

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Современные методы решения дифференциальных уравнений БЗ.ДВ.2

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Даутов Р.З.

**Рецензент(ы):**

Тимербаев М.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 966116

Казань  
2016

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Даутов Р.З. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,  
Rafail.Dautov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Излагаются основные понятия и методы решения дифференциальных уравнений.

Существенно используется материал общего курса "Дифференциальные уравнения".

Основная цель курса - сообщить материал, необходимый для решения дифференциальных уравнений, обучение студентов применению численных методов для решения поставленных задач.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе в 7 семестре для студентов обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные со-временных научных исследований, необходимые для формирования выво-дов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгорит-мических и программных решений в области системного и прикладного программирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы математического моделирования.

2. должен уметь:

применять теоретические знания для решения практических задач.

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о понятиях и методах, связанных с решением типичных задач математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений.

применять теоретические знания для решения практических задач.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Математические модели. основные принципы математического моделирования. Технологическая цепочка построения, исследования и применения математических моделей. Роль численных методов.	7		0	3	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Задача двух тел небесной механики. Точное решение и его анализ.	7		0	3	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Модели динамики развития биологической популяции типа хищник-жертва.	7		0	4	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Простейшие задачи баллистики: полет снаряда, ракеты, планера. Сведение к системе дифференциальных уравнений.	7		0	4	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Фазовая плоскость. Качественный анализ уравнений.	7		0	4	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Сеточные функции. Простейшие формулы численного интегрирования.	7		0	4	0	контрольная работа
7.	Тема 7. Простейшие формулы численного дифференцирования. Влияние ошибок округления.	7		0	4	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Явный метод Эйлера. Геометрическая интерпретация. Погрешность аппроксимации.	7		0	4	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Простейшие методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ.	7		0	4	0	контрольная работа
10.	Тема 10. Моделирование больших дискретных систем на примерах гидравлических и электрических сетей. Задачи на графах. Разряженные системы линейных алгебраических уравнений.	7		0	4	0	домашнее задание
11.	Тема 11. М-матрицы и их свойства.	7		0	4	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем положительно определенными симметричными матрицами.	7		0	4	0	домашнее задание
13.	Тема 13. Итерационные методы решения систем алгебраических уравнений.	7		0	4	0	домашнее задание
14.	Тема 14. Задача минимизации квадратичных функций многих переменных.	7		0	4	0	домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			0	54	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Математические модели. основные принципы математического моделирования. Технологическая цепочка построения, исследования и применения математических моделей. Роль численных методов.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Основные принципы математического моделирования. Математические модели. Технологическая цепочка построения, исследования и применения математических моделей. Роль численных методов в математическом моделировании.

**Тема 2. Задача двух тел небесной механики. Точное решение и его анализ.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Движение тел в поле тяготения. Задача Ньютона движения двух небесных тел. Вывод точного решения и его анализ.

**Тема 3. Модели динамики развития биологической популяции типа хищник-жертва.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Математические модели динамики развития биологической популяции типа хищник-жертва. Модели Лоттки-Вольтерра, Мак Артура, Базыкина.

**Тема 4. Простейшие задачи баллистики: полет снаряда, ракеты, планера. Сведение к системе дифференциальных уравнений.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

О задачах баллистики. Простейшие задачи баллистики: полет снаряда, ракеты, планера. Сведение к системе дифференциальных уравнений

**Тема 5. Фазовая плоскость. Качественный анализ уравнений.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Понятие о фазовой плоскости. Качественный анализ уравнений: виды особых точек и интегральных кривых

**Тема 6. Сеточные функции. Простейшие формулы численного интегрирования.**  
*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Типы функций. Сеточные функции. Простейшие формулы численного интегрирования.

**Тема 7. Простейшие формулы численного дифференцирования. Влияние ошибок округления.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Дифференцирование сеточных функций. Простейшие формулы численного дифференцирования. Влияние ошибок округления.

