

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ :**

Методические указания по самостоятельной работе  
для студентов технических вузов

2012

## **Шандаров Евгений Станиславович**

Компьютерное моделирование и проектирование оптических систем: методические указания по самостоятельной работе для студентов технических вузов. / Е. С. Шандаров.

Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 13 с.

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

© Шандаров Евгений Станиславович, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой ЭП  
\_\_\_\_\_ С.М. Шандаров  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания по самостоятельной работе  
для студентов технических вузов

Разработчик  
\_\_\_\_\_ Е.С. Шандаров  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

## Содержание

1 Введение.....	5
Раздел 1 Математическое моделирование и вычислительный эксперимент .....	5
1.1 Содержание раздела .....	5
Раздел 2 Устранимые и неустраимые погрешности.....	6
2.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 3 Требования к вычислительным методам .....	6
3.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 4 Представление вещественных чисел в ЭВМ .....	6
4.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 5 Округление чисел в ЭВМ. Погрешность. Приближенные числа .	6
5.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 6 Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений	6
6.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 7 Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) .....	6
7.1 Содержание раздела .....	6
Раздел 8 Интерполяция и аппроксимация функций.....	7
8.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 9 Сглаживание сеточных функций .....	7
9.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 10 Разностная аппроксимация производных .....	7
10.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 11 Численное интегрирование.....	7
11.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 12 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.....	7
12.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 13 Численные методы решения граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.....	7
13.1 Содержание раздела .....	7
Раздел 14 Уменьшение погрешностей вычисления.....	8
14.1 Содержание раздела .....	8
15 Лабораторные занятия .....	8
Заключение .....	10
Список литературы .....	11

## 1 Введение

Методические указания содержат программу, перечень важнейших изучаемых тем учебного курса, для проверки знаний приведены вопросы для самопроверки, приведен перечень вопросов для самостоятельного изучения.

Цель дисциплины состоит в изучении методологии компьютерного моделирования, правильной оценке, учете и уменьшении погрешностей, возникающих при вычислениях на ЭВМ, в применении ПК при решении конкретных задач; развитие инженерных навыков разработки и конструирования оптических систем, обучение студентов различным методам исследований и анализу полученных результатов.

Задачи дисциплины заключаются в следующем: в результате изучения дисциплины студенты должны овладеть численными методами решения задач линейной алгебры и задач математической физики, ясно представлять алгоритмы, положенные в основу используемого программного обеспечения для решения таких задач, уметь решать задачи, связанные с анализом технических объектов, а также грамотно использовать все возможности ПК.

Дисциплина «Компьютерное моделирование и проектирование оптических систем» относится к дисциплинам федеральной компоненты цикла специальных дисциплин (СД.Ф.3).

Рабочая программа дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Информатика», «Оптическая физика».

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- основы теории информации;
- технические и программные средства реализации информационных технологий;
- современные языки программирования, базы данных, программное обеспечение и технологии программирования,

*уметь:* использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения;

*владеть:* основными методами работы на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) с прикладными программными средствами.

### Раздел 1 Математическое моделирование и вычислительный эксперимент

#### 1.1 Содержание раздела

Вычислительный эксперимент. Объект исследования. Математическая модель. Численный метод. Программирование для ЭВМ.

Модель - метод (алгоритм) – программа. Проведение вычислений и анализ результатов.

## **Раздел 2 Устранимые и неустраняемые погрешности**

### **2.1 Содержание раздела**

Устранимые погрешности. Неустраняемые погрешности. Погрешности округлений. Погрешности метода

## **Раздел 3 Требования к вычислительным методам**

### **3.1 Содержание раздела**

Устойчивость численного метода (ЧМ). Корректные и некорректные задачи. Неустойчивость ЧМ. Понятие сходимости ЧМ

## **Раздел 4 Представление вещественных чисел в ЭВМ**

### **4.1 Содержание раздела**

Позиционная система счисления. Разряды. Числа с фиксированной запятой. Разрядная сетка.

