13  | 14  | 15  | 16 | 17 | 18 |

На этом примере опробовать представление графика в "полулогарифмическом" масштабе. Такое представление рационально, если одна из представляемых на графике величин изменяется в очень широком диапазоне (в приведенном выше примере – это величина  $x$ , она изменяется от 0,01 до 16, т.е. более чем в тысячу раз). Для этого необходимо на построенном графике выделить соответствующую ось (в данном примере – ось  $x$ ), а далее вызвать контекстное меню Формат оси – Шкала и установить флажок Логарифмическая шкала.

#### Задание 5.

Построить на одном графике три зависимости:

|       |      |      |     |     |     |    |    |    |
|-------|------|------|-----|-----|-----|----|----|----|
| x=    | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,5 | 1,5 | 4  | 8  | 16 |
| f(x)= | 11   | 12   | 13  | 14  | 15  | 16 | 17 | 18 |
| g(x)= | 8    | 10   | 11  | 9   | 8   | 7  | 7  | 9  |
| w(x)= | 7    | 12   | 8   | 13  | 9   | 14 | 10 | 15 |

Все элементы графика должны быть отформатированы для печати на черно-белом принтере (все элементы на графике должны быть черного цвета).

Отформатируйте элементы построенного графика: выберите толщину координатных осей; толщину и тип линий, изображающих зависимости на графике; вид и размер значков, изображающих данные на графике; тип и размер шрифтов, используемых на графике.

#### Задание 6.

Построение трехмерных поверхностей

Построить график функции  $Z(x,y)=\cos(x^2+y^2)*\exp(-0.2*(x^2+y^2))$  при  $-3 < x < 3$  и  $-3 < y < 3$  (график функции двух переменных – поверхность). Задать шаг изменения обеих независимых переменных равным 0,2.

Для построения графика типа "поверхность" необходимо подготовить прямоугольную таблицу, в которой в верхней строке расположены значения одного независимого переменного, в левом столбце – значения другого, а в остальных ячейках содержатся значения функции при различных значениях независимых переменных, например:

|      |             |      |          |     |     |      |      |     |
|------|-------------|------|----------|-----|-----|------|------|-----|
|      | -3,0        | -2,8 | -2,6     | ... | ... | +2,6 | +2,8 | 3,0 |
| -3,0 | 0.0180<br>4 |      | -0.04271 |     |     |      |      |     |
| -2,8 |             |      |          |     |     |      |      |     |
| -2,6 |             |      |          |     |     |      |      |     |
| ...  |             |      |          |     |     |      |      |     |
| ...  |             |      |          |     |     |      |      |     |
| ...  |             |      |          |     |     |      |      |     |
| +2,6 |             |      |          |     |     |      |      |     |
| +2,8 |             |      |          |     |     |      |      |     |
| 3,0  |             |      |          |     |     |      |      |     |

В одну из ячеек этой таблицы надо вставить формулу для  $Z(x,y)$ , а затем скопировать ее во все остальные ячейки.

#### Задание 7.

Графически решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 9 \\ y = -\frac{20}{9}x^2 + \frac{20}{9}x + \frac{40}{9} \end{cases}$$

#### Задание 7.

1. Для производства вакцины на заводе планируется выращивать культуру бактерий. Известно, что если масса бактерий  $X$  г, то через день она увеличится на

$(A - B \cdot X) \cdot X$  г, где константы  $A$  и  $B$  определяются видом бактерий. Завод ежедневно будет забирать для нужд производства  $M$  г бактерий. Для составления плана важно знать, как изменяется масса бактерий через 1, 2, ..., 365 дней, т.е. до конца года.

$A=1$ ,  $B=0,0001$ ,  $X=5000$ ,  $M=2000$ .

Геометрически решить задачу о производстве вакцины

2. Графически решить задачу из лабораторной работы №1 «Моделирование процессов управления предприятием. Линейное программирование».

Решить задачу геометрически можно, если число переменных равно двум. Количество ограничений роли не играет. Задача может иметь одно решение, множество решений и не иметь решений.

### **Контрольные вопросы**

1. Где должны быть размещены исходные данные для построения диаграмм различных типов?
2. Чем отличается в Excel диаграмма типа График и типа Точечная?
3. С чего надо начать изменение вида (форматирование) какого-то элемента диаграммы?

4. Что называют линией тренда в Excel?
5. Как должны быть размещены исходные данные для построения диаграмм типа Поверхность?
6. Для чего нужна линия тренда?
7. Как используется компьютерное моделирование при обработке опытных данных?

## Лабораторная работа №6. Графическое моделирование в Mathcad

Цель: показать студентам графические возможности программы Mathcad

### Построение графиков

Для создания графиков в системе MathCAD имеется программный графический редактор. Он начинает свою работу при вставке на рабочий лист одного из шаблонов графиков: графика в декартовой системе координат, в полярной системе координат, графика трехмерной поверхности, графиков уровней и т. д.

Графические возможности в математическом пакете Mathcad позволяют создавать:

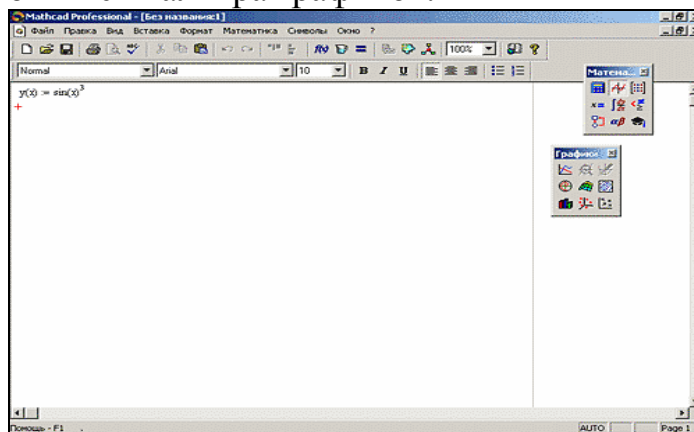
- контурные графики (поверхностей одинакового уровня) ;
- графики в виде точек в трехмерном пространстве;
- столбиковые гистограммы;
- графики векторного поля на плоскости.

С помощью системы MathCad довольно просто строить графики функций самого различного вида. Рассмотрим алгоритм построения графика на простом примере.

Возьмем функцию  $y = \sin(x)^3$ .

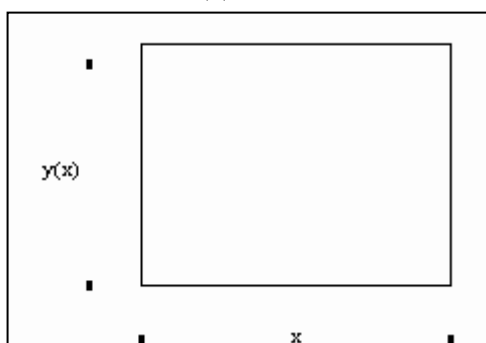
Введем функцию, набрав выражение:  $y(x) := \sin(x)^3$

В панели математических знаков щелкнем на кнопке с изображением графика - на экране появится палитра графиков.

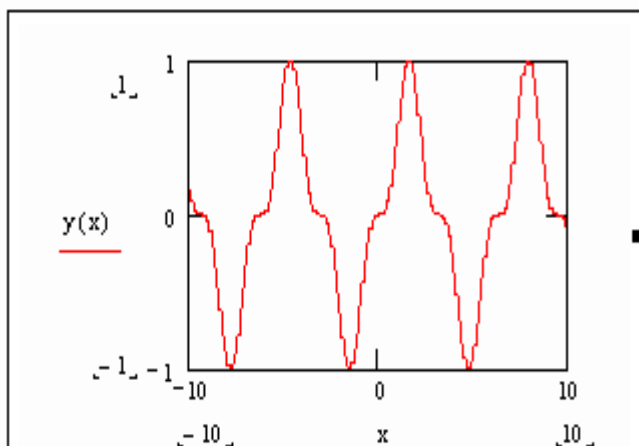


В палитре графиков щелкнем на кнопке с изображением двумерного графика – на экране появится шаблон графика.

Введем в место ввода шаблона по оси X имя независимой переменной – x, а в место ввода шаблона по оси Y имя зависимой переменной – y(x).



Щелкнем вне пределов графика левой кнопкой мыши. График построен.



Попробуйте самостоятельно построить график функции  $y=\cos(x)+3$ , где  $x$  изменяется от  $-10$  до  $20$ , а  $y$  от  $0$  до  $10$ .

Попробуйте увеличить построенный вами график и немного сместить его. Для этого сделайте следующее:

- Поместите указатель мыши в область графика и щелкните левой кнопкой мыши – вокруг графика появится рамка из черных линий, обрамляющая блок графика.
- Подведите указатель мыши к черному квадратику (маркеру изменения размера) в правом нижнем углу рамки, при этом указатель мыши должен превратиться в двухстороннюю диагональную стрелку.
- Нажав левую кнопку мыши, растяните график по диагонали, а затем зафиксируйте размер, отпустив кнопку мыши.
- Наведите указатель мыши на любую сторону рамки (кроме квадратиков), при этом указатель должен превратиться в черную ладошку.
- Нажав левую кнопку мыши, передвиньте весь блок графика в желаемом направлении и зафиксируйте местоположение, отпустив кнопку мыши.
- В итоге получится увеличенный и перемещенный график. Убрать рамку можно, отведя указатель мыши в сторону от графика и щелкнув левой кнопкой мыши.

