

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики и физики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Б1.Б.16

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

01.03.02 Прикладная математика и информатика

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Инженерия программного обеспечения

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.....	6
4.3 Лабораторные работы.....	9
4.4 Практические занятия.....	10
4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа.....	10
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	13
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ	15
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	55
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	56
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	56
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	57
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	62
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	63
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	64

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательской деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины – формирование представления о роли и месте вычислительной математики при постановке, выборе эффективных алгоритмов и интерпретации результатов решения задач в области проектирования и эксплуатации средств вычислительной техники.

Задачи дисциплины

- обучение теоретическим основам вычислительной математики;
- обучение приближенным методам решения практических задач;
- формирование и развитие умений и навыков, позволяющих применять современные математические методы и программное обеспечение для решения задач науки и техники.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	знать: - математические основы для построения приближенных методов решения задач из различных областей математики; уметь: - выбирать способы решения стандартных задач профессиональной деятельности; владеть: - навыками решения задач с использованием численных методов.
ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	знать: - понятия и базовые определения, проблемы вычислительной математики; уметь: - формализовать задачу; - выбирать метод для решения конкретных задач численного анализа; - применять программное обеспечение для реализации численных методов; владеть: - навыками приближенного решения уравнений и систем, интерполирования функций, численного интегрирования и дифференцирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.16 Численные методы относится к базовой части и является обязательной для изучения.

Дисциплина Численные методы базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: Математический анализ, Алгебра и геометрия, Дифференциальные уравнения, Основы информатики, Языки и методы программирования.

Основываясь на изучении указанных программ, дисциплина Численные методы представляет основу для изучения дисциплин Прикладные пакеты оптимизации, Практикум ЭВМ.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	144	85	34	34	17	23	кр	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	85	50	85
Лекции (Лк)	34	10	34
Лабораторные работы (ЛР)	34	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	6	17
Контрольная работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	23	-	23
Подготовка к лабораторным работам	8		8
Подготовка к практическим занятиям	4		4
Подготовка к экзамену в течение семестра	6		6
Выполнение контрольной работы	5		5
III. Промежуточная аттестация экзамен			
экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	144	-	144
	4	-	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоёмкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Погрешности приближенных вычислений	6	2	0	2	2
1.1.	Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок	2	1	-	-	1
1.2.	Оценка погрешностей приближенных вычислений	4	1	-	2	1
2.	Численные методы алгебры	42	14	15	5	8
2.1.	Метод половинного деления решения алгебраических и трансцендентных уравнений	4	1	-	2	1
2.2.	Метод хорд решения алгебраических и трансцендентных уравнений	5	2	2	-	1
2.3.	Метод касательных решения алгебраических и трансцендентных уравнений	6	2	3	-	1
2.4.	Метод простой итерации решения алгебраических и трансцендентных уравнений	6	2	2	1	1
2.5.	Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений	7	2	2	2	1
2.6.	Метод Зейделя решения систем линейных алгебраических уравнений	4	1	2	-	1
2.7.	Метод простой итерации решения систем нелинейных алгебраических уравнений	5	2	2	-	1
2.8.	Метод Ньютона-Раффсона решения систем нелинейных алгебраических уравнений	5	2	2	-	1
3.	Методы приближения функций	23	7	8	4	4
3.1.	Постановка задачи интерполирования функции	2	1	-	-	1
3.2.	Интерполяционный многочлен Лагранжа	7	2	2	2	1
3.3.	Интерполяционные многочлены Ньютона	9	2	4	2	1
3.4.	Интерполяция сплайнами	5	2	2	-	1

4.	Численное дифференцирование и интегрирование	21	6	7	2	6
4.1.	Численное дифференцирование	5	2	-	2	1
4.2.	Формула прямоугольников	7	2	3	-	2
4.3.	Формула трапеций и формула Симпсона	9	2	4	-	3
5.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем	16	5	4	4	3
5.1.	Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	5	2	2	-	1
5.2.	Метод Рунге-Кутты обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	5	2	2	-	1
5.3.	Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков	6	1	-	4	1
	ИТОГО	108	34	34	17	23