## **Раздел 5 Округление чисел в ЭВМ. Погрешность. Приближенные числа**

### **5.1 Содержание раздела**

Машинный нуль. Машинная бесконечность. Абсолютная погрешность. Относительная погрешность. Машинный эпсилон. Накопление погрешностей округления. Действия над приближенными числами

## **Раздел 6 Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений**

### **6.1 Содержание раздела**

Постановка задачи. Метод отделения корней. Метод дихотомии. Одношаговые итерационные методы.

## **Раздел 7 Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)**

### **7.1 Содержание раздела**

Метод исключения Гаусса. Метод LU-разложения. Метод прогонки для СЛАУ с трехдиагональной матрицей

## **Раздел 8 Интерполяция и аппроксимация функций**

### **8.1 Содержание раздела**

Канонический многочлен. Многочлен Лагранжа. Многочлен Ньютона. Приближение рациональными функциями. Тригонометрическая интерполяция. Точность глобальной интерполяции. О сходимости интерполяционного процесса. Многочлены Чебышева. Интерполяция сплайнами. Аппроксимация функций

## **Раздел 9 Сглаживание сеточных функций**

### **9.1 Содержание раздела**

Процедура сглаживания. Осреднение функции. Оператор осреднения.

## **Раздел 10 Разностная аппроксимация производных**

### **10.1 Содержание раздела**

Левые, правые и центральные разностные производные функции. Погрешность аппроксимации. Аппроксимация первого порядка. Вторая разностная производная. Метод неопределенных коэффициентов.

## **Раздел 11 Численное интегрирование**

### **11.1 Содержание раздела**

Квадратурная формула. Частичные отрезки. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона.

## **Раздел 12 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений**

### **12.1 Содержание раздела**

Постановка задачи Коши. Метод Эйлера. Симметричная схема. Методы Рунге –Кутта.

## **Раздел 13 Численные методы решения граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений**

### **13.1 Содержание раздела**

Постановка граничной задачи. Метод стрельбы. Разностный метод

## **Раздел 14 Уменьшение погрешностей вычисления**

### **14.1 Содержание раздела**

Апостериорные оценки погрешности по Рунге. Апостериорное определение порядка метода по Эйткену. Применение формулы Рунге для уменьшения объема вычислений. Метод Эйткена ускорения сходимости

## **15 Лабораторные занятия**

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Лабораторные работы проводятся фронтальным методом индивидуально для каждого студента. При подготовке к лабораторной работе студент должен руководствоваться индивидуальным заданием. По мере освоения методов студентам могут поручаться индивидуальные работы в плане фрагментов научно- поисковых работ.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение вычислительного эксперимента и обработка результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с программами, методами и схемами вычислений. Исходя из возможностей ЭВМ и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод расчета и проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- задача;
- методика вычислений и проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению вычислительного эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с ЭВМ, уточняют порядок выполнения работы. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не



познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение вычислительного эксперимента в компьютерном зале. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые расчеты, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения вычислительного эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

В экспериментах, когда это важно, всегда следует ставить пробные вычислительные опыты, которые преследуют несколько целей:

- студент «знакомится» с данным вычислительным экспериментом.

В каждом эксперименте своя методика и связанные с нею определенные, часто повторяющиеся операции, и студенту необходимо поупражняться или попрактиковаться в их выполнении. Первые несколько расчетов почти всегда менее надежны или менее ценны, чем последние, и обычно удается сэкономить время, если в начальный период работы затратить часть его на то, чтобы найти наилучшие способы проведения расчетов и записи результатов;

- проверяется работа отдельных функций и опций в ЭВМ;
- определяется соответствующий интервал граничных значений для каждой из величин, рассчитываемых в данном вычислительном эксперименте;

- оцениваются возможные ошибки в различных величинах.

В ходе пробного опыта следует провести некоторые предварительные измерения и составить план с указанием величин, которые необходимо рассчитать, и оценить время, необходимое на расчет.