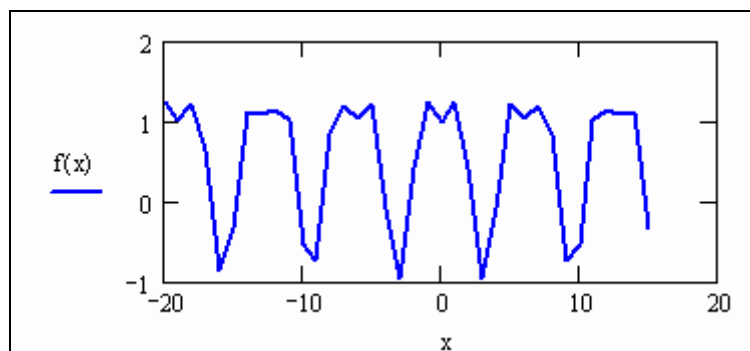
**! Обратите внимание:** когда график находится в рамке, на нем в уголках появляются числа, указывающие масштаб графика по осям  $Y$  и  $X$ . По умолчанию по оси  $X$  график строится на отрезке изменения аргумента  $x$  от  $-10$  до  $+10$ . Масштаб по оси  $Y$  MathCad устанавливает автоматически. Изменив эти числа, можно задать свой масштаб графика.

Попробуйте изменить масштаб на построенном вами графике.

Отрезок по оси  $X$  можно задать и заранее (до построения графика). Для этого после задания функции нужно указать диапазон изменения аргумента  $x$ .

Пример:

$$f(x) := \cos(x) + \sin(x)^2 \quad x := -20..15$$



В этом примере вы можете задать свой масштаб, изменив диапазон значений аргумента  $x$ .

Обратите внимание, что MathCad автоматически отображает каждую кривую своим стилем и цветом. Однако стиль и цвет кривой можно изменить.

### Построение двумерного графика

Для построения точки в двумерном пространстве необходимо знать две координаты: координату  $x$  – абсциссу и координату  $y$  – ординату. Точки соединяются друг с другом разнообразными линиями (сплошной, пунктирной и т.д.), могут быть показаны узловые точки графиков в виде маркеров (точек, квадратиков, кружков и т. д.) Возможно построение на одном графике нескольких кривых.

Перед построением графиков необходимо определить функции, графики которых необходимо построить и задать изменение аргументов этих функций на нужном интервале. Затем установить курсор правее или ниже объявлений функций и дать команду **Insert/Graph/X-Y Plot**. Заполнить шаблон графика.

Для добавления на график второй кривой, в шаблоне графика после имени первой функции, необходимо поставить запятую и ввести имя второй функции (Рис. 1).

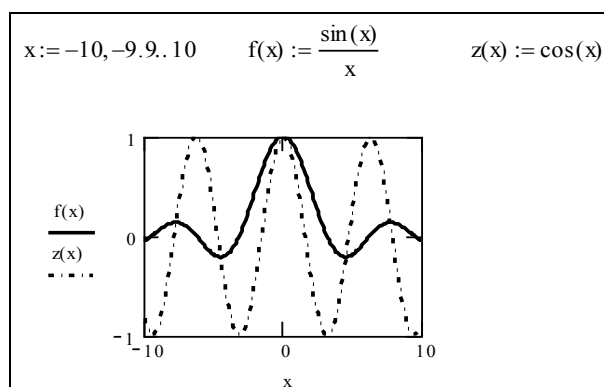


Рис. 1 Пример построение двух зависимостей на одном графике

Простые функции, если они в дальнейшем не используются, можно указать непосредственно в шаблоне графика (Рис. 2).

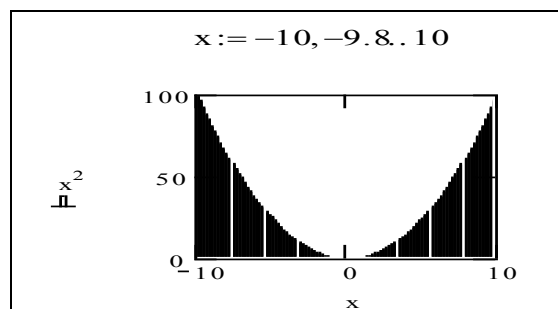


Рис. 2 Указание вида зависимости непосредственно в шаблоне графика

### Построение графиков параметрически заданных функций

При построении параметрически заданных функций, обе координаты и абсцисса, и ордината выражаются через некоторый параметр. Этот параметр изменяется в границах некоторого диапазона с определенным шагом. При каждом значении параметра вычисляются значения координат  $X$  и  $Y$ .

Затем дается команда на построение графика в декартовой системе координат **Insert/Graph/X-Y Plot** и заполняется шаблон графика с расположением имени функции  $x(t)$  по оси  $OX$  и функции  $y(t)$  по оси  $OY$ .

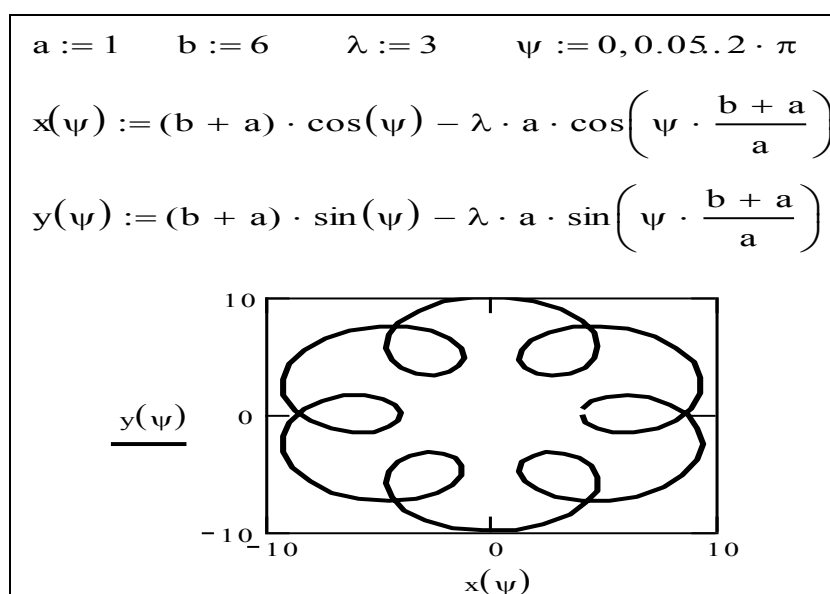


Рис. 3 Построение графика параметрически заданной функции

### Форматирование двумерного графика

Если необходимо внести изменения в построенный график, сделать это можно, дав команду **Format/Graph/X-Y Plot**, предварительно выделив график.

Диалоговое окно **"Formatting Currently Selected X-Y Plot"** («Форматирование текущего выделенного графика») содержит четыре вкладки:

1) управление опциями осей (**X-Y Axes**)

Позволяет установить:

- логарифмический масштаб (*Log Scale*);
- линии сетки (*Grid Lines*);
- установить цифровые данные по осям (*Numbered/Пронумеровать*);

- позволяет выбрать вид координатных осей (*Axes Style*): *Boxed* (рамка), *Crossed* (перпендикулярные оси), *None* (нет осей).
- 2) Вкладка **Traces** служит для управления отображением линий графика. Позволяет установить:
- имя кривой (*Legend Label*);
  - выбрать вид маркера (*Symbol*);
  - установить тип линии (сплошная, пунктирная и др.) (*Line*);
  - цвет линии (*Color*);
  - тип графика (*Type*) (линией, точками, гистограмма, ступенчатый);
  - толщину (*Weight*) линии
- 3) Вкладка **Labels** (Надписи) позволяет вводить в график дополнительные надписи:
- заголовок (*Title*)
  - подписи к осям (*Axis labels*);
  - позволяет указать, где поместить заголовок графика: сверху (*Above*), снизу (*Below*). Флажок *Show Title* включает/отключает отображение заголовка.
- 4) Вкладка **Defaults** служит для следующих целей:
- *Change to Defaults* (вернуть значения по умолчанию) – отображает график с опциями, выбранными по умолчанию;
  - *Use for Defaults* – использует установки текущего чертежа для значений по умолчанию.

Для детального просмотра выделенного графика используется команда **Format/Graph/Zoom**. На графике с помощью мыши выделяется рамкой тот участок графика, который необходимо рассмотреть более подробно, и нажимается кнопка **Zoom**.

### Построение графика в полярной системе координат

В полярной системе координат каждая точка задается углом  $\psi$  и радиусом, длина которого зависит от  $\psi$  –  $R(\psi)$

График функции обычно строится и изменении угла  $\psi$  в определенных пределах, чаще всего от 0 до  $\pi$ .

Перед построением графиков необходимо задать:

1. Изменение ранжированной переменной  $\psi$  в заданных пределах и зависимость  $R(\psi)$ .
2. Дать команду **Insert/Graph/ Polar Plot**
3. Заполнить шаблон графика

Между декартовыми и полярными координатами существует зависимость

$$X = R(\Psi) * \cos(\Psi) \quad \text{и} \quad Y = R(\Psi) * \sin(\Psi)$$

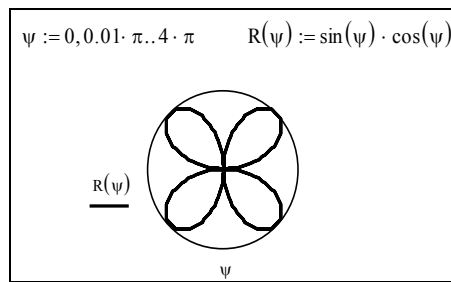


Рис. 4 Построение графика в полярной системе координат

Форматирование графика, заданного в полярной системе координат, в общем, аналогично форматированию графика в декартовой системе координат.