**Тема 8. Явный метод Эйлера. Геометрическая интерпретация. Погрешность аппроксимации.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Сеточные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Явный метод Эйлера. Геометрическая интерпретация. Погрешность аппроксимации.

**Тема 9. Простейшие методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Сеточные методы высокого порядка точности для решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Простейшие методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ.

**Тема 10. Моделирование больших дискретных систем на примерах гидравлических и электрических сетей. Задачи на графах. Разряженные системы линейных алгебраических уравнений.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Сверхбольшие системы линейных алгебраических уравнений. Моделирование больших дискретных систем на примерах гидравлических и электрических сетей. Задачи на графах. Разряженные системы линейных алгебраических уравнений.

**Тема 11. М-матрицы и их свойства.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Специальные классы матриц. М-матрицы и их свойства.

**Тема 12. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем положительно определенными симметричными матрицами.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

О методах решения систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем положительно определенными симметричными матрицами.

**Тема 13. Итерационные методы решения систем алгебраических уравнений.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

Понятие об итерационных методах. Итерационные методы решения систем алгебраических уравнений.

**Тема 14. Задача минимизации квадратичных функций многих переменных.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

О задачах оптимизации. Задача минимизации квадратичных функций многих переменных.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Математические модели. основные принципы математического моделирования. Технологическая цепочка построения, исследования и применения математических моделей. Роль численных методов.	7		подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
2.	Тема 2. Задача двух тел небесной механики. Точное решение и его анализ.	7		подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
3.	Тема 3. Модели динамики развития биологической популяции типа хищник-жертва.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
4.	Тема 4. Простейшие задачи баллистики: полет снаряда, ракеты, планера. Сведение к системе дифференциальных уравнений.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
5.	Тема 5. Фазовая плоскость. Качественный анализ уравнений.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Сеточные функции. Простейшие формулы численного интегрирования.	7		подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
7.	Тема 7. Простейшие формулы численного дифференцирования. Влияние ошибок округления.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Явный метод Эйлера. Геометрическая интерпретация. Погрешность аппроксимации.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Простейшие методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ.	7		подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
10.	Тема 10. Моделирование больших дискретных систем на примерах гидравлических и электрических сетей. Задачи на графах. Разряженные системы линейных алгеброических уравнений.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
11.	Тема 11. М-матрицы и их свойства.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
12.	Тема 12. Прямые методы решения систем линейных алгеброических уравнений. Методы решения систем положительно определенными симметричными матрицами.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
13.	Тема 13. Итерационные методы решения систем алгеброических уравнений.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
14.	Тема 14. Задача минимизации квадратичных функций многих переменных.	7		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
	Итого				54	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме практических занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Математические модели. основные принципы математического моделирования. Технологическая цепочка построения, исследования и применения математических моделей. Роль численных методов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: сформулировать цели математического моделирования и вычислительного эксперимента; найти различия натурального (физического) и вычислительного экспериментов; обосновать важность численных методов; какова роль информационных технологий в цепочке моделирования

### **Тема 2. Задача двух тел небесной механики. Точное решение и его анализ.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: перечислить основные предположения, положенные в основу модели; сформулировать основные физические законы, положенные в основу модели; перечислить основные параметры модели; дать определение полярной системы координат; получить формулы производных при замене переменных; сформулировать три закона Кеплера о движении небесных тел

### **Тема 3. Модели динамики развития биологической популяции типа хищник-жертва.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: привести примеры биологических популяций, взаимодействующих по типу хищник-жертва; перечислить основные характеристики популяций, взаимодействующих по типу хищник-жертва; указать общий вид уравнений динамики популяций типа хищник-жертва