Прежде чем, приступить к систематическим вычислениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, систему, под которой работает ЭВМ. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций и методических указаний.

В каждом вычислительном эксперименте очень важно сразу же записывать все проделанное. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. При проведении и записи результатов расчетов хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на ЭВМ.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; ее описание; краткое изложение методики, схемы вычислений;

таблицы; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов и погрешностей. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами расчетов, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями;
- причины, обусловившие погрешности измерений и методы их устранения.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Интерполяция и аппроксимация функций
2. Методы вычисления определенного интеграла
3. Разностная аппроксимация производных
4. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)
5. Методы решения нелинейных уравнений
6. Методы решения краевых задач
7. Методы безусловной оптимизации

### **Заключение**

В итоге изучения тем студент должен твердо, как минимум знать следующие вопросы.

1. Устранимые и неустраиваемые погрешности
2. Требования к вычислительным методам
3. Оценки погрешностей округления
4. Представление и округление чисел в ЭВМ
5. Механизмы накопления погрешностей
6. Уменьшение погрешностей
7. Методы решения нелинейных уравнений
8. Метод дихотомии
9. Метод простых итераций
10. Метод секущих
11. Метод Ньютона (касательных)
12. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений
13. Метод Гаусса
14. Метод LU-разложения
15. Обращение матрицы
16. Численное интегрирование
17. Численное дифференцирование

18. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений
19. Метод Эйлера
20. Симметричная схема
21. Методы Рунге-Кутты
22. Численные методы решения граничных задач
23. Метод стрельбы
24. Многошаговые разностные методы
25. Накопление погрешностей в ходе вычислений на ЭВМ

### Список литературы

1. Основы компьютерного моделирования наносистем / Ибрагимов И.М., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. – М.: Изд-во «Лань», 2010.- 384 с. ISBN 978-5-8114-1032-3: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=156](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=156)
2. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 736 с. ISBN 978-5-8114-1063-7 [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=650](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=650)
3. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем / Петров М.Н., Гудков Г.В. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 464 с. ISBN 978-5-8114-1075-0 [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=661](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=661)
4. Основы автоматизированного проектирования [Текст] : учебник для вузов / Е. М. Кудрявцев. - М. : Академия, 2011. - 304 с. - ISBN 978-5-7695-6004-0
5. Компьютерное моделирование и проектирование: учебное пособие / Ю. Р. Саликаев.- Томск: ТУСУР, 2012. - 95 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
6. Численные методы в примерах и задачах : Учебное пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 2-е изд., стереотип. - М. : Высшая школа, 2006. - 479 с. - (Прикладная математика для вузов). - ISBN 5-06-004763-6
7. Численные методы : Учебное пособие для вузов / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников ; ред. : А. И. Кибзун. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2006. - 398 с. ISBN 5-9221-0737-2
8. Основы численных методов : Учебник для вузов / Валентин Михайлович Вержбицкий. - М. : Высшая школа, 2002. - 848 с. - ISBN 5-06-004020-8
9. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем : / И. Влаха, К. Сингхал ; пер.: А. Ф. Обьедков, Н. Н. Удалов, В. М. Демидов ; ред. пер. А. А. Туркина. - М. : Радио и связь, 1988. - 560 с. - ISBN 5-256-00054-3
10. Mathcad для студента / А. М. Половко, И. В. Ганичев. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 336 с. - ISBN 5-94157-596-3

11. Mathcad 12 для студентов и инженеров / В. Ф. Очков. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 457 с. - ISBN 5-94157-289-1

12. Компьютерное моделирование и проектирование. Часть 1: методические указания к лабораторным работам / Ю.Р. Саликаев; Томск: ТУСУР, 2012. - 40 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Учебное пособие

Шандаров Е.С.

Компьютерное моделирование и проектирование  
электронных приборов и устройств

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л.                      Препринт  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40