Задание.

Просмотреть графики созданные при помощи MathCAD, находящиеся в папке «Файлы\_для\_лр2».

Δαϗδἀαίδ÷έέ - ἄ.δ.ί., ἰδίῶ. Äÿÿéíîâ Â.Ĭ.

1.1. Ñĭăðèàèüíúâ âèâû ãðàðèèîâ

1.2. Ãðàðèèèè òðâð òóíèèèè

1.3. Ĭñòðĭáíèà òèãóð Èèññàæó

1.4. Ĭñòðĭáíèà ãðàðèèèà òóíèèèè â ñèÿðííè ñèñòáíâ éñðæíàð

1.5. Ĭñòðĭáíèà ãðàðèèèîâ ïàðáíàððè÷ãñèè çââáííúð òóíèèèè

1.6. Ĭñòðĭáíèà ãðàðèèèà ðãñèðó÷èàðñàèñÿ ñèèðæèè

1.7. Èèèðàðèÿ ñèèðæèè-ãæèæèèèèè

1.8. Ĭñòðĭáíèà ïíññíèó÷ãñèè çããçãñ

1.9. Êñíðĭííúâ ïðáíððçíãáíèÿ íà èññèæññííè ïèññèñòè

1.10. Ĭñòðĭáíèà òðæèðàèüíúð èèèâúð

1.11. Ĭñòðĭáíèà ñòãðñ

1.12. Ĭñòðĭáíèà òèãóðñ ãðàñáíèàì èèèèè âíèèðã ïñì X

1.13. Ĭñòðĭáíèà òèãóðñ ãðàñáíèàì èèèèè âíèèðã ïñì Y

1.14. Ĭñòðĭáíèà ãðàðèèèà 3D Scatter Plot

1.15. Ĭñòðĭáíèà ãðàðèèèà ñèÿ ãðãæèíàð òóíèèèè

1.16. Ĭñòðĭáíèà ἰðñòðáíñòãáííèè òèãóðñ - óçèñ

## Лабораторная работа №7.

### Информационное моделирование (проектирование инфологической модели)

Цель: научиться создавать информационные модели и использовать их при создании информационных систем

**Информационная модель** - совокупность информации, характеризующая основные свойства и состояния объекта, процесса, явления, а также взаимосвязь с внешним миром.

К информационным моделям можно отнести **вербальные** (от лат. «verbalis» - устный) модели, полученные в результате раздумий,

умозаключений. Они могут так и остаться мысленными или быть выражены словесно. К таким моделям можно отнести и идею, возникшую у изобретателя, и музыкальную тему, промелькнувшую в голове композитора, и рифму, прозвучавшую пока еще в сознании поэта. **Вербальная модель** - информационная модель в мысленной или разговорной форме.

**Знаковая модель** - информационная модель, выраженная специальными знаками, т.е. средствами любого формального языка. Это рисунки, тексты, графики и схемы и т.д.

Вербальные и знаковые модели, как правило, взаимосвязаны. Мысленный образ, родившийся в мозгу человека, может быть облечен в знаковую форму. И наоборот, знаковая модель помогает сформировать в сознании верный мысленный образ.

**По форме представления** можно выделить следующие виды информационных моделей:

- геометрические модели — графические формы и объемные конструкции;
- словесные модели — устные и письменные описания с использованием иллюстраций;
- математические модели — математические формулы, отображающие связь различных параметров объекта или процесса;
- структурные модели — схемы, графики, таблицы и т. п.;
- логические модели — модели, в которых представлены различные варианты выбора действий на основе умозаключений и анализа условий;
- специальные модели — ноты, химические формулы и т. п.;
- компьютерные и некомпьютерные модели.

### **Задание 1**

Парикмахер делает стрижку за 35 минут. За время его работы пришли 5 человек с интервалами 15 минут. Максимальное количество людей в очереди к парикмахеру составит \_\_\_\_\_ человек(-а).

### **Решение:**

Нарисуйте временную ось. За начальный момент 0 возьмите момент начала обслуживания первого клиента. Отметьте на оси интервалы по 15 минут – время прихода клиентов. Остается отметить интервалы по 35 минут (время обслуживания одного клиента) и проанализировать полученный график.

Итак, 0 это время начала обслуживания парикмахером первого клиента. В момент завершения стрижки первого клиента в очереди будут находиться 2 человека, пришедшие соответственно в 15 мин. и 30 мин. от начальной точки отсчета. При завершении обслуживания 2-го клиента (в момент, равный 70 мин. от начала отсчета) в очереди останется клиент, пришедший в момент времени 30 мин., и к нему добавятся еще 2 человека, которые подошли в момент 45 мин. и 60 мин. В период от 60 до 70 мин. в очереди будут находиться 3 человека. Мы учли всех клиентов. Итак, максимальное количество людей в очереди к парикмахеру составит 3 человека.

**Ответ: 3.**

## Задание 2

Из перечисленного информационными моделями являются модели под номерами ...

- 1) макет декорационного оформления театральной постановки,
- 2) эскизы костюмов к театральному спектаклю,
- 3) географический атлас,
- 4) объемная модель молекулы воды,
- 5) уравнение химической реакции, например  $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 6) макет скелета человека,
- 7) формула определения площади квадрата со стороной  $a$ :  $S = a^2$ ,
- 8) расписание движения поездов,
- 9) игрушечный паровоз,
- 10) схема метрополитена.

## Решение

Все модели можно разбить на два больших класса: предметные (материальные) и информационные.

Предметные модели воспроизводят физические, геометрические, функциональные свойства объектов в материальной форме (глобус, макет здания, игрушечный автомобиль и др.).

Информационные модели представляют объекты или процессы в образной или знаковой форме. Рисунки, фотографии, учебные плакаты – это образные информационные модели. Примеры знаковых информационных моделей: программа на языке программирования, формулы законов физики, химии, биологии, периодическая таблица химических элементов, географическая карта.

Итак, к информационным моделям относятся:

- 2) эскизы костюмов к театральному спектаклю (образная форма),
- 3) географический атлас (знаковая форма),
- 5) уравнение химической реакции, например (знаковая форма),
- 7) формула определения площади квадрата со стороной (знаковая форма),
- 8) расписание движения поездов (знаковая форма),
- 10) схема метрополитена (знаковая форма).

Остальные модели:

- 1) макет декорационного оформления театральной постановки,
  - 4) объемная модель молекулы воды,
  - 6) макет скелета человека,
  - 9) игрушечный паровоз –
- являются предметными (материальными) моделями.

**Ответ:** 2, 3, 5, 7, 8, 10.

## Задание 3

Требуется перевезти 20 стульев и 20 столов. Имеются три варианта погрузки в грузовой автомобиль. Первый вариант – 5 столов и 10 стульев одновременно. Второй вариант – 8 столов и 0 стульев. Третий вариант – 2 стола и 20 стульев.

Минимальное количество рейсов автомобиля для перевозки мебели будет равно...

### **Решение**

Сравните первый и второй варианты размещения и найдите, какому количеству столов условно «эквивалентны» 10 стульев. И далее считайте, что перевозятся только столы (реальные и условные).

Сравнивая первый и второй варианты погрузки, мы можем вычислить, что 10 стульев занимают такое же место в автомобиле, как и 3 стола. 20 стульев будут «эквивалентны» 6 столам. Получается, что необходимо перевезти (условно)  $20+6=26$  столов. А для этого потребуется как минимум 4 поездки.

**Ответ: 4.**

**Исследовательская часть - задания для самостоятельного решения:**

### **Задание 1**

При составлении модели расписания движения автобусов внутри республики полученная модель может рассматриваться как пример \_\_\_\_\_ модели.

**Варианты ответа:**

- 1) табличной; 2) словесной; 3) компьютерной; 4) графической.

### **Задание 2**

Информационная модель – это...

**Варианты ответа:**

- 1) совокупность сведений, образующих целостное описание, соответствующее некоторому уровню осведомленности об описываемом вопросе или объекте;
- 2) связанная совокупность информационных объектов, описывающих информационные процессы в исследуемой предметной области;
- 3) связанная совокупность структурированных данных, относящихся к определённому процессу или явлению, в конкретной предметной области;
- 4) описание реального объекта, процесса или явления в виде совокупности его характеристик.

### **Задание 3**

Пара понятий «автомобиль» – «чертеж» описывается отношением ...

**Варианты ответа:**

- 1) процесс – результат;
- 2) общее – частное;
- 3) объект – субъект;
- 4) объект – модель.

### **Задание 4**

В отношении «объект-модель» находятся понятия ...

**Варианты ответа:**

- 1) книга-абзац;
- 2) дом – план комнат;

- 3)знания – оценка;
- 4)микромир – механика.

### **Информационная модель объекта**

Значительное увеличение объемов информации привело к созданию и развитию **информационных систем (ИС)** и появлению сети Интернет. ИС – это система, построенная на основе компьютерных технологий, предназначенная для хранения, поиска, обработки и передачи значительных объемов информации, имеющая практическую сферу применения. Современная информационная система автоматизации деятельности предприятия это сложный многофункциональный инструмент, предназначенный для автоматизации профессиональных сфер человеческой деятельности. ИС относится к определенной области действительности, которая называется **предметной областью**. Для эффективного управления информацией данные, на основе которых она формируется, организованы в специальные структуры, называемые **базами данных**. Т.О., в основе ИС лежит база данных, а в основе базы данных – **информационная модель** предметной области.

**Этап начальной разработки** предполагает проведение обследования предметной области и включает: **анализ деятельности компании, постановку задачи и определение ограничений, определение целей БД, определение сферы действия и границ возможностей.**

Основой современной технологии баз данных является реляционная модель данных.

