

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы

Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и
информатика»

Направленность подготовки «Прикладная математика и информатика»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Кострома

Рабочая программа дисциплины «Численные методы» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень подготовки бакалавриат), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 12 марта 2015 года № 228 (рег. 14 апреля 2015 г., № 36844). Год начала подготовки 2017.

Разработал:  Сухов Андрей Константинович, доцент, к.ф.-м.н., доцент
подпись

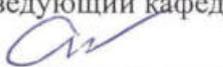
Рецензент:  Леготин Денис Леонидович, доцент, к.ф.-м.н., доцент
подпись

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий

Протокол заседания кафедры № 10 от 03.06.2017 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий

 Секованов Валерий Сергеевич, д.п.н, к.ф.-м.н., профессор КГУ

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий

Протокол заседания кафедры № 9 от 22.05.2018 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий

 Секованов Валерий Сергеевич, д.п.н, к.ф.-м.н., профессор КГУ

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: познакомить студентов с современными методами обработки приближенных чисел, численными методами решения обыкновенных и дифференциальных уравнений и их систем, численным дифференцированием и интегрированием.

Задачи дисциплины:

- научить грамотной постановке и анализу решений математических задач на компьютере;
- освоить работу с приближенными числами;
- научить оценивать точность проводимых вычислений;
- познакомить с применением численных методов при решении математических задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- этапы решения задачи на компьютере;
- источники погрешности при вычислениях;
- способы интерполяции и аппроксимации табличных функций;
- что такое конечные разности и квадратура;
- численное интегрирование дифференциальных уравнений и их систем;
- решение дифференциальных уравнений с помощью разностных сеток.

уметь:

- записывать приближенные числа;
- проводить оценку погрешности приближенных вычислений;
- находить корни уравнений и систем с заданной точностью;
- интерполировать и аппроксимировать полиномами;
- численно дифференцировать и интегрировать;
- вычислять численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

владеть:

- методами численного решения уравнений и систем уравнений.

освоить компетенции:

ОПК-1 – способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой;

ПК-1 – способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;

ПК-2 – способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Численные методы» относится к базовой части профессионального цикла. В структуре образования бакалавра по направлению «Прикладная математика и информатика» она закладывает теоретический и

практический фундамент вычислительной математики в целом. В последующем на её основе ведётся изучение дисциплин «Теория игр и исследование операций», «Методы оптимизации» и целого ряда дисциплин по выбору.

Для изучения дисциплины «Численные методы» необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами «Математический анализ», «Основы информатики», «Линейная алгебра».

4. Объем дисциплины «Численные методы»

4.1. Объем дисциплины в зачётных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	8
Общая трудоемкость в часах	288
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	128
Лекции	64
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	64
Контроль	36
Самостоятельная работа в часах	124
Форма промежуточной аттестации	Зачёт – 5 семестр Экзамен – 6 семестр

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	64
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	64
Консультации	5,2
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	-
Всего	133,8

5. Содержание дисциплины «Численные методы», структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Наименование темы	Всего з.е./час	Аудиторные занятия			Контроль	Самос.
			Лекции	Практ.	Лабор.		
1.	Этапы решения задач на компьютере. Математические модели	0,44/16	4	-	4	2	6

2.	Основы теории приближенных вычислений	0,56/20	4	-	8	2	8
3.	Решение уравнений с одним неизвестным	0,67/24	4	-	6	4	10
4.	Решение систем линейных уравнений	0,67/24	6	-	6	4	12
5.	Аппроксимация функций	0,72/26	6	-	6	4	12
6.	Подбор эмпирических формул	0,44/16	6	-	6	2	12
7.	Численное дифференцирование	0,56/20	4	-	6	2	10
8.	Численное интегрирование	0,67/24	6	-	6	4	12
9.	Метод Монте-Карло	0,61/22	4		4	4	10
10.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	0,67/24	6	-	6	4	12
11.	Решение задач математической физики	0,5/18	8	-	4	2	10
12.	Решение сеточных уравнений	0,5/18	6	-	2	2	10
	ИТОГО:	7/252	64	-	64	36	124

5.2. Содержание:

ТЕМА 1. Этапы решения задач на компьютере. Математические модели. Основные этапы решения задачи на компьютере. Понятие математической модели. Методы решения математических моделей. Общая характеристика численных методов. Корректность и устойчивость задачи. Источники погрешностей. Особенности машинной арифметики. Структура полной погрешности. Методы точные и приближенные.

