

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь  
по естественнонаучному образованию**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

  
А.И. Жук


Регистрационный № ТД- 6. 186 /тип.

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Типовая учебная программа  
для высших учебных заведений по специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям)**

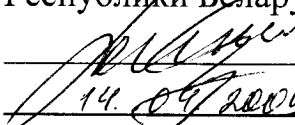
**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения вузов Республики  
Беларусь по естественнонаучному  
образованию

  
В.В. Самохвал  
24. 10. 2008

**СОГЛАСОВАНО**

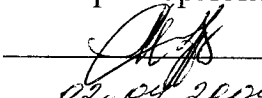
Начальник управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

  
Ю.И. Миксюк  
14. 09. 2008

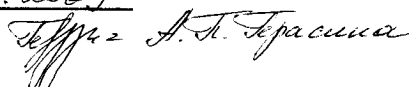
Первый проректор Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

  
И.В. Казакова  
02. 04. 2008

Эксперт-нормоконтролер

  
С.М. Артемьева  
02. 04. 2008

Минск 2008

  
А.А. Грaшина

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**Г.Г. Крылов** – доцент кафедры методики преподавания физики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук;

**Л.Б. Елисеева** – старший преподаватель кафедры методики преподавания физики и информатики Белорусского государственного университета;

**И.А. Тимофеева** – старший преподаватель кафедры методики преподавания физики и информатики Белорусского государственного университета;

**И.В. Шапочкина** – старший преподаватель кафедры методики преподавания физики и информатики Белорусского государственного университета.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра теоретической физики** учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы»;

**С.И. Максимов** – заведующий кафедрой информационных технологий в образовании Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы», кандидат технических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой методики преподавания физики и информатики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 3 марта 2008);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 27 марта 2008);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения высших учебных заведений Республики Беларусь по естественнонаучному образованию

(протокол № 3 от 28 марта 2008).

Ответственный за выпуск: **Л.Б. Елисеева**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа предназначена для подготовки специалистов по всем физическим специальностям. Дисциплина является единственным общеобразовательным курсом по математическому и компьютерному моделированию и основой для специальных курсов, читаемых в рамках цикла естественнонаучных дисциплин. Поэтому в нее включили базовый курс информатики и основные конструкции языка Pascal, основы программирования на языке Object Pascal в системе Delphi, основы численных методов и работа в современных инструментальных пакетах (на базе пакета MathCad), углубленное изложение численных методов.

Общее количество часов – 486, аудиторное количество часов – 222, из них: лекции – 86, лабораторные занятия – 136.

Методической базой дисциплины являются курсы математического анализа, аналитической геометрии и высшей алгебры, знание которых необходимо для освоения материала курса в третьем и четвертом семестре. Особое внимание в курсе следует уделить четырем моментам – освоению студентами знаний основных структур данных, используемых в практике современного программирования, овладению навыками разработки программного обеспечения, работающего под управлением операционной системы Windows, а также приобретению студентами навыков моделирования физических процессов и численного анализа полученных моделей.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- основные конструкции языка Паскаль,
- основные методы численного анализа;

**уметь:**

- разрабатывать простые программы в среде быстрой разработки приложений Delphi и инструментальной системе MathCad,
- алгоритмизировать методы численного анализа на языках Паскаль и MathCad для решения задач численного моделирования физических процессов.