**Реляционная модель** – это способ рассмотрения данных, то есть предписание для способа рассмотрения данных (посредством таблиц) и для способа работы с таким представлением (посредством операторов).

Вопросы, которые необходимо рассмотреть для выполнения задания: концептуальная модель предметной области: понятие, этапы создания. Анализ модели предметной области с целью выделения основных функций, определения сущностей, атрибутов, установления отношений связи между ними. Требования к данным и транзакциям. Определение типов сущностей, атрибутов, доменов, связей, создание диаграммы «сущность-связь». Режимы и правила работы с объектами «запросы» и «отчеты» в MS Access - уметь строить простейшие запросы; строить запросы на выборку; запросы с использованием групповых функций на агрегирование; строить запросы с параметрами; запросы на обновление и удаление; соединять таблицы.

**Для выполнения индивидуального проекта необходимо выбрать предметную область из предлагаемого ниже списка.**

Вам нужно самостоятельно разработать один из проектов, описанных ниже, для этого:

1. Ознакомиться с предложенным вариантом описания предметной области. Проанализировать предметную область, уточнив и дополнив ее, руководствуясь собственным опытом, здравым смыслом, консультациями с экспертами и другими источниками информации.

3. Определить основные допущения при описании предметной области.
4. Выполнить словесное описание работы подразделения, алгоритмов и сценариев выполнения отдельных работ.
5. Построить диаграммы, отражающие концептуальную и логическую модели предметной области.

### **Предметная область 1. Организация работы деканата факультета информатики**

Для организации работы в деканате факультета информатики требуются данные о преподавателях, обучающихся и предметах, читаемых на каждом курсе направления «Прикладная информатика».

В базе данных должна храниться следующая информация: об обучающихся: личные данные (ФИО, год рождения, телефон, сведения о родителях и т.п.), номер группы, год обучения, результаты экзаменов и зачетов за все годы обучения, средний балл, обучение за рубежом; об учебных курсах: учебная дисциплина, учебный курс, год обучения, на котором читается данный курс; о преподавателях: личные данные, читаемые курсы.

Создать запросы:

- Запросы на добавление и удаление для ведения архива студентов, закончивших академию;
- Запрос на обновление для перевода успевающих студентов на следующий курс.
- Списки групп;
- Список студентов, не сдавших определенный экзамен;
- Список студентов, обучающихся за границей;

Создать отчеты:

- Результаты экзаменов по каждой группе, студенту;
- Расписание на каждый семестр с указанием предмета и преподавателя;
- Успевающие студенты;
- Отчет со средним баллом студентов по каждому году обучения;

Создать сводные таблицы и диаграммы (можно использовать в Excel) для иллюстрации успеваемости и обучения студентов:

- Количество студентов, получивших различные оценки по группам, предметам.
- Средние оценки по каждому студенту и т.п.

### **Предметная область 2. Организация спортивных соревнований в МГТУ им. Г.И. Носова**

Для анализа спортивных успехов студентов университета требуется создать базу данных о соревнованиях студентов по различным некомандным (индивидуальным) видам спорта.

Участниками соревнований могут быть любые студенты из базы данных студентов университета МГТУ им. Г.И. Носова. Соревнования проводятся в

течение всего учебного года. База данных должна включать информацию об участниках соревнований, результатах соревнований по каждому виду спорта, наградах и размерах призов. В качестве результатов соревнований рассматривается один показатель (например, время пробега дистанции) и участники, получившие три призовых места.

Созданная база данных должна позволить получать следующую информацию в виде запросов и отчетов:

- Список всех участников соревнований за любой год;
- Лучший результат университета по заданному виду спорта;
- Студенты, ставшие призерами нескольких соревнований по одному виду спорта;
- Студенты, ставшие призерами соревнования по нескольким видам спорта;
- Размеры призов по годам и видам спорта;
- Список рассылки приглашений для участия в соревнованиях в следующем году.
- Список участников соревнований по определенному виду спорта за любой год;
- Участники, получившие призовые места в прошлом году;
- Победители, присужденные награды и призы по всем видам спорта;

Необходимо провести дополнительный анализ по следующим направлениям:

- Построить сводные таблицы и диаграммы, дающие информацию о количестве участников по годам и видам спорта, лучших и средних результатах по годам и видам спорта, спортсменах-призерах в нескольких видах спорта;
- Тенденции достижений по видам спорта;
- Тенденции результатов для отдельных участников.

### **Предметная область 3. Организация работы магазина канцелярских товаров «Кнопка»**

Магазину канцелярских товаров «Кнопка» требуется учет данных по товарам, поставщикам и продажам.

Товары делятся на группы по категориям (карандаши и ручки, бумага, папки, файлы, портфели и т.п.). Для каждого товара должна храниться следующая информация: код товара, название товара, тип товара, запасы, оптовая и розничная цена. Информация о поставщиках включает название компании-поставщика, фамилию и имя торгового агента, телефон и город. Данные продаж регистрируются каждый день и включают: дату, код товара, количество проданного.

Создать следующие запросы:

- Прайс-лист на товары в разбивке по категориям;
- Список поставщиков по городам;
- Товары, полученные от различных поставщиков;

- Товары, которые лучше всего продаются;
- Список поставщиков для печати документов с помощью почтовой рассылки.

Создать следующие отчеты:

- Годовой и поквартальный отчет по продажам;
- Размер средних ежедневных продаж в течение месяца;
- Продажи товаров конкретного поставщика;
- Месячный объем продаж.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Прогноз продаж;
- Построение линейного тренда продаж.

#### **Предметная область 4. Производство обуви на фабрике «Магсити»**

Обувная фабрика производит обувь нескольких видов (детскую, мужскую, женскую, летняя, зимняя). Все виды обуви изготавливаются по заказам оптовых продавцов.

Каждое наименование обуви описывается: названием, кодом продукта, видом, ценой, атрибутом производится/снято с производства. Задается информация о сырье (название, цена, поставщик) и количестве сырья, требующегося для производства каждого вида обуви. Установлен месячный план производства обуви каждого вида. Данные о производстве регистрируются ежемесячно и состоят из даты (месяц, год), кода продукта, количества.

Создать следующие запросы:

- Прайс-лист на обувь по видам обуви;
- Общая стоимость сырья для производства обуви каждого вида;
- Обувь, пользующаяся наибольшим спросом;
- Обувь, не пользующаяся спросом;

Создать следующие отчеты:

- Средний месячный объем продаж каждого вида обуви (за год);
- Годовой отчет о выпуске продукции поквартально.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Прогноз продаж по каждому виду обуви;
- Построение линейного тренда продаж.

#### **Предметная область 5. Производство на фабрике мебели «Урал-мебель-люкс»**

Все виды мебели изготавливаются по заказам оптовых продавцов. Фабрика мебели «Урал-мебель-люкс» производит мебель нескольких видов (кухонную, кабинетную, офисную)..

Каждое наименование мебели описывается: названием, кодом продукта, видом, ценой, атрибутом производится/снято с производства. Заказы от оптовых продавцов оформляются ежемесячно отдельно по каждому

наименованию продукции. Заказ включает дату заказа, дату выполнения заказа, наименование компании-заказчика, наименование и количество продукции. В качестве информации о клиентах должны храниться следующие данные: код и наименование клиента, телефон, город, адрес.

Создать следующие запросы:

- Прайс-лист на различные типы мебели;
- Список заказчиков с группировкой по городам;
- Мебель, пользующаяся наибольшим спросом;
- Мебель, не пользующаяся спросом;

Создать следующие отчеты:

- Ежемесячный объем продаж мебели каждого вида;
- Годовой отчет поступлений от продаж;

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Сводные таблицы и диаграммы по клиентам, видам продукции, объемам и поступлениям от продаж;
- Прогноз продаж;
- Построение линейного тренда продаж.

#### **Предметная область 6. Консалтинговое предпринимательство (агентство «Консультант-плюс»)**

Консалтинговое агентство предоставляет маркетинговые услуги – консультации - в области аудита, экспресс-анализа и бизнес-планирования для промышленных предприятий. Основные функции оказываемых услуг: общее управление, администрирование, финансовое управление, управление персоналом, информационные технологии, оказание специализированных услуг.

Клиент заказывает конкретную услугу, по которой заключается договор. В договоре отражаются следующие данные: фамилия клиента, название компании клиента, вид услуги, дату подписания, дату начала работ, дату завершения работ, дату оплаты и сумму контракта. Список услуг включает: код услуги, вид услуги. Данные на клиентов включают: имя клиента, фамилию клиента, название компании клиента, город, адрес, номер телефона. В консалтинговом агентстве назначается менеджер проекта по каждому контракту. Данные на менеджеров проекта содержат: Фамилию и имя работника, номер телефона.

Создать следующие запросы:

- Список клиентов, сгруппированный по городам;
- Список контрактов по отдельной услуге;
- Список контрактов, сгруппированный по виду услуги за прошедший год;
- Три самых важных клиента (принесших наибольшую прибыль);
- Списки менеджеров, отсортированные в прямом и обратном порядке в зависимости от величины суммы контрактов;

Создать следующие отчеты:

- Ежемесячная сумма контрактов на услуги каждого вида;
- Годовой отчет по сумме, полученной за оказанные услуги;
- Запрос на создание архивной таблицы и запрос на исключение данных из основной таблицы контрактов, выполненных 3 года назад и более.
- Отчет по контрактам;

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Сравнительный анализ видов услуг, клиентов и исполнителей (менеджеров) (сводные таблицы, диаграммы);
- Построение линейного тренда продаж.