### **Тема 4. Простейшие задачи баллистики: полет снаряда, ракеты, планера. Сведение к системе дифференциальных уравнений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: выделить основные предположения, использованные при выводе уравнений а) о полете снаряда; б) о полете ракеты; в) о полете планера; Указать способ сведения обыкновенного дифференциального уравнения высокого порядка к системе уравнений первого порядка; Указать способ сведения системы обыкновенных дифференциальных уравнения высокого порядка к системе уравнений первого порядка; роль начальных условий; дать определение задачи Коши для систем ОДУ

### **Тема 5. Фазовая плоскость. Качественный анализ уравнений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: дайте: определение а) фазовых переменных; б) фазовой плоскости; определение стационарных решений и особых точек систем ОДУ; линеаризация ОДУ; процедуры линеаризации общих уравнений динамики популяций, взаимодействующих по типу хищник-жертва; определение и классификацию особых точек планарных систем ОДУ в окрестности особых точек; какую основную цель преследует теория качественного анализа дифференциальных уравнений.

### **Тема 6. Сеточные функции. Простейшие формулы численного интегрирования.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы: вывод формул погрешности квадратурных формул а) прямоугольников; б) трапеций; с) Симпсона; геометрическая интерпретация квадратурных формул а) прямоугольников; б) трапеций; с) Симпсона;

### **Тема 7. Простейшие формулы численного дифференцирования. Влияние ошибок округления.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: дайте определение формул; дайте определение шаблона и формул численного дифференцирования; приведите примеры формулы численного дифференцирования для вычисления первой производной а) первого порядка точности; б) второго порядка точности; приведите пример формулы для определения второй производной второго порядка точности; дайте определение и приведите формулы погрешности формул простейших формул; обоснуйте важность учета погрешности округления при численном дифференцировании. Какие формулы менее чувствительны к ошибкам округления: первого или второго порядка точности.

### **Тема 8. Явный метод Эйлера. Геометрическая интерпретация. Погрешность аппроксимации.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: дайте определение и проведите анализ метода Эйлера для модельной задачи. Определите на модельной задаче а) устойчивость и б) неустойчивость вычислений по методу Эйлера. Найдите главный член погрешности аппроксимации метода Эйлера. Напишите программу решения ОДУ методом Эйлера. При решении модельной задачи выявите устойчивость и неустойчивость вычислений.

### **Тема 9. Простейшие методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ.**

контрольная работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: вывод формул первого порядка точности; анализ устойчивости методов первого порядка для модельной задачи. вывод формул второго порядка точности; анализ устойчивости методов второго порядка для модельной задачи. вычислить главный член погрешности методов а) первого б) второго порядка.

### **Тема 10. Моделирование больших дискретных систем на примерах гидравлических и электрических сетей. Задачи на графах. Разряженные системы линейных алгебраических уравнений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: в чем основные различия а) полных и б) разреженных систем линейных алгебраических уравнений. Как это проявляется при хранении этих систем в ЭВМ. Запишите систему уравнений для резистивной ортогональной сети. Напишите программу для ЭВМ, определяющую матрицу симметрии уравнений для этой сети.

### **Тема 11. М-матрицы и их свойства.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: Назовите основные отличия М-матриц от общих матриц; Перечислите основные свойства М-матриц; докажите, что решение системы уравнений с М-матрицей, правая часть которой неотрицательна, также неотрицательна. Докажите, что если обнулить ряд внедиагональных элементов М-матрицы, то получится также М-матрица

### **Тема 12. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем положительно определенными симметричными матрицами.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: какие матрицы являются подобными; какие матрицы являются конгруэнтными; дать матричную формулировку метода Гаусса; вычислить число операций метода Гаусса; доказать единственность LU разложения матриц; доказать единственность LDL разложения матриц; как найти определитель матрицы, если известно ее а) LU разложение б) LDL разложение; как найти обратную матрицу, если известно ее а) LU разложение б) LDL разложение; определить число операций для вычисления определителя; определить число операций для вычисления обратной матрицы