ТЕМА 2. Основы теории приближенных вычислений. Основные понятия теории приближенных вычислений. Округление приближенных чисел. Строгий учет погрешностей при арифметических действиях и вычислении функций. Прямая и обратная задачи теории приближенных вычислений. Строгие методы учета погрешностей при решении задач. Правила подсчета верных цифр.

ТЕМА 3. Решение уравнений с одним неизвестным. Итерационные методы решения нелинейных уравнений с одним неизвестным. Метод половинного деления. Метод хорд. Метод Ньютона. Метод простой итерации.

ТЕМА 4. Решение систем линейных уравнений. Решение точное и приближенное, критерии близости. Плохо обусловленные системы. Методы прямые и итерационные. Вычисление определителей и обратных матриц. Метод прогонки. Проблема собственных значений. Метод простых итераций, достаточные условия сходимости итерационного процесса, оценка точности.

ТЕМА 5. Аппроксимация функций. Понятие о приближении функций. Таблично заданные функции, основные понятия. Критерии приближения функций.

Интерполяция, ее виды. Интерполяционный полином Лагранжа. Сплаины. Конечные разности. Интерполяционные формулы Ньютона.

ТЕМА 6. Подбор эмпирических формул. Характер экспериментальных данных. Критерии равномерного и среднеквадратичного приближения. Метод наименьших квадратов. Определение подходящей степени приближающего алгебраического полинома. Приближение тригонометрическими и экспоненциальными полиномами.

ТЕМА 7. Численное дифференцирование. Некорректность задачи численного дифференцирования. Разностные производные. Погрешность численного дифференцирования. Аппроксимация производных.

ТЕМА 8. Численное интегрирование. Постановка задачи численного интегрирования. Метод средних прямоугольников и метод трапеций. Метод Симпсона. Априорная и апостериорная оценки погрешности.

ТЕМА 9. Метод Монте-Карло. Метод статистических испытаний. Вычисление объемов многомерных тел и интегралов методом Монте-Карло. Оценка погрешности. Реализация на компьютере.

ТЕМА 10. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений, задача Коши. Метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Оценка точности. Многошаговые методы. Метод Адамса. Решение систем дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений высших порядков.

ТЕМА 10. Решений задач математической физики. Методы решения задач математической физики. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Дифференциальные уравнения с частными производными. Краевая задача, задача Коши, нестационарная краевая задача. Разностный метод.

ТЕМА 12. Решение сеточных уравнений. Основные понятия теории разностных схем. Разностные схемы для одномерных и многомерных уравнений. Принцип максимума. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Метод разделения переменных. Итерационные методы решения краевых задач.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Численные методы»

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Этапы решения задач на компьютере. Математические модели	Изучение теоретического материала	6	Используйте литературу [1], [2], [5]	Устный опрос
2	Основы теории	Изучение	8	Используйте	Индивидуальное

	приближенных вычислений	литературы, составление компьютерных программ		литературу [1], [2], [5]	собеседование, проверка домашних заданий
3	Решение уравнений с одним неизвестным	Изучение литературы, составление компьютерных программ, решение задач	10	Используйте литературу [1], [2], [3]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий, контрольная работа
4	Решение систем линейных уравнений	Изучение литературы, составление компьютерных программ	12	Используйте литературу [1], [3], [4]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий
5	Аппроксимация функций	Изучение литературы, разработка индивидуального проекта	12	Используйте литературу [1], [2], [5]	Индивидуальное собеседование, тестирование экспертной системы
6	Подбор эмпирических формул	Решение индивидуальных заданий	12	Используйте литературу [1], [2], [5]	Проверка
7	Численное дифференцирование	Решение индивидуальных заданий	10	Используйте литературу [1], [2], [5]	Проверка
8	Численное интегрирование	Решение индивидуальных заданий	12	Используйте литературу [1], [2], [3]	Проверка
9	Метод Монте-Карло	Решение индивидуальных заданий	10	Используйте литературу [1], [3], [4]	Проверка
10	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	Решение индивидуальных заданий	12	Используйте литературу [1], [2], [5]	Проверка
11	Решение задач математической физики	Изучение литературы и Интернет-источников	10	Используйте литературу [1], [2], [3]	Тестирование
12	Решение сеточных уравнений	Изучение литературы и Интернет-источников	10	Используйте литературу [1], [3], [4]	Тестирование

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

Лабораторные занятия 1–3. Теория приближенных вычислений.