### **Предметная область 7. Издательский дом «Литзнак»**

Издательский дом специализируется в издательстве образовательной литературы для младших школьников. Он имеет штат редакторов и заключает контракты с авторами.

На каждую книгу заключается контракт с автором или группой авторов. В контракте отражаются: личные данные автора, тематика, дата подписания, дата окончания, дату оплаты, сумму контракта. Учитываются книги: изданные, находящиеся в работе, запланированные. Книги могут иметь несколько авторов. Для каждой книги назначается редактор. Список редакторов включает: фамилию и имя редактора.

Создать следующие запросы:

- Список всех напечатанных книг с фамилиями и именами авторов, сгруппированный по области знаний и отсортированный по дате завершения контракта;
- Список книг с фамилиями авторов, работа над которыми идет в настоящее время;
- Книги, отредактированные определенным редактором;

Создать следующие отчеты:

- Авторы и их гонорары, в порядке убывания размеров гонораров;
- Среднемесячная стоимость издания книг по определенному разделу знаний (учитываются только авторские гонорары).

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Прогноз затрат издательства;
- Построение линейного тренда затрат.

### **Предметная область 8. Работа издательства «Маги»**

Издательство «Маги» специализируется на создании различной печатной продукции. Издательство производит продукцию только по заказам оптовых покупателей (клиентов).

Заказ от клиента оформляется предварительно. В нем может быть несколько наименований продукции. Заказ включает дату заказа, дату доставки, наименование клиента, код продукции и количество продукции каждого наименования. Список продукции включает: код продукции, название продукции, область знаний (история, география, менеджмент и т.п.) и оптовую цену.

Создать следующие запросы:

- Список всех видов продукции с фамилиями авторов, сгруппированный по областям знаний;
- Проданная продукция, сгруппированная по покупателям;
- Продукция, проданная конкретному покупателю;
- Список покупателей, сгруппированный по городам;
- Средний ежемесячный объем заказов;

Создать следующие отчеты:

- Средний ежемесячный объем заказов по каждому покупателю;
- Ежемесячный объем продаж продукции каждого наименования.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Прогноз продаж;
- Сводные таблицы, диаграммы для объемов продаж по продукции, клиентам, городам, годам, областям знаний;
- Построение линейного тренда продаж.

### **Предметная область 9. Туристическое агентство «Лунный свет»**

Туристическое агентство «Лунный свет» организует индивидуальные и групповые туры в различные страны, имеет модуль позволяющий найти туры от большинства крупных туроператоров в режиме онлайн. Удобное и наглядное отображение информации на сайте кампании.

Необходимо составить список клиентов, стран, туров. Список клиентов должен включать: код клиента, фамилию и имя клиента, признак группы (да/нет), организацию (для группы), номер телефона. Данные о стране включают: название страны, регион. Для каждого тура должны быть введены: код клиента, страна, период путешествия, число туристов, цена тура.

Создать следующие запросы:

- Список всех путешествий, сгруппированный по регионам, странам;
- Индивидуальные туры, отсортированные по странам;
- Групповые туры, отсортированные по странам;
- Число туров в каждый регион по сезонам;

Создать следующие отчеты:

- Объем продаж туров в конкретный регион;
- Среднемесячный объем продаж туров в каждый регион;
- Лучшая страна (наибольшее количество проданных туров) в прошлом году;
- Лучшая страна (наибольший доход от проданных туров) в прошлом году.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Прогноз продаж туров по регионам;
- Сводные таблицы, диаграммы для объемов продаж по клиентам, странам, регионам, годам;
- Построение линейного тренда продаж туров по регионам.

### **Предметная область 10. Организация работы отеля «Тау-Таш»**

Отель предоставляет следующие услуги: обслуживание и бронирование 200 номеров, ресторан, бассейн крытый, бассейн открытый, тренажерный зал, сауна, турецкая баня (хамам) и др. Основной услугой является предоставление гостиничного номера, все остальные - входят в разряд дополнительных услуг. Все заказы и их оплата записываются в базе данных отеля. Платежи за гостиничные номера и другие услуги учитываются отдельно.

Список клиентов содержит: код клиента, имя и фамилию клиента, страну, город, номер телефона. Список номеров включает: номер комнаты, класс номера, оплата номера в день. В информацию о платежах за номера входит: дата, код клиента, номер комнаты, число дней.

Описание дополнительных услуг включает дату, код клиента, вид услуги (ресторан, спортивные тренажеры, досуг), размер оплаты.

Создать следующие запросы:

- Список клиентов, воспользовавшихся услугами других подсистем (одной или несколькими);
- Список клиентов из разных городов;
- Список клиентов с указанием общего числа дней, проведенных в отеле;
- 10 лучших постоянных клиентов (на основе предыдущего списка);
- Число клиентов, воспользовавшихся услугами определенной подсистемы (параметр);

Создать следующие отчеты:

- Суммарный доход за год от каждой услуги;
- Доходы за год от всех услуг.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Сводные таблицы, диаграммы для объемов продаж по клиентам, странам, обслуживающим подсистемам, годам;
- Построение линейного тренда для каждой обслуживающей подсистемы.

### **Предметная область 11. Строительная компания «Маг-Монолит»**

Строительная компания специализируется на строительстве домов, а также выполняет отделочные, кровельные, инженерные работы.

Строительство ведется на основе договоров-подрядов. Постоянно обновляются и вводятся новые данные в списки категорий, районов, и подрядчиков. Для организации учета продаж квартир нужны следующие сведения: район, категория, код подрядчика, площадь, дата продажи. Цена зависит от категории и района. Учитываемые данные: ценовая группа, категория здания, район, цена за кв.м.

Создать следующие запросы:

- Количество квартир, проданных за месяц;
- Доход от продаж квартир за месяц;
- Количество квартир, проданных в определенном районе;
- Количество квартир определенной категории;
- Количество квартир определенной категории, проданных в определенном районе;

Создать следующие отчеты:

- Объем договоров за прошлый год с каждым подрядчиком;
- Лучший подрядчик (по числу кв. м);
- Поступления от продаж по месяцам;
- Объем (в денежном выражении) строительства за год по каждой категории квартир.

Проанализировать полученные данные по следующим элементам:

- Сводные таблицы, диаграммы для объемов продаж по подрядчикам, районам, категориям, годам;
- Построение линейного тренда для каждой категории.

### **Форма отчетности о выполненной работе**

Отчет должен быть представлен в виде файла, содержащего название и суть задания, графический и текстовый материал, соответствующий теме задания, а также авторов выполненной работы с указанием Фамилии, имени, номера группы.

Например:

#### **ОТЧЕТ**

**Обучающийся группы АПИб-15 Ефимов О. И. о выполнении задания по Предметной области 1. Организация спортивных соревнований в МГТУ им. Г.И. Носова.**

Отчет должен включать в себя следующее:

1. **База данных.** Это основная часть проекта. Исходя из описания предметной области и требований к базе данных, должны быть последовательно разработаны концептуальная, логическая модель и физическая модель базы данных (желательно с использованием CASE – пакета AllFusion ERwin Data Modeler, но не обязательно). Затем проект базы данных реализуется в виде приложения MS Access.
2. **Электронные таблицы.** Для решения ряда задач необходимо провести дополнительный анализ данных с помощью сводных таблиц, расчетов трендов и других возможностей MS Excel.
3. **Компьютерная презентация.** Необходимо представить обзор проекта в виде презентации MS Power Point.
4. **Отчет по проекту.** Проект должен быть описан в отчете в виде документа MS Word.

### **Требования к базе данных (желательно, но не строго обязательно)**

1. База данных должна быть создана в MS Access в соответствии с проектом структуры базы данных. Должны быть заданы первичные ключи, поля подстановки, установлена ссылочная целостность базы данных.
2. Все данные должны вводиться через экранные формы, объединенные главной кнопочной формой.

3. Должны быть построены следующие виды запросов:
  - Запросы на выборку, включая параметрические;
  - Запросы на выборку с группировкой;
  - Запросы на создание таблиц и удаление записей для переноса информации за предыдущие периоды в архив.
4. Созданы итоговые и текущие отчеты по таблицам и запросам.

#### **Требования к анализу данных в Excel**

1. Некоторые таблицы и результаты запросов следует экспортировать в файл Excel для дополнительного анализа. В качестве примера можно привести таблицу-результат запроса о всех заказах за прошлый год вместе с информацией по поставщикам, покупателям и сотрудникам.
2. По экспортированным в Excel таблицам можно построить сводные таблицы, таблицы с промежуточными итогами и различные диаграммы.
3. Могут быть проведены дополнительные статистические расчеты, например, частота заказов в различные города, прогнозы продаж, линейные тренды продаж и т. п.

#### **Требования к презентации**

К содержанию:

- логичность последовательности представления материала;
- естественность разделения информации на фрагменты (слайды);
- наличие обозначений в формулах, подписей к рисункам, таблицам и

т.п.;

- наличие формальных реквизитов (ФИО выступающего, название группы, специальности, темы, наличие нумерации слайдов, иногда колонтитулов).

К оформлению:

- единообразие в оформлении;
- минимальное отвлечение внимания на цвет, фон, эффекты, анимацию;
- достаточный размер шрифта.

К выступлению:

- к каждому слайду дается комментарий по его содержанию (слайд НЕ читается!!);
- соблюдение регламента (длительность доклада не более установленной МИНУС 1 минута!);
- отрепетированность выступления (минимум 3 раза);
- достаточно громкий голос, четкость дикции, уверенность в себе, уважительность к слушателям.

Обоснованное использование эффектов мультимедиа:

- графика;
- анимация;
- видео;
- звук.