Текущий контроль знаний и навыков студентов рекомендуется осуществлять с использованием контрольных работ, тестов, а также непосредственно в компьютерном классе во время подготовки и выполнения лабораторных работ.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Название темы	Лекции	Лаб. занятия	Всего
1.	Кодирование информации	6		6
2.	Хранение информации	4		4
3.	Принципы работы компьютера	4		4
4.	Операционная система и приложения	2	4	6
5.	Инструментарий программирования	6	28	34
6.	Развитие программирования на языке Object Pascal	2	4	6
7.	Синтаксис и основные конструкции языка программирования Object Pascal	8	8	16
8.	Разработка приложений. Использование компонентов Delphi.	2	8	10
9.	Элементарная графика в системе Delphi	2	4	6
10.	Основы объектно-ориентированного программирования на Object Pascal	6	8	14
11.	Численные методы в моделировании физических процессов	2		2
12.	Численные методы решения нелинейных уравнений	4	8	12
13.	Численные методы вычисления определенных интегралов	8	4	12
14.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	4	8	12
15.	Основы статистического моделирования	4	4	8
16.	Работа в инструментальной системе MathCAD	-	10	10
17.	Задачи линейной алгебры	4	4	8
18.	Решение систем нелинейных уравнений	2	-	2
19.	Интерполяция	4	4	8
20.	Специальные методы вычисления определенных интегралов	2	-	2
21.	Специальные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений	4	12	16
22.	Разностные методы для дифференциальных уравнений в частных производных	6	18	24
	Итого	86	136	222

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **1. Кодирование информации.**

Понятие “информация”. Количество информации (содержательный и алфавитный подходы). Единицы измерения количества информации. Системы счисления (позиционные, непозиционные), алфавит, основание. Переход из одной системы счисления в другую. Единицы измерения: байт, Кб, Мб, Гб, Тб... Единицы обработки: байт, слово, двойное слово.

Типы информации (дискретная, непрерывная). Понятие “кодирования” информации. Устройства обработки информации (цифровые, аналоговые). Виды информации, обрабатываемые компьютером (числовая, символьная, графическая, звуковая).

Представление целых чисел без знака. Представление знаковых целых чисел. Прямой код. Представление отрицательных целых чисел. Дополнительный обратный код. Алгебраическое сложение целых чисел. Умножение чисел (сложение и сдвиг). Переполнение.

Представление вещественных чисел (нормализованный вид, мантисса, порядок). Сдвиг порядка. Алгоритмы сложения и умножения. Точность представления вещественных чисел, машинный ноль.

Кодирование текстовой информации. ASCII-коды, таблица ASCII-кодов (стандартная, расширенная), Unicode.

Понятие “файл”. Формат данных (внутренний и внешний). Форматы файлов.

Кодирование графической информации (растровое и векторное). Принципы работы монитора. Формирование растрового изображения на мониторе (пиксел, разрешение). Кодирование цвета пиксела (черно-белое, черно-белое с градациями серого). Кодирование цвета пиксела цветного изображения (индексная палитра, High Color, True Color). Цветовые модели (RGB, CMYk, HSB). Векторная графика.

Понятие об алгоритмах сжатия информации. Сжатие информации без потерь и с потерями.

### **2. Хранение информации.**

Иерархическая структура файловой системы. Каталоги. Корневой каталог. Полное имя файла.

Устройство и принципы действия накопителей на внешних носителях.

Физическая и логическая структура диска. Понятие о контроле и коррекции ошибок. Запись файла на диск. Удаление файла.

Форматирование диска. Низкоуровневое (физическое) и высокоуровневое (логическое) форматирование.

### **3. Принципы работы компьютера.**

Схема фон Неймана. Программный принцип работы компьютера. Открытая архитектура компьютера. Состав системного блока. Состав материнской платы.

Процессор. Структура процессора (регистры, АЛУ, устройство управления, кэш-память). Тактовый генератор. Характеристики процессора (разрядность, рабочая тактовая частота).

Структура машинной команды (код операции, адресная составляющая). Система команд процессора. Типы процессоров (CISC, RISC, MISC). Совместимость снизу-вверх.

Шина (системная, локальная). Шина данных, адресная шина, шина управления).

Прямой доступ к оперативной памяти (канал DMA).

Периферийные устройства. Контроллер и драйвер. Порты (последовательные и параллельные). Система прерываний. Устройство и принципы действия мыши и клавиатуры.

Оперативная память. Структура оперативной памяти (элемент памяти, матрица элементов памяти). Способы реализации оперативной памяти (динамическая, статическая). Адреса (физические, логические). Понятие об адресном пространстве оперативной памяти. Пространство адресов ввода-вывода.