### **Тема 13. Итерационные методы решения систем алгебраических уравнений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: дайте определение а) первой б) второй нормы вектора и матрицы; приведите геометрическую интерпретацию метода а) Якоби б) Зейделя; для заданной системы с двумя уравнениями определить сходится ли метод а) Якоби б) Зейделя; определить оптимальный итерационный параметр метода Якоби для заданной системы с двумя уравнениями;

#### **Тема 14. Задача минимизации квадратичных функций многих переменных.**

домашнее задание , примерные вопросы:

примерные вопросы: как определяются в методах спуска а) направления б) шаги; найдите градиент заданной квадратичной функции двух переменных; перечислить основные геометрические свойства градиента функции; вывести формулу для шага метода наискорейшего спуска; для матрицы с равными собственными числами доказать, что метод наискорейшего спуска сходится за одну итерацию; привести примеры овражных функций

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

По данной дисциплине предусмотрено проведение экзамена. Примерные вопросы для экзамена - Основные принципы математического моделирования. Технологическая цепочка математического моделирования. Примеры математических моделей: задача двух тел небесной механики, динамики биологической популяции типа хищник-жертва; задачи баллистики. Простейшие формулы численного интегрирования и дифференцирования. Оценки точность и устойчивость простейших формул численного интегрирования и дифференцирования. Метод Эйлера решения задачи Коши для ОДУ. Методы второго порядка аппроксимации. Конструкция стандартных программ решения задачи Коши для систем ОДУ. Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений. LU разложение матрицы. LDL разложение симметричной матрицы. Итерационные методы решения СЛАУ. Примеры итерационных методов. Достаточные условия сходимости. Оптимизация итерационных методов для систем с симметричной матрицей. Эквивалентность СЛАУ задаче минимизации квадратичной функций. Метод наискорейшего спуска и его сходимость.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Даутов Р.З. Введение в теорию метода конечных элементов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Прикладная математика и информатика" и по направлению "Прикладная математика и информатика" / Р. З. Даутов , М. М. Карчевский. ?Изд. 2-е, испр..?Казань: Казанский университет, 2011.?237 с.: ил.; 21.?Библиогр.: с. 228-229 (25 назв.).?Предм. указ.: с. 234-237.?ISBN 978-5-98180-993-42.
2. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов: [Учебное пособие]. - Казань: Казанский университет. 2012. - 240 с. (с грифом УМО). [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=47325](http://kpfu.ru/publication?p_id=47325)
3. Даутов Р.З. Метод Галеркина с возмущениями для задач на собственные значения. [Учебное пособие]. - Казань, 2010. - 94 с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21045](http://kpfu.ru/publication?p_id=21045)
4. Даутов Р.З. Практикум по методам решения задачи Коши для систем ОДУ . Учебно-методическое пособие. - Казань, 2010. - 89 с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21046](http://kpfu.ru/publication?p_id=21046)
5. Ф. Г. Авхадиев Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013 [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05\\_039\\_000398.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf)

#### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах: учебное пособие / А. Б. Васильева [и др.]. ?Изд. 3-е, испр..?Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010.?429 с.: ил.; 22 .?(Учебники для вузов, Специальная литература).?По пред. изд..?Библиогр.: с. 428-429 (28 назв.).?ISBN 978-5-8114-0988-4((в пер.)), 1500.

2. Петров, Ю. П. Как получать надежные решения систем уравнений / Ю. П. Петров. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2009. ? 175 с.: ил. - ISBN 978-5-9775-0450-8. [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com)  
<http://znaniium.com/bookread.php?book=350744>

3. Кытманов, А. М. Интегральные представления и их приложения в многомерном комплексном анализе [Электронный ресурс] : монография/ А. М.Кытманов, С. Г. Мысливец. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. - 389 с. - ISBN 978-5-7638-1990-8.  
[www.znaniium.com](http://www.znaniium.com) <http://znaniium.com/go.php?id=441871>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>

Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>

Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>

Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Современные методы решения дифференциальных уравнений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Практические занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Даутов Р.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тимербаев М.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.