Навигация (средства представления структуры):

- наличие оглавления;
- наличие кнопок перемещения по слайдам;

– наличие гиперссылок для перехода к фрагментам данного или других файлов.

Презентация должна быть подготовлена для публикации в сети Интернет.

**Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:**

1. Какова цель создания информационной модели данных?
2. Какие уровни представления данных в БД выделяют согласно архитектуре ANSI/SPARC?
3. Что из себя представляет каждый из этих уровней представления данных?
4. С помощью каких моделей создается описание каждого из уровней представления данных?
5. Какова взаимосвязь современных этапов проектирования БД и этапов создания информационной модели данных?
6. Какие средства могут быть использованы для создания внешней модели данных?
7. Какие средства могут быть использованы для создания концептуальной модели данных?
8. Какие средства могут быть использованы для создания физической модели данных?
9. Определите взаимосвязь между логической моделью данных и диаграммой потоков данных?
10. Какие основные этапы в развитии информационных систем принято выделять? Дайте краткую характеристику каждого.
11. Каковы современные области применения и примеры реализации ИС?
12. В чем суть структурного подхода к анализу и проектированию?
13. В чем суть объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию?
14. На какие принципы опирается каждый из подходов? Дайте краткую им характеристику.
15. Назовите и охарактеризуйте каждый тип диаграмм структурного подхода к анализу и проектированию.
16. Назовите и охарактеризуйте каждый тип диаграмм объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Guseva E. N, Efimova I.Yu., Varfolomeeva T.N. Mocchan I.N. Discrete event simulation modelling of patient service management with Arena International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 // IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032095/pdf>
2. Karmanova E.V., Efimova I.Yu., Guseva E.N., Kostina N.N., Saveleva L.A., Bobrova I.I. Modeling of students' competency development in the higher education distant learning system. – Proceedings of the 2016 Conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016) Сер. "ACSR: Advances in Computer Science Research" Editors: Olga Berestneva, Alexei Tikhomirov, Andrey Trufanov. 2016. P. 308-315.
3. Блинов Ю.Ф Методы математического моделирования: электр. учеб.пособие:/ Ю.Ф.Блинов, В.В.Иванцов, П.В. Серба. – электронное учебное пособие. Таганрог, ТТИ ЮФУ, 2012. – 42 с.–Режим доступа: <http://fep.tti.sfedu.ru/russian/tmina/education/literatura/mmm1.pdf>
4. Блинов Ю.Ф Методы математического моделирования: электр. учеб.пособие:/ Ю.Ф.Блинов, В.В.Иванцов, П.В. Серба. – электронное учебное пособие. Таганрог, ТТИ ЮФУ, 2012. – 42 с.–Режим доступа: <http://fep.tti.sfedu.ru/russian/tmina/education/literatura/mmm1.pdf>
5. Гусева Е.Н. Имитационное моделирование экономических процессов в среде Arena учебно-методическое пособие / Москва, 2011. (2-е издание, стереотипное)
6. Гусева Е.Н. Математические методы в социально-экономических исследованиях: учеб.-метод. пособие / Е. Н. Гусева– Магнитогорск : МГТУ, 2014.– 115 с.
7. Гусева Е.Н. Методика преподавания дисциплины «Имитационное моделирование» у бакалавров прикладной информатики// Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 1 (26). С. 48-51.
8. Гусева Е.Н. Основы математической обработки информации: учеб.-методич. пособ. Электронное издание / Магнитогорск, 2018.
9. Есипов, Б.А. Методы исследования операций [Электронный ресурс].- СПб.: Лань, 2013.–304с.- Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250)
10. Журбенко, Л.Н. Математика в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Л.Н. Журбенко, Г.А. Никонова, Н.В. Никонова, О.М. Дегтярева. - М.: ИНФРА-М, 2010. – 372 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=209484>
11. 11. Лекция: Математическое и компьютерное моделирование. Режим доступа: <http://lib.rushkolnik.ru/text/22899/index-1.html?page=11>
12. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2006,

13. Казиев В.М. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент//Информатика и образование. 1990. № 4.
14. Казиев В.М., Казиев К.В. Основы математического и инфологического моделирования в примерах//Информатика и образование. 2004. № 2.
15. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). - М.: Лори, 1996.
16. Колокольников, В.Н. Математическое моделирование многоагентных систем конкуренции и кооперации (Теория игр для всех): Учебное пособие / В.Н. Колокольников, О.А. Малафеев. - СПб.: Лань, 2012. - 624 с.
17. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум / А.Л. Королев. - М.: Бином, 2015. - 296 с.
18. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения.-М.:Мир,1965.
19. Минько, А.Э Методы прогнозирования и исследования операций [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Минько А.Э., Минько Э.В. под ред. Будагова А.С. - М.: Финансы и статистика, 2010.—480с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=28357](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=28357)
20. Мясникова О.К. Моделирование и формализация в курсе информатики//Информатика и образование. 2004. № 2.
21. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели. Компьютерное моделирование: учеб.пособие/ И. В. Орлова, В.А. Половников – М.: Инфра-М, 2012.—400с.
22. Соколова, Т. AutoCAD 2016. Двухмерное и трехмерное моделирование / Т. Соколова. - М.: ДМК, 2016. - 756 с.
23. Цисарь И.Ф., Нейман В.Г. Компьютерное моделирование экономики. – М.- «Диалог-МИФИ», 2002.-304с.
24. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: наука и искусство.-М.:Мир, 1978.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Методические рекомендации для студентов по изучению дисциплины

#### «Компьютерное моделирование»

для студентов очного и заочного отделений высших учебных заведений, обучающимся по направлениям: 44.03.05 «Педагогическое образование» с профилями «Иностранный язык и иностранный язык», «Информатика и экономика»; 44.03.01 «Педагогическое образование» с профилями «Начальное образование и информатика», «Химия», «Физическая культура»; 44.03.03 «Специальное дефектологическое образование» с профилями «Дошкольная дефектология», «Логопедия», «Начальное образование» и др.

## **1. Основные сведения об авторах**

Ефимова Ирина Юрьевна - канд. пед. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий. Обучалась в аспирантуре при каф. педагогики МаГУ под рук. доктора пед. наук, проф. И. Г. Овчинниковой. В 2003 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Формирование информационной культуры учащихся в условиях дополнительного образования». Является автором более 50 публикаций.

## **2. Цели и задачи дисциплины**

Цель: подготовка студентов по курсу «Компьютерное моделирование» в соответствии с требованиями «Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлениям: 44.03.05 «Педагогическое образование» с профилями «Иностранный язык», «Информатика и экономика»; 44.03.01 «Педагогическое образование» с профилями «Начальное образование и информатика», «Химия», «Физическая культура»; 44.03.03 «Специальное дефектологическое образование» с профилями «Дошкольная дефектология», «Логопедия», «Начальное образование» и др.

Задачи:

1. Дать студентам представление о принципах описания систем; об основных классах моделей и методах моделирования, о моделировании и его роли в процессах развития, познавательной и практической деятельности. Познакомить студентов с основными видами моделирования, освоить принципы построения математических моделей, методы формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ.
2. Познакомить студентов с инструментарием компьютерного моделирования; познакомить со спецификой использования компьютерного моделирования в педагогических программных средствах.
3. Научить студентов создавать модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств; рассмотреть примеры математического моделирования в различных областях человеческой деятельности.

## **3. Перечень основных разделов и тем**

### **Раздел 1. Моделирование как метод познания. Классификация моделей**

*Тема 1.1. Основы моделирования. Натурные и абстрактные модели*

**Цель изучения**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- *знать:*

- основные виды моделирования, принципы построения моделей, методы формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ;

- *уметь:*

- создавать модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств;

- использовать программные средства для создания моделей.

**При изучении темы 1.1 необходимо:**

- 1) Изучить учебный материал: курс «Основы моделирования» - Режим доступа: <http://www.intuit.ru>;
- 2) самостоятельно более подробно рассмотреть: [3, С. 15-23].

**Особое внимание обратить на:**

- существование различных классификаций моделей, принципы построения моделей, методы формализации.

**Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:**

1. Дайте определение понятия «модель», «компьютерная модель».
2. Перечислите основные виды моделирования.
3. Чем отличаются натурные модели от абстрактных?
4. Приведите классификацию абстрактных моделей.
5. Как соотносятся вербальные модели и компьютерное моделирование?
6. Перечислите основные принципы построения моделей.
7. Где используются компьютерные модели?
8. В чем суть моделирования как метода познания?
9. Что такое компьютерное моделирование?
10. Чем отличаются статические модели от динамических?
11. Назовите отличительные признаки стохастических моделей.
12. Какие могут быть цели моделирования?

**План практических/лабораторных/семинарских занятий по теме 1.1**

Лабораторная работа 1 «Моделирования процессов управления предприятием» – выполняется согласно методическим указаниям с применением таблицы подстановки Excel, с помощью надстройки «Поиск решения», с помощью Mathcad. Результаты работы оформляются с помощью электронных таблиц.

**Тема 1.2. Этапы компьютерного моделирования**

**Цель изучения**

**Изучив данную тему, студент должен:**

**- знать:**

- основные этапы компьютерного моделирования, принципы построения моделей, методов формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ.

**- уметь:**

- создавать модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств;
- оценивать средства моделирования, адекватность и чувствительность модели.

**При изучении темы 1.2 необходимо:**

- 1) Изучить учебный материал: курс «Этапы компьютерного моделирования» - Режим доступа: <http://www.intuit.ru>;

2) самостоятельно более подробно рассмотреть: [3, С. 15-23].