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Погрешности приближенных вычислений		
1.1.	Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок	Этапы решения прикладной задачи: физическая постановка задачи; поиск, выбор или модификация математической модели; разработка, выбор или модификация математического метода; составление алгоритма; разработка программного обеспечения; решение задачи и анализ результатов. Понятие о численных методах. Общая погрешность задачи. Устранимые и неустраняемые погрешности. Погрешность метода.	-
1.2.	Оценка погрешностей приближенных вычислений	Запись чисел в ЭВМ и ограничения точности вычислений. Абсолютная и относительная погрешности. Правильная запись и округление чисел. Значащие цифры. Оценка погрешностей арифметических действий и функций.	Лекция с текущим контролем (0,5 час.)
2.	Численные методы алгебры		
2.1.	Метод половинного деления решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Постановка задачи. Отделение корней уравнения, нахождение интервала изоляции корня. Первая теорема Больцано-Коши. Метод половинного деления (дихотомии): алгоритм, сходимость метода. Геометрический смысл. Пример приближенного решения уравнения с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	Лекция-беседа (1 час.)

2.2.	Метод хорд решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Постановка задачи. Условие существования и единственности корня уравнения. Геометрический смысл. Вывод расчетной формулы. Алгоритм и сходимость метода. Пример приближенного решения уравнения с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	-
2.3.	Метод касательных решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Постановка задачи. Условие существования и единственности корня уравнения. Геометрический смысл. Вывод расчетной формулы. Алгоритм и сходимость метода. Пример приближенного решения уравнения с заданной точностью. Комбинированный метод хорд и касательных. Преимущества и недостатки методов.	-
2.4.	Метод простой итерации решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Принцип сжимающих отображений. Постановка задачи. Алгоритм метода. Способы преобразования уравнения. Условие сходимости метода, вывод расчетной формулы. Геометрический смысл. Пример приближенного решения уравнения с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	-
2.5.	Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений	Общий вид системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), алгебраическая и матричная запись СЛАУ. Постановка задачи. Алгоритм метода. Условие сходимости метода, вывод расчетной формулы. Пример приближенного решения СЛАУ с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	Лекция-беседа (2 час.)
2.6.	Метод Зейделя решения систем линейных алгебраических уравнений	Постановка задачи. Алгоритм метода. Пример преобразования матрицы системы. Норма матрицы. Условие сходимости метода, вывод расчетной формулы. Пример приближенного решения СЛАУ с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	-
2.7.	Метод простой итерации решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Постановка задачи. Примеры преобразования уравнений системы. Алгоритм метода. Условие сходимости метода, вывод расчетных формул. Пример приближенного решения системы уравнений с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	-
2.8.	Метод Ньютона-Раффсона решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Постановка задачи. Алгоритм метода. Условие сходимости метода, вывод расчетных формул. Пример приближенного решения с заданной точностью. Преимущества и недостатки метода.	-
3.	Методы приближения функций		
3.1.	Постановка задачи интерполирования функции	Способы задания функции. Узловые точки. Понятие сеточной функции. Понятие аппроксимации, интерполяции и экстраполяции функции. Постановка задачи интерполирования. Геометрический смысл решения задачи интерполирования. О неединственном решении задачи.	Лекция-беседа (1 час.)
3.2.	Интерполяционный многочлен Лагранжа	Постановка задачи. Вывод формулы многочлена Лагранжа. Виды записи формулы многочлена. Единственность многочлена Лагранжа. Погрешность многочлена Лагранжа.	-
3.3.	Интерполяционные многочлены Ньютона	Конечные разности. Пример вычисления конечных разностей. Постановка задачи. Вывод формулы многочлена Ньютона «вперед». Пер-	Лекция с текущим контролем (0,5 час.)