Источники погрешностей. Полная погрешность решения задачи, ее структура. Погрешность, явная и неявная формы ее записи. Правила округления.

Лабораторные занятия 4–7. Оценка погрешности приближенных вычислений.

Строгий учет погрешностей при арифметических действиях. Строгий учет погрешностей при вычислении функций. Нестрогий учет погрешностей. Правила подсчета верных цифр при арифметических действиях и вычислении функций. Методы строгого учета погрешностей при решении задач

Лабораторные занятия 8-10. Вычисление действительных корней уравнений с одним неизвестным.

Отделение и уточнение корней. Метод дихотомии (половинного деления). Метод хорд, метод касательных.

Лабораторные занятия 11-14. Решение систем линейных уравнений.

Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений. Учет погрешности. Решение систем линейных уравнений методом простых итераций. Достаточное условие сходимости итераций.

Лабораторные занятия 15-18. Табличная обработка данных.

Интерполирование.

Интерполяция. Линейная интерполяция. Полином Лагранжа. Множители Лагранжа. Глобальная и локальная интерполяция. Сплайны. Конечные разности. Правильная таблица конечных разностей. Интерполяционные формулы Ньютона.

Лабораторные занятия 19-21. Среднеквадратичное приближение.

Метод наименьших квадратов для линейной и квадратичной приближающей функции. Степенная и показательная приближающие функции.

Лабораторные занятия 22-26. Численное дифференцирование и интегрирование.

Разностные производные. Оценка погрешности разностной производной. Оптимальный шаг дифференцирования. Дифференцирование табличной функции. Оценка точности дифференцирования. Формулы численного интегрирования: средних прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценка погрешности априорная и апостериорная.

Лабораторные занятия 27-29. Метод Монте-Карло.

Вычисление объемов многомерных тел и интегралов методом Монте-Карло. Оценка погрешности.

Лабораторные занятия 30-32. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Оценка точности решения с помощью двойного просчета. Многошаговые методы. Метод Адамса. Метод прогноза и коррекции.

Вопросы к зачету

№ 1. Теория приближенных вычислений.

1. Что называется значащими цифрами числа.
2. Определение абсолютной погрешности.
3. Что такое предельная абсолютная погрешность.
4. Определение относительной погрешности.
5. Что такое предельная относительная погрешность.
6. Правила записи приближенных чисел.
7. Правила округления приближенных чисел.
8. Правила округления погрешностей.
9. Что такое погрешность округления.
10. Что называется верными цифрами числа в строгом смысле.
11. Что называется верными цифрами числа в широком смысле.

№ 2. Оценка погрешности приближенных вычислений

- I. Как определяется погрешность при операциях с приближенными числами:
 1. Сложении.
 2. Вычитании.
 3. Умножении.
 4. Делении.
 5. Возведении в n-ую степень.
 6. Извлечении корня n-ой степени.
 7. Вычислении функции.
- II. Какие цифры результата считаются верными при операциях с приближенными числами:
 8. Сложении.
 9. Вычитании.
 10. Умножении.
 11. Делении.
 12. Возведении в n-ую степень.
 13. Извлечении корня n-ой степени.
 14. Вычислении функции
15. Методы учета погрешностей при решении задач

№ 3*. Вычисление действительных корней уравнений с одним неизвестным

1. Постановка задачи.
2. Что называется корнями уравнения.
3. Для чего нужен графический метод.
4. Что такое табуляция.
5. Правила выбора диапазона табуляции.
6. Правила выбора шага табуляции.
7. Алгоритм метода дихотомии. Условие завершения.
8. Алгоритм метода хорд. Условие завершения.
9. Алгоритм метода касательных. Условие завершения.

№ 3. Решение систем линейных уравнений

1. Постановка задачи.
2. Что называется точным решением системы линейных уравнений.
3. Что называется приближенным решением системы линейных уравнений.
4. Когда существуют корни.