**Особое внимание обратить на:**

- этап постановки задачи – как наиболее ответственный этап в создании компьютерной модели.

**Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:**

1. Перечислите этапы компьютерного моделирования.
2. Как осуществляется предмодельный анализ?
3. Перечислите основные принципы оценки адекватности модели.
4. Для чего осуществляется идентификация модели?
5. Приведите классификацию средств моделирования.
6. В чем суть оценки чувствительности модели?
7. Что такое тестирование модели?
8. Чем мы руководствуемся, когда выбираем инструмент для компьютерного моделирования?
9. Что является конечным пунктом моделирования?

**План практических/лабораторных/семинарских занятий по теме 1.2.**

Лабораторная работа 2 «Этапы компьютерного моделирования» – выполняется согласно методическим указаниям с использованием системы программирования на выбор студента. Результаты работы оформляются с помощью электронных таблиц.

## **Раздел 2. Математическое моделирование. Системный анализ и его задачи**

*Тема 2.1. Основные понятия математического моделирования*

**Цель изучения**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- *знать:*

- основные понятия математического моделирования, принципы построения математических моделей, методов формализации, алгоритмизации и реализации моделей на ЭВМ.

- *уметь:*

- создавать математические модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств;
- использовать системный подход в научных исследованиях.

**При изучении темы 2.1 необходимо:**

- 3) Изучить учебный материал: курс «Математическое моделирование»
  - Режим доступа: <http://www.intuit.ru>;
- 4) самостоятельно более подробно рассмотреть: [3, С. 15-23].

**Особое внимание обратить на:**

- этап постановки задачи – как наиболее ответственный этап в создании математической модели.

**Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:**

- 1) Как соотносятся модель и ее отношение к исходному объекту?
- 2) Перечислите принципы оценки адекватности модели.
- 3) Какие основные направления использования моделей и моделирования?
- 4) Перечислите основные свойства моделей.
- 5) Каков жизненный цикл модели?
- 6) Назовите и охарактеризуйте функции модели.
- 7) Дайте определение математической модели.

## **Тема 2.2. Математическая модель. Иерархия математических моделей**

### **Цель изучения**

**Изучив данную тему, студент должен:**

- **знать:**

- различные подходы к классификации математических моделей;
- основные понятия математического моделирования;

- **уметь:**

- создавать математические модели различных процессов на конкретном языке программирования или с использованием инструментальных средств (математических пакетов).

**При изучении темы 2.2 необходимо:**

1. Изучить учебный материал: Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем, БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2016, - Режим доступа: <http://www.intuit.ru>;
2. самостоятельно более подробно рассмотреть: И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер. Информационные системы и модели. Учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005, С. 137-161.

**Особое внимание обратить на:**

- различные подходы к классификации математических моделей.

**Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:**

- 1) Какие существуют подходы к классификации математических моделей?
- 2) Перечислите основные операции моделирования.
- 3) Назовите отличительные особенности моделей с сосредоточенными и распределенными параметрами.
- 4) Назовите отличительные признаки дескриптивных моделей.
- 5) Назовите отличительные признаки оптимизационных моделей.
- 6) Назовите отличительные признаки многокритериальных моделей.
- 7) Назовите отличительные признаки игровых моделей.
- 8) Приведите примеры математических моделей в химии, биологии, экологии, экономике.

- 9) Какие инструменты используются для создания математических моделей? Приведите примеры.

### ***План практических/лабораторных/семинарских занятий по теме 2.1***

Лабораторная работа «Дескриптивные модели. Модель популяций»

– выполняется согласно методическим указаниям с использованием средств моделирования на выбор студента. Результаты работы оформляются с помощью электронных таблиц.

### **Раздел 3. Примеры математического моделирования в различных областях человеческой деятельности**

*Тема 3.1. Использование математического моделирования в различных областях человеческой деятельности. Решение задач*

#### ***Цель изучения***

***Изучив данную тему, студент должен:***

- *знать:*

- особенности и возможности использования моделей в различных областях;

. - *уметь:*

- использовать модели в различных областях человеческой деятельности, в том числе, в педагогической деятельности.

***При изучении темы 3.1 необходимо:***

- 1) Изучить учебный материал: Геоинформационные модели - сайт: <http://earth.google.com/intl/ru/tour/thanks-win4.html>; интерактивная карта формирования Российской империи: сайт: [http://moscowmap.ru/histor\\_map.shtml](http://moscowmap.ru/histor_map.shtml); кар-тографический сервер WorldAtlas.com - URL сервера карт <http://worldatlas.com>; Естественно-научные модели: периодическая система элементов Д.И.Менделеева, программа Table (Авторские права: Константин Поляков, статус: freeware); интерактивная физическая модель "Математический маятник", URL модели - <http://www.college.ru/physics/>; интерактивная биологическая модель "Первый и второй законы Менделя", URL модели: <http://www.college.ru/biology/>; интерактивная модель химических реакций, URL модели - <http://www.college.ru/chemistry/>; GenoPro (Живая родословная) - Сайт: <http://www.genopro.com>.
- 2) самостоятельно более подробно рассмотреть: Беспалько В. П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2002. – 352 с.

***Особое внимание обратить на:***

- возможности программ для создания моделей и их дальнейшего использования для моделирования в физике.

***Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:***

- 1) Приведите примеры моделей в химии.
- 2) Приведите примеры моделей в физике.

- 3) Приведите примеры моделей в биологии.
- 4) Приведите примеры моделей в экологии.
- 5) Приведите примеры моделей в экономике.
- 6) Какие возможности предоставляют нам модели в различных областях?

### ***План практических/лабораторных/семинарских занятий по теме 3.1.***

Лабораторная работа «Использование моделей в различных областях» – выполняется согласно методическим указаниям с использованием системы УниДИН «Пакеты экономических тренажеров» по следующим темам:

- динамическое взаимодействие природы и общества;
- анализ демографических процессов;
- управление социальными процессами;
- формирование феномена моды на товар при его реализации;
- динамический анализ бизнес-плана.

### ***Тема 3.2. Примеры физико-математических моделей, используемых в различных областях человеческой деятельности***

#### ***Цель изучения***

***Изучив данную, тему студент должен:***

***- знать:***

- примеры физико-математических моделей;

***- уметь:***

- строить модели объектов и процессов из различных предметных областей (физика, математика, химия, биология, география и экономика);
- на их основе разрабатывать компьютерные модели с использованием систем объектно-ориентированного программирования Visual Basic и Delphi, а также электронных таблиц Microsoft Excel и OpenOffice Calc;
- проводить компьютерный эксперимент, т.е. исследование компьютерных моделей.
- использовать физико-математические модели в различных областях человеческой деятельности.

#### ***При изучении темы 3.2 необходимо:***

- 1) Изучить учебный материал: Исследование информационных моделей. Учебное пособие для 10-11 классов. Угринович Н.Д. – М.: БИНОМ, 2014-2018;
- 2) самостоятельно более подробно рассмотреть: Model-CD. Компьютерный практикум на MODEL-CD. Угринович Н.Д. – М.: БИНОМ, 2004-2008.

#### ***Особое внимание обратить на:***

- возможности программ для создания моделей и их дальнейшего использования для моделирования в физике.

***Для самоконтроля по теме необходимо ответить на следующие вопросы:***

- 1) Приведите примеры моделей в химии.

- 2) Приведите примеры моделей в физике.
- 3) Приведите примеры моделей в биологии.
- 4) Приведите примеры моделей в экологии.
- 5) Приведите примеры моделей в экономике.
- 6) Какие возможности предоставляют нам модели в различных областях?

### ***План практических/лабораторных/семинарских занятий по теме 3.2.***

Лабораторная работа «Исследование физических моделей» выполняется на основе компьютерного практикума на MODEL-CD. Угринович Н.Д.:

- Формальная модель «Попадание в стенку тела, брошенного под углом к горизонту».
- Формальная модель-задание «Попадание в площадку тела, брошенного под углом к горизонту».
- Проект «Попадание в стенку тела, брошенного под углом к горизонту» на языке Visual Basic.
- Проект «Диапазон углов, обеспечивающий попадание в стенку» на языке Visual Basic.
- Проект-задание «Попадание в площадку тела, брошенного под углом к горизонту» на языке Visual Basic.
- Проект-задание «Диапазон углов, обеспечивающий попадание в площадку» на языке Visual Basic.
- Проект «Попадание в стенку тела, брошенного под углом к горизонту» на языке Delphi.
- Проект «Диапазон углов, обеспечивающий попадание в стенку» на языке Delphi.
- Проект-задание «Попадание в площадку тела, брошенного под углом к горизонту» на языке Delphi.
- Проект-задание «Диапазон углов, обеспечивающий попадание в площадку» на языке Delphi.
- Компьютерная модель «Попадание в стенку тела, брошенного под углом к горизонту» в электронных таблицах.
- Компьютерная модель-задание «Попадание в площадку тела, брошенного под углом к горизонту» в электронных таблицах.

## Глоссарий

**Анализ** – мысленное разделение эмпирического или абстрактного объекта на составляющие его структурные компоненты (части, свойства, отношения).

**Дедукция** — аналитический процесс, основанный на применении общих правил к частным случаям, с выводом результата.

**Задача** – класс проблемных ситуаций, когда необходимо осуществить: 1) сбор информации; 2) оценку ситуации; 3) принятие решений; 4) осуществление действий.

**Знания** - это выявленные закономерности предметной области (принципы, связи, законы), позволяющие решать её задачи.

### **Имитационная модель**

Имитационная модель - математическая компьютерная модель, в которую введены динамические элементы.