		вая интерполяционная формула, ее погрешность. Многочлен Ньютона «назад». Вторая интерполяционная формула, ее погрешность. Линейная и параболическая аппроксимация функции. Примеры составления многочленов Ньютона.	
3.4.	Интерполяция сплайнами	Постановка задачи. Понятие сплайна. Линейный сплайн, геометрический смысл, пример построения линейного сплайна, недостатки линейного сплайна. Кубический сплайн, геометрический смысл. Вывод формулы кубического сплайна. Погрешность сплайна. Пример построения кубического сплайна.	-
4.	Численное дифференцирование и интегрирование		
4.1.	Численное дифференцирование	Понятие о численном дифференцировании. Аппроксимация производной в точке дискретно заданной функции для случая точки, не являющейся узлом, путем сглаживания функции интерполяционным многочленом. Вывод расчетной формулы. Некорректность процедуры численного дифференцирования и возможность использования на практике. Аппроксимация производной функции в точке, совпадающей с одним из узлов, с использованием ряда Тейлора. Вывод расчетных формул для нахождения односторонних и конечно-разностных производных. Определение порядка точности каждой формулы. Примеры вычисления производных.	-
4.2.	Формула прямоугольников	Понятие о численном интегрировании. Постановка задачи. Интегральная сумма Римана. Определенный интеграл Римана, геометрический смысл интеграла. Формула прямоугольников, виды формулы. Вывод погрешности формулы. Пример приближенного вычисления интеграла.	Лекция-беседа (2 час.)
4.3.	Формула трапеций и формула Симпсона	Постановка задачи. Аппроксимация подынтегральной функции линейной функцией. Вывод формулы трапеций. Геометрический смысл. Вывод погрешности формулы. Пример приближенного вычисления интеграла с помощью формулы трапеций. Аппроксимация подынтегральной функции квадратичной функцией. Вывод формулы Симпсона. Геометрический смысл. Вывод погрешности формулы. Пример приближенного вычисления интеграла с помощью формулы Симпсона.	-
5.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем		
5.1.	Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ) первого порядка. Начальное условие. Задача Коши для ОДУ первого порядка. Условие существования и единственности решения задачи Коши. Геометрический смысл решения задачи Коши. Вывод расчетных формул метода Эйлера. Геометрический смысл метода Эйлера, ломаная Эйлера. Погрешность метода Эйлера. Пример приближенного решения ОДУ первого порядка.	Лекция-беседа (2 час.)

5.2.	Метод Рунге-Кутты обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Постановка задачи. Вывод расчетных формул метода Рунге-Кутты. Погрешность метода Рунге-Кутты. Пример приближенного решения ОДУ первого порядка. Преимущества и недостатки метода.	-
5.3.	Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков	Общий вид нормальной системы ОДУ первого порядка. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Использование метода Эйлера и Рунге-Кутты для приближенного решения нормальной системы ОДУ первого порядка. ОДУ старших порядков. Пример приближенного решения системы ОДУ. Задача Коши для ОДУ старших порядков. Приведение ОДУ старших порядков к нормальной системе ОДУ первого порядка. Использование метода Эйлера и Рунге-Кутты для приближенного решения ОДУ старших порядков. Пример приближенного решения ОДУ второго порядка.	Лекция-беседа (1 час.)

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Решение уравнения методом хорд	2	Работа в парах (2 час.)
2		Решение уравнения методом касательных	3	Работа в парах (3 час.)
3		Решение уравнения методом простой итерации	2	Работа в парах (2 час.)
4		Решение системы линейных алгебраических уравнений методом простой итерации	2	Работа в парах (2 час.)
5		Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Зейделя	2	Работа в парах (2 час.)
6		Решение системы нелинейных уравнений методом простой итерации	2	Работа в парах (2 час.)
7		Решение системы нелинейных уравнений методом Ньютона-Раффсона	2	Работа в парах (2 час.)
8	3.	Интерполяционный многочлен Лагранжа	2	Работа в парах (2 час.)
9		Интерполяционные многочлены Ньютона	4	Работа в парах (4 час.)
10		Интерполирование сплайнами	2	Работа в парах (2 час.)
11	4.	Вычисление интеграла по формуле прямоугольников	3	Работа в парах (3 час.)
12		Вычисление интеграла по формуле трапеций и формуле Симпсона	4	Работа в парах (4 час.)
13	5.	Решение задачи Коши методом Эйлера	2	Работа в парах (2 час.)
14		Решение задачи Коши методом Рунге-Кутты	2	Работа в парах (2 час.)
ИТОГО			34	34

4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объем в часах	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	1.	Погрешности приближенных вычислений	2	Занятие-тренинг (2 час.)
2	2.	Метод половинного деления	2	-
3		Метод простой итерации решения уравнения	1	Обсуждение ситуаций (1 час.)
4		Решение систем линейных алгебраических уравнений	2	-
5	3.	Интерполяционный многочлен Лагранжа	2	Занятие-тренинг (1 час.)
6		Интерполяционные многочлены Ньютона	2	-
7	4.	Численное дифференцирование	2	-
8	5.	Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков	4	Занятие-тренинг (2 час.)
ИТОГО			17	6

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Контрольная работа выполняется как индивидуальное домашнее задание.

Контрольная работа «Численное интегрирование»

Цель работы. Формирование умений вычисления определенных интегралов и оценки погрешностей вычислений.

Содержание. 4 задания.

Вариант 1

Задание 1.