5. Методы решения систем линейных уравнений.
6. Какие методы называются прямыми.
7. Алгоритм метода Гаусса.
8. Оценка погрешности решения прямых методов.
9. Итерационные методы.
10. Применимость итерационных методов.
11. Погрешность метода простых итераций.
12. Этапы решения метода простых итераций.

№ 4. Табличная обработка данных. Интерполирование

1. Постановка задачи.
2. Способы задания функций.
3. Табличное задание функций.
4. Определение интерполяции.
5. Виды интерполяции.
6. Полиномиальная интерполяция.
7. Определение коэффициентов интерполяционной функции.
8. Погрешность полиномиальной интерполяции.
9. Интерполяция сплайнами.
10. Метод конечных разностей.
11. Правильная таблица разностей.
12. Интерполяционные формулы Ньютона.

№ 5. Среднеквадратичное приближение.

1. Постановка задачи.
2. Равномерное приближение.
3. Среднеквадратичное приближение.
4. Среднеквадратичное уклонение.
5. Метод наименьших квадратов.

Для сдачи экзамена студент должен представить отчеты по всем расчетным работам текущего семестра и ответить на вопросы билета из приведённого ниже списка. Также на экзамене студент должен провести расчеты, аналогичным тем, за которые он отчитался (если таковые имеются). Все задания, предлагаемые на экзамене, строго индивидуальны.

Вопросы к экзамену

1. Основные этапы решения прикладных задач. Понятие математической модели. Примеры.
2. Методы решения математических моделей. Общая характеристика численных методов. Этапы решения задач с помощью компьютера.
3. Источники погрешностей. Полная погрешность решения задачи, ее структура. Методы точные и приближенные.
4. Корректность и устойчивость задачи. Примеры.
5. Основные понятия теории приближенных вычислений. Погрешность, явная и неявная формы ее записи. Правила округления.
6. Строгий учет погрешностей при арифметических действиях.
7. Строгий учет погрешностей при вычислении функций.
8. Нестрогий учет погрешностей. Правила подсчета верных цифр при арифметических действиях и вычислении функций.

9. Прямая и обратная задачи теории приближенных вычислений. Примеры.
10. Методы строгого учета погрешностей при решении задач.
11. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным. Постановка задачи. Отделение и уточнение корней. Метод половинного деления.
12. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным. Метод хорд, метод касательных.
13. Решение систем линейных уравнений. Постановка задачи. Приближенные решения. Критерии точности приближенного решения. Плохо обусловленные системы. Прямые и итерационные методы решения.
14. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений. Учет погрешности. Возможное падение точности и метод борьбы с ним. Сравнение метода Гаусса с методом простых итераций.
15. Решение систем линейных уравнений методом простых итераций. Достаточное условие сходимости итераций. Оценка точности (без доказательства). Сравнение метода простых итераций с точными методами.
16. Табличный способ задания функций, его достоинства и недостатки. Основные понятия. Прямая и обратная табличные задачи. Основная табличная задача. Критерии приближения функций. Виды приближения.
17. Интерполяция. Полином Лагранжа. Множители Лагранжа.
18. Глобальная и локальная интерполяция. Априорная оценка погрешности глобальной интерполяции. Недостатки глобальной интерполяции. Линейная интерполяция. Сплаины.
19. Конечные разности. Правильная таблица конечных разностей. Интерполяционные формулы Ньютона.
20. Среднеквадратичное приближение. Метод наименьших квадратов.
21. Задача численного дифференцирования. Симметрическая разностная производная, ее геометрический смысл. Оценка погрешности симметрической разностной производной. Оптимальный шаг дифференцирования.
22. Дифференцирование табличной функции. Оценка точности дифференцирования.
23. Задача численного интегрирования. Формула средних прямоугольников. Априорная оценка погрешности. Формула трапеций, ее оценка погрешности (без доказательства). Сравнение с формулой средних прямоугольников.
24. Численное интегрирование. Вывод формулы Симпсона. Оценка погрешности априорная и апостериорная. Метод двойного просчета.
25. Метод Монте-Карло. Метод статистических испытаний. Вычисление объемов многомерных тел и интегралов методом Монте-Карло. Оценка погрешности. Реализация на компьютере.
26. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Оценка точности решения с помощью двойного просчета.
27. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение дифференциальных уравнений высших порядков.
28. Многошаговые методы. Метод Адамса. Метод прогноза и коррекции.
29. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Аналитические, приближенные и численные методы. Метод стрельбы.
30. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Метод конечных разностей.