ПЗУ. Содержимое CMOS-памяти (время, дата, информация о конфигурации компьютера). Программа начальной загрузки.

#### **4. Операционная система и приложения.**

Структура операционной системы (ядро, командный процессор, BIOS). Драйверы. Реестр. Ресурсы компьютера. Совместное использование ресурсов. Установка программ. Удаление программ. Установка и поддержка оборудования. Служебные программы. Буфер памяти. Технология OLE (внедрение и связывание объектов). Понятие составного документа.

#### **5 Инструментарий программирования.**

Системы программирования. Компиляторы и интерпретаторы. Процесс компиляции программы на Pascal. Структура программы. Базовые типы языка.

Основные конструкции языка Pascal (процедуры ввода и вывода, оператор присваивания, условный оператор, операторы цикла). Одномерные и двумерные массивы. Процедуры и функции.

#### **6. Развитие программирования на языке Object Pascal.**

История развития языка Pascal. Программирование с управлением по событиям, стиль программирования на платформе Microsoft Windows. Объектно-ориентированное программирование. Понятие объекта. Понятие свойства. Понятие события, основные классы сообщений Windows.

## **7. Синтаксис и основные конструкции языка программирования Object Pascal.**

Визуальная среда разработки. Генератор исходного кода: файл проекта, модули. Структура модуля. Структура программного блока: заголовок, описание uses, блок объявлений и раздел операторов. Объявления констант, типов, переменных, меток, процедур и функций. Комментарии, константы, переменные. Операторы (присваивания, составной, сравнения, логические, арифметические, побитовые, процедуры увеличения и уменьшения). Типы данных (числовые, символьные, строковые, Variant). Пользовательские типы данных (массивы, записи, множества). Указатели. Выделение и освобождение памяти. Приведение и преобразование типов. Условные операторы и циклы. Процедуры и функции. Передача параметров. Область видимости. Переменная Result в функции.

## **8. Разработка приложений. Использование компонентов Delphi.**

Работа с файлами. Визуальные компоненты. Невизуальные компоненты. Отображение формы (модальной, немодальной).

## **9. Элементарная графика в системе Delphi.**

Понятие о графическом контексте; тип Tcanvas. Перья, кисти и шрифты. Базовые графические примитивы. Приемы работы с графикой с учетом перекрывания, сворачивания и перемещения окон.

## **10. Основы объектно-ориентированного программирования на Object Pascal.**

Объектно-ориентированное программирование. Классы (объявление, создание, уничтожение). Внутреннее представление объектов. Наследование. Определение области видимости (published, public, protected, private). Методы (статические, виртуальные, динамические, сообщения, абстрактные, методы класса). Конструкторы и деструкторы. Переопределение методов. Переменная Self. Свойства. Тип ссылки на класс. Тип времени исполнения. Приведение типа объекта. Использование операторов as и is.

## **11. Численные методы в моделировании физических процессов.**

Приближенные числа и действия над приближенными числами. Понятие погрешности. Виды погрешностей в численных методах. Погрешности машинной арифметики. Приемы программирования для уменьшения погрешностей.

Устойчивость, корректность, сходимость. Примеры некорректно поставленных задач и неустойчивых методов решения.

## **12. Численные методы решения нелинейных уравнений.**

Основные этапы решения нелинейных алгебраических уравнений. Локализация корней. Графический метод отделения корней. Пошаговый и метод дихотомии (бисекции) отделения корней.

Решение нелинейных уравнений методом Ньютона (касательных); геометрическая интерпретация метода. Решение нелинейных уравнений методом простых итераций; геометрическая интерпретация метода. Типы сходимостей итерационных последовательностей. Анализ сходимости итерационных процессов методов Ньютона и простых итераций.

### **13. Численные методы вычисления определенных интегралов.**

Общие понятия теории численного вычисления определенных интегралов. Классификация методов вычисления определенных интегралов.