**Индукция** - синтетические рассуждения, которые выводят правило, исходя из предпосылок и результата.

### **Информационная модель**

Информационная модель - модель объекта, процесса или явления, в которой представлены информационные аспекты моделируемого объекта, процесса или явления.

### **Информационный подход**

Информационный подход - метод научного познания объектов, процессов или явлений природы и общества, согласно которому в первую очередь выявляются и анализируются наиболее характерные информационные аспекты, определяющие функционирование и развитие изучаемых объектов.

### **Информационная система**

Информационная система - по законодательству РФ - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы.

Информационные системы предназначена для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и предоставления информации.

Информационная система - в модели OSI - совокупность, состоящая из одного либо нескольких компьютеров, соответствующих средств программирования, операторов, физических процессов, средств телекоммуникаций и других, образующих автономное целое, способное

### **Математическая модель**

Математическая модель - модель объекта, процесса или явления, представляющая собой математические закономерности, с помощью которых описаны основные характеристики моделируемого объекта, процесса или явления.

### **Метод Монте-Карло**

Метод Монте-Карло - численный метод, основанный на получении большого числа реализаций случайного процесса, который формируется таким

образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинам решаемой задачи.

### **Планирование эксперимента**

Планирование эксперимента - раздел математической статистики, исследующий рациональную организацию измерений, подверженных случайным ошибкам.

### **Модель**

англ. Model; Simulator

От лат. Modulus – образец

Модель - создаваемое человеком подобие изучаемых объектов: макеты, изображения, схемы, словесные описания, математические формулы, карты и т.д. Модели всегда проще реальных объектов, но они позволяют выделить главное, не отвлекаясь на детали.

Различают математические, физические, ситуационные и электрические модели.

**Модель IDEF0** представляет собой серию диаграмм (3-6 блоков и дуги) с сопроводительной документацией (текст и глоссарий), разбивающих сложный объект на составные части посредством декомпозиции блоков родительской диаграммы.

**Фактографические модели данных** – это модели данных, которые характеризуются следующим:

- база данных на их основе состоит из нескольких записей фиксированного формата;
- записи могут иметь разные типы, но каждый тип определяет фиксированное количество полей;
- каждое поле имеет фиксированную длину.

### **Идеализированная модель физического тела**

Идеализированная модель физического тела - в физике - абстрактный объект:

- являющийся моделью реального объекта; и
- обладающий некоторыми физическими свойствами реального объекта, существенными для определенного круга задач.

Модели такого рода позволяют:

- изучать реальные объекты;
- формулировать физические законы; и
- создавать физические теории.

### **Информационная модель**

Информационная модель - модель объекта, процесса или явления, в которой представлены информационные аспекты моделируемого объекта, процесса или явления.

### **Каузальная модель**

англ. Causal model

Каузальная модель - модель, графически изображающая множество зависимостей между переменными, когда изменение в одной из них вызывает изменения в других.

### **Математическая модель**

англ. Mathematical model

Математическая модель - модель объекта, процесса или явления, представляющая собой математические закономерности, с помощью которых описаны основные характеристики моделируемого объекта, процесса или явления.

### **Моделирование**

англ. Modelling

От лат. Modulus – образец

Моделирование - исследование объектов познания на их моделях. Моделирование предполагает построение и изучение моделей реально существующих предметов, явлений и конструируемых объектов:

- для определения или улучшения их характеристик;
- для рационализации способов их построения;
- для управления и прогнозирования.

### **Моделирование гидрологического процесса**

Моделирование гидрологического процесса - создание моделей, воспроизводящих отдельные стороны гидрологического процесса.

### **Модель структуры**

англ. Model of structure

Модель структуры - реконструкция структуры по формальным правилам и упрощенным теоретическим положениям, при котором отбираются и систематически увязываются важные переменные, входящие в структуру.

### **Неформальная модель**

англ. Informal model

Неформальная модель - упрощенное описание процесса или ситуации в терминах естественного языка.

### **Образ**

англ. Picture; Image

Образ - целостное, но неполное представление некоторого объекта или класса объектов. Образ является идеальным продуктом психической деятельности, который конкретизируется в той или иной форме психического отражения: ощущения, восприятия и т.д.

### **Ситуационная модель**

Ситуационная модель - модель, представляющая собой описание ситуаций, в которых предстоит действовать изучаемому объекту.

### **Статистическая модель**

англ. Statistic model

Статистическая модель - совокупность допущений, лежащих в основе статистического теста и относящихся:

- к форме данных;
- к характеру переменных;
- к природе выборки;
- к природе генеральной совокупности, из которой была получена выборка.

## **Структурный анализ**

**Структурным анализом (СА)** принято называть метод исследования системы, изучение которой начинается с ее общего обзора, последующей детализации, созданием иерархической структуры с достаточным числом уровней.

### **Физическая модель**

Физическая модель - модели, создаваемые путем замены объектов моделирующими устройствами, которые имитируют определенные характеристики либо свойства этих объектов. При этом моделирующее устройство имеет ту же качественную природу, что и моделируемый объект.

Физические модели используют эффект масштаба в случае возможности пропорционального применения всего комплекса изучаемых свойств.

### **Формальная модель**

англ. Formal model

Формальная модель - модель, заданная на математическом или ином другом формализованном языке.

### **Электрическая модель**

Электрическая модель - модель, позволяющая построить электрическую цепь, эквивалентную дифференциальному уравнению.

### **Элементарная система**

англ. Elementary system

Элементарная система - система, максимально упрощенная с целью удобства исследования.

Элементарная система - формализация некоторой реально существующей или проектируемой системы.

## **Моделирование**

### **Моделирование**

Моделирование - исследование объектов познания на их моделях. Моделирование предполагает построение и изучение моделей реально существующих предметов, явлений и конструируемых объектов:

Моделирование - исследование объектов познания на их моделях. Моделирование предполагает построение и изучение моделей реально существующих предметов, явлений и конструируемых объектов: - для определения или улучшения их характеристик; - для рационализации способов их построения; - для управления и прогнозирования.

### **Модель**

Модель - создаваемое человеком подобие изучаемых объектов: макеты, изображения, схемы, словесные описания, математические формулы, карты и т.д. Модели всегда проще реальных объектов, но они позволяют выделить главное, не отвлекаясь на детали.

От лат. Modulus - образец

Различают математические, физические, ситуационные и электрические модели.

## Список литературы

### Основная

1. Гусева, Е.Н. Экономико-математическое моделирование: Учеб. пособие: / Е.Н. Гусева. – М.: Флинта: МПСИ, 2008. –216 с. (Рекомендовано Редакционно-издательским Советом Российской академии образования).
2. Сирота, А.А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем.-М.: Техносфера, 2006.- 280 с. (Допущено УМО по образованию).

### Дополнительная

1. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб.пособие: / 12-е изд., перераб. – М.: Высшее образование, 2009. – 480 с. (Рекомендовано министерством образования РФ)
2. Ефимова, И.Ю. Лабораторный практикум по компьютерному моделированию: Учеб. пособие: / И.Ю.Ефимова – Магнитогорск: МаГУ, 2009. -80 с.
3. Казиев, В.М., Казиев К.В. Основы математического и инфологического моделирования в примерах//Информатика и образование. 2004. № 2.
4. Макаров Е. Mathcad (+ CD-ROM): Учебное пособие/Е. Макаров. Издательство "Питер", · 2009. · - 384 с. Рекомендовано министерством образования РФ
5. Мясникова, О.К. Моделирование и формализация в курсе информатики//Информатика и образование. 2004. № 2.
6. Переверзев С.И. Анимация в Macromedia Flash MX: Практикум/Переверзев С.И.– 12-е изд., перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 373 с
7. Семакин И.Г., Хеннер Е.К. Информационные системы и модели: Учебное пособие/ И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер– 12-е изд., перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 303 с. Рекомендовано министерством образования РФ
8. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие/ Ю.Ю. Тарасевич. Изд. 3-е,испр.- М.:Едиториал УРСС, 2003.- 144с.

## Содержание

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Основные сведения об авторах .....                                                                                        | 61 |
| 2. Цели и задачи дисциплины .....                                                                                            | 61 |
| 3. Перечень основных разделов и тем .....                                                                                    | 61 |
| Раздел 1. Моделирование как метод познания. Классификация моделей .....                                                      | 61 |
| Тема 1.1. Основы моделирования. Натурные и абстрактные модели .....                                                          | 61 |
| Тема 1.2. Этапы компьютерного моделирования .....                                                                            | 62 |
| Раздел 2. Математическое моделирование. Системный анализ и его задачи .....                                                  | 63 |
| Тема 2.1. Основные понятия математического моделирования .....                                                               | 63 |
| Тема 2.2. Математическая модель. Иерархия математических моделей .....                                                       | 64 |
| Раздел 3. Примеры математического моделирования в различных областях<br>человеческой деятельности .....                      | 65 |
| Тема 3.1. Использование математического моделирования в различных<br>областях человеческой деятельности. Решение задач ..... | 65 |
| Тема 3.2. Примеры физико-математических моделей, используемых в<br>различных областях человеческой деятельности .....        | 66 |
| Глоссарий .....                                                                                                              | 68 |
| Список литературы .....                                                                                                      | 72 |

Учебное текстовое электронное издание

**Ефимова Ирина Юрьевна**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО КУРСУ «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

Практикум

0,92 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2019 год

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,  
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»

Кафедра бизнес-информатики и информационных технологий

Центр электронных образовательных ресурсов и  
дистанционных образовательных технологий

e-mail: ceor\_dot@mail.ru