31. Дифференциальные уравнения с частными производными. Краевая задача, задача Коши, нестационарная краевая задача. Разностный метод.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Численные методы»

а) основная:

1. Лапчик, М. П. Численные методы : Учеб. пособие для студ. вузов / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер ; Под ред. М. П. Лапчика. - М. : Академия, 2004. - 384 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 381. - ISBN 5-7695-1339-X : 134.55.
2. Волков, Е. А. Численные методы : Учеб. пособие / Е. А. Волков. - 3-е изд., испр. - СПб.: М.: Краснодар : Лань, 2004. - 256 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 244. - Предм. указ.: с. 245-248. - ISBN 5-8114-0538-3 : 139.10.
3. Волков, Евгений Алексеевич. Численные методы : учеб. пособие / Волков, Евгений Алексеевич. - Изд. 5-е, стер. - СПб. : Лань, 2008. - 256 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 244. - Предм. указ.: с. 245-248. - ISBN 978-5-8114-0538-1 : 288.00.

б) дополнительная:

4. Вержбицкий, В. М. Основы численных методов : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Вержбицкий. - М. : Высш. шк., 2002. - 840 с. - Библиогр.: с. 820-828. - Предм. указ.: с. 829-838. - ISBN 5-06-004020-8 : 121.55.
5. Исаков, В. Н. Элементы численных методов : Учеб. пособие для студ. пед. высш. учеб. заведений / В. Н. Исаков. - М. : Академия, 2003. - 192 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 185-186. - Предм. указ.: с. 187-189. - ISBN 5-7695-0795-0 : 54.90.
6. Программа дисциплины "Численные методы" : спец. 010200 "Прикладная математика и информатика" / Костром. гос. ун-т ; сост. С. Б. Козырев. - Кострома : КГУ, 2004. - 7 с. - Библиогр.: с. 6. - 5.00.
7. Вержбицкий, В. М. Основы численных методов : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Вержбицкий. - Изд. 2-е, перераб. - М. : Высш. шк., 2005. - 840 с. - Библиогр.: с. 820-828. - Предм. указ.: с. 829-838. - ISBN 5-06-005493-4 : 469.00.
8. Турчак, Л. И. Основы численных методов : учеб. пособие для студ. вузов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 304 с. - Библиогр.: с. 290-292. - Предм. указ.: с. 293-300. - ISBN 5-9221-0153-6 : 171.33.
9. Самарский, А. А. Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский ; Москов. гос. ун-т. - 3-е изд., стер. - М. : Лань, 2005. - 288 с. -

(Классический университетский учебник) (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 281. - Предм. указ.: с. 284-286. - ISBN 5-8114-0602-9 : 158.13.

10. Заварыкин, В. М. Численные методы : [учеб. пособие для студентов физ.мат. спец. пед. ин-тов] : допущено Госкомитетом СССР по народ. образованию / В. М. Заварыкин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик. - М. : Просвещение, 1991. - 176 с. : ил. - Библиогр.: с. 173 (18 назв.). - ISBN 5-09-000599-0 : 0.80.
11. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. [Численные методы](#) Издатель: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 biblioclub.ru
12. Вержбицкий В. М. [Численные методы \(математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения\): учебное пособие](#) Издатель: Директ-Медиа, 2013 biblioclub.ru
13. Рашиков В. И. [Численные методы. Компьютерный практикум](#) Издатель: МИФИ, 2010 biblioclub.ru
14. Фомина А. В. [Лабораторные работы по курсу «Численные методы». Методические рекомендации для студентов дневного отделения физико-математического факультета](#) Издатель: Кузбасская государственная педагогическая академия, 2008 biblioclub.ru

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Библиотека КГУ <http://library.ksu.edu.ru/>
2. Национальный открытый университет ИНТУИТ (www.intuit.ru)

Электронные библиотечные системы:

3. ЭБС «Лань»
4. ЭБС «Университетская библиотека online»
5. ЭБС «Znanium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения занятий по дисциплине необходим компьютерный класс с проектором. Необходимое программное обеспечение:

- среда программирования;
- офисный пакет.