Квадратурные формулы интерполяционного типа. Общая схема методов Ньютона-Котеса. Неустойчивость. Алгебраическая точность.

Формулы численного интегрирования – прямоугольников, трапеций, Симпсона с выводом и оценкой точности. Локальные погрешности и погрешности составных квадратурных формул. Практические примеры вычислений.

Априорная и апостериорная оценки погрешностей. Формулы Рунге и Эйткина.

Методы наивысшей алгебраической точности (методы Гаусса-Кристоффеля). Свойства полиномов Лежандра. Вывод систем уравнений для определения узлов и весов квадратур Гаусса. Ортогональные многочлены. Примеры построения формул Гаусса-Кристоффеля для различных весовых функций.

### **14. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).**

Постановка задачи для интегрирования ОДУ. Типы задач для ОДУ. Основные понятия и определения. Задача Коши (задача с начальными условиями). Условие Липшица. Единственность решения.

Одношаговые методы решения ОДУ. Определение одношаговых методов. Явные и неявные схемы. Метод Эйлера (простой и усовершенствованный). Определение порядка метода. Общая схема методов Рунге-Кутты. Практические способы оценки погрешности.

### **15. Основы статистического моделирования.**

Общая постановка задачи статистического моделирования.

Моделирование дискретной случайной величины с заданной вероятностью. Моделирование дискретных случайных величин, равномерно распределенных в произвольном интервале.

Моделирование дискретной случайной величины, имеющей распределение Пуассона.

Моделирование непрерывной случайной величины, имеющей экспоненциальное распределение.

Моделирование непрерывной случайной величины, имеющей нормальное распределение.

Построение гистограмм различных распределений.



Понятие случайного процесса, алгоритмы моделирования реализаций случайного процесса.

### **16. Работа в инструментальной системе MathCAD.**

Интерфейс и входной язык MathCAD. Обзор основных возможностей. Использование пакета для решения физических задач.

### **17. Задачи линейной алгебры.**

Основные задачи вычислительной линейной алгебры. Прямые и итерационные методы решения задач линейной алгебры.

Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и его модификации. Вывод алгоритма метода исключений. Эквивалентность LU-разложения и метода Гаусса. Сравнение эффективности различных прямых методов решения СЛАУ. Вычисление определителей. Процедуры обращения матриц.

Метод прогонки для решения трехдиагональных СЛАУ.

Понятие нормы вектора и нормы матрицы. Подчиненные и согласованные нормы. Обусловленность матрицы коэффициентов СЛАУ. Оценка абсолютной и относительной погрешности решения. Примеры плохо обусловленных матриц.

Контроль точности и уточнение приближенного решения СЛАУ. Понятие невязки.

Итерационные методы решения СЛАУ. Достаточное условие сходимости и приведение систем к виду, удобному для итераций. Необходимое и достаточное условие сходимости. Апостериорная оценка погрешности. Методы Якоби и Зейделя. Достаточное условие сходимости методов Якоби и Зейделя. Матричная запись итерационных методов. Каноническая форма одношаговых итерационных методов. Стационарные и нестационарные методы.

Вычисление собственных значений матрицы.

### **18. Решение систем нелинейных уравнений.**

Метод Ньютона для нелинейных систем. Нелинейные методы Якоби и Зейделя для систем нелинейных уравнений. Гибридные методы.

### **19. Интерполяция.**

Постановка задачи интерполирования. Применение интерполяции в численных методах. Интерполяция и экстраполяция.

Интерполяция каноническим полиномом. Интерполяционный полином Лагранжа. Интерполяционный полином Ньютона. Разделенные и конечные разности.

Погрешность интерполирования. Сходимость интерполяционных методов. Минимизация остаточного члена. Оптимальный выбор узлов интерполирования. Многочлены Чебышева и их свойства. Интерполяция сплайнами.

Понятие интерполяционного сплайна. Преимущества сплайн-интерполяции. Построение кубического сплайна.

## **20. Специальные методы вычисления определенных интегралов.**

Методы вычисления несобственных интегралов. Мультипликативное и аддитивное выделение особенностей. Примеры вычислений интегралов на бесконечных отрезках и интегралов от разрывных функций.

Методы вычисления кратных интегралов. Преимущества и недостатки детерминированных и статистических методов.

## **21. Специальные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).**

Многошаговые методы решения ОДУ. Общая схема многошаговых экстраполяционных методов Адамса. Вывод схемы трехэтапного метода Адамса. Интерполяционные методы Адамса (схема прогноз-коррекция). Неявные методы Гира. Вывод схемы трехэтапного метода Гира. Понятие о жестких системах ОДУ. Выбор начального приближения. Анализ устойчивости и сходимости многошаговых методов. Порядок аппроксимации устойчивых многошаговых методов.

Численные методы решения ОДУ порядка выше единицы. Решение систем ОДУ.

Граничные задачи для ОДУ. Разностные аппроксимации производных. Построение разностных уравнений. Граничные задачи для разностных уравнений.

## **22. Разностные методы для дифференциальных уравнений в частных производных.**

Классификация и типы задач для дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП).

Постановка разностной задачи для ДУЧП. Сетки и сеточные функции. Шаблоны разностных схем. Разностные аппроксимации производных. Порядок аппроксимации.

Сеточные методы для краевых задач для ДУЧП эллиптического типа. Решение двумерной задачи Дирихле для уравнения Лапласа в прямоугольнике. Метод релаксации.

Сеточные методы для ДУЧП параболического типа. Устойчивость разностных схем для уравнения теплопроводности. Выбор параметра устойчивой схемы.

Особенности численных методов решения ДУЧП гиперболического типа. Разностная схема "крест" для волнового уравнения: аппроксимация, устойчивость, сходимость.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемые темы лабораторных занятий

#### *1 семестр*

1. Создание составного документа с использованием технологии OLE.
2. Работа в среде Delphi, разработка консольных приложений. Оператор присваивания. Линейные алгоритмы. Процедуры ввода и вывода.
3. Условные операторы. Логические выражения.
4. Циклы в Pascal.
5. Работа с одномерными и двумерными массивами.
6. Процедуры и функции.

#### *2 семестр*

1. Работа в среде Delphi, разработка Win32 приложений. Приложение с простым меню и реакцией на клавиатуру и мышь.
2. Пользовательские типы данных, ввод и вывод.
3. Работа с файлами
4. Работа с элементарной 2D графикой
5. ООП, классы, методы, наследование
6. Работа со стандартными компонентами Delphi.

#### *3 семестр*

1. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений с параметром. Реализация методов простой итерации и Ньютона. Графическое представление результатов вычислительного эксперимента.
2. Вычисление определенных интегралов.
3. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений (решение задачи Коши) – одношаговые методы.
4. Методы статистического моделирования.
5. Работа в среде MathCAD.

#### *4 семестр*

1. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (прямые и итерационные методы).
2. Интерполирование.
3. Решение задачи Коши многошаговыми методами.
4. Решение задачи Коши для жестких систем методом Гира.
5. Решение граничной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка методом прогонки.
6. Сеточные методы решения граничных задач для дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа.
7. Сеточные методы для дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа.
8. Сеточные методы для дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.

## Рекомендуемые формы контроля знаний

Контрольные работы:

1. Использование циклических конструкций языка Pascal
2. Формальные и фактические параметры процедуры-функции
3. Свойства и векторные свойства объекта
4. Динамические массивы в системе Delphi
5. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений
6. Вычисление определенных интегралов.
7. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений

Тест: Основные компоненты микропроцессорных систем и их взаимодействий.

## Рекомендуемая литература

### Основная

1. Информатика. Базовый курс. Учебник для вузов. Под ред. С.В.Симоновича. СПб.: Питер, 2001.
2. Информатика. Учебник для вузов. Под ред. Н.В.Макаровой. М.: Финансы и статистика, 2001.
3. Нортон, Питер. Работа на персональном компьютере / Питер Нортон, Джон Гудман. К.: Диа-Софт, 1999.
4. Брукшир, Дж. Гленн. Введение в компьютерные науки / Брукшир Дж. Гленн. М.: Вильямс, 2001.
5. Алексеев, А.П. Информатика 2001 (2002) / А.П. Алексеев М.: Солон-Р, 2001.
6. Бородич, Ю.С. Паскаль для персональных компьютеров / Ю.С.Бородич, Вольвачев А.Н., Кузьмич А.И. Минск: Вышэйшая школа, 1991.
7. Марченко, А.И. Программирование в среде Turbo Pascal 7.0 / А.И. Марченко, Л.А. Марченко Киев: БЕК+, 2001.
8. Сухарев, М.В. Основы Delphi: профессиональный подход / М.В. Сухарев 2004, Изд. НИТ-СПБ
9. Архангельский, А.Я. Язык Pascal и основы программирования в Delphi / А.Я.Архангельский 2004. Изд. «Бином», Москва
- 10.Фаронов, В. В. Delphi 6: учебный курс / В.В.Фаронов 2001, Изд. «Нолидж».
- 11.Фленов, М.Библия Delphi / М.Фленов 2004, «БХВ-Петербург».
- 12.Самарский, А.А. Численные методы / А.А.Самарский, А.В.Гулин - М.: "Наука", 1989.
- 13.Мудров, А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран, Паскаль / А.Е. Мудров - Томск: "Раско", 1991.
- 14.Вержбицкий, В.М. Численные методы. Лине́йная алгебра и нелинейные уравнения./ Вержбицкий В.М. -М.:“Высшая школа”, 2000.

15. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.Л. Марон - 1960.
16. Заварыкин, В.М. Численные методы / В.М. Заварыкин, В.Г. Житомирский, М.П. Лапчик 1991.
17. Демидович, Б.П. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Шувалова Э.З. М.: Из-во физ.-мат. лит., 1962.
18. Турчак, Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак М.: Наука, 1987.
19. MATHCAD 6.0 PLUS. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95.- М.: Филинь, 1997.
20. Ермаков, С.М., Статистическое моделирование / С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов М.: Наука, 1982.

#### Дополнительная

1. Калиш, Г.Г. Основы вычислительной техники / Г.Г. Калиш М.: Высшая школа, 2000.
2. Евсеев, Г. Windows 98: Полный справочник в вопросах и ответах / Г. Евсеев, С. Симонович. М.: АСТ-ПРЕСС, 2000.
3. Ветров, С. Компьютерное «железо» / С. Ветров М.: СОЛОН-Р.
4. Молчанова, С.И. Основы программирования. Турбо-Паскаль 7.0 для школьников и абитуриентов / С.И. Молчанова М.: Аквариум, 1999.
5. Ревич, Ю. Нестандартные приемы программирования в Delphi / Ю. Ревич. 2005, «БХВ-Петербург».
6. Дарахвелидзе, П.Г. Delphi 2005 для Win32. 2005 / П.Г. Дарахвелидзе, Марков Е.П. - «БХВ-Петербург», СПб.
7. Учебные материалы по Delphi на сайте <http://www.delphikingdom.com>
8. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков, 1987.
9. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики / Г.И. Марчук 1989.
10. Березин, И.С. Методы вычислений / И.С. Березин, Н.П. Жидков Т.1, Т.2. 1962, 1966.
11. Крылов, В.И. Вычислительные методы высшей математики / В.И. Крылов, В.В. Бобков, П.И. Монастырский М.: Высшая школа, 1972.
12. Т.1, Т.2. 1976, 1977.
13. Шуп, Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. - М.: «Мир», 1987.
14. Фурунжиев, Р.И. Применение математических методов и ЭВМ / Р.И. Фурунжиев, Ф.М. Бабушкин, В.В. Варавко. Минск. 1988.
15. Плис, А.И. MathCAD: математический практикум / А.И. Плис, Н.А. Славина М.: Финансы и статистика. 1999.