Вычислите интеграл $\int_0^{\pi/2} \cos(x^3) dx$ по формуле прямоугольников с точностью до $\varepsilon=0,05$.

Задание 2.

Найдите значение интеграла табличной функции на отрезке $[0, 1]$

x	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
y	1,003	0,992	0,936	0,744	0,488	0,004

по формуле трапеций. Определите точность полученного решения.

Задание 3.

Вычислите интеграл $\int_{-1}^1 (x + e^{2x}) dx$ по формуле Симпсона с разбиением отрезка интегрирования на 4 и 8 частей.

Задание 4.

Для интеграла из задания 3 определите погрешность интегрирования. Вычислите этот же интеграл по формуле Ньютона-Лейбница с максимально возможной точностью. Сравните полученные результаты.

Выдача задания, прием контрольных работ проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
Зачтено	Оценка «Зачтено» ставится при условии правильного выполнения всех заданий. Если задание выполнено неверно, студент должен исправить свои ошибки и снова сдать на проверку.
Не зачтено	Если не выполнено хотя бы одно из заданий, то студент получает оценку «Не зачтено» и не допускается к экзамену.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Компетенции</i> <i>№, наименование</i> <i>разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во</i> <i>часов</i>	<i>Компетенции</i>		Σ <i>комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид</i> <i>учебных</i> <i>занятий</i>	<i>Оценка</i> <i>результатов</i>
		<i>ОПК-1</i>	<i>ПК-2</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Погрешности приближенных вычислений	6	+	-	1	6	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
2. Численные методы алгебры	42	+	+	2	21	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
3. Методы приближения функций	23	+	+	2	11,5	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
4. Численное дифференцирование и интегрирование	21	-	+	1	21	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, кр
5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем	16	-	+	1	16	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
<i>всего часов</i>	108	38,5	69,5	2	54		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

а) Подготовка к лекционным и практическим занятиям

1. Бекирова, Р.С. Математика. Линейная алгебра: Методические указания для студентов инженерно-экономических специальностей/ Р.С. Бекирова, О.Г. Ларионова, О.И. Медведева. - Братск: БрГУ, 2005. – 83 с.

б) Самоподготовка и самопроверка

1. Мастяева, И. Н. Численные методы. Учебно-практическое пособие/ И.Н. Мастяева. - М.: Издательство МЭСИ, 2003. - 240 с. [Электронный ресурс]:

http://new.biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=90907

2. Мусакаев, Н.Г., Ефимова Н.В. Численные методы: Контрольно-измерительные материалы по курсу/ Н.Г. Мусакаев, Н.В. Ефимова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. - 36 с. [Электронный ресурс] : <http://window.edu.ru/resource/605/46605/files/tgngu88.pdf>

3. Численные методы: методические указания к выполнению лабораторных работ / Сост.: С.Б. Путин, С.А. Скворцов, С.И. Татаренко, А.А. Третьяков, В.Ю. Харченко. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. - 24 с. [Электронный ресурс]: <http://window.edu.ru/resource/149/64149/files/putin-a.pdf>

4. Калашников, А.Л. Численное дифференцирование и интегрирование: Учебно-методическая разработка/ А.Л. Калашникова, В.И. Фокина, А.М. Федоткин. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2006. - 45 с. [Электронный ресурс]: <http://window.edu.ru/resource/640/45640/files/unn067.pdf>

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 3-е изд., стереотип. - М. : Высшая школа, 2008. - 480 с.	Лк, ЛР, ПЗ,кр, СР	20	1
2.	Лапчик, М. П. Численные методы : учеб. пособие для вузов / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер. - 4-е изд., стереотип. - М. : Академия, 2008. - 384 с.	Лк, ЛР, ПЗ, кр, СР	10	0,5
3.	Соболева, О.Н. Введение в численные методы: учеб. пособие/ О.Н. Соболева.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011.- 64 с. [Электронный ресурс]: http://new.biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=229144	Лк, ЛР, ПЗ, СР	1 (ЭУ)	1
Дополнительная литература				
4.	Вержбицкий, В. М. Основы численных методов : учебник для вузов / В. М. Вержбицкий. - 2-е изд., перераб. - М. : Высшая школа, 2005. - 840 с.	Лк, СР	13	0,65
5.	Самарский, А. А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - 5-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2009. - 288 с.	Лк, ЛР, СР	6	0,3

6.	Турчак, Л. И. Основы численных методов : учебное пособие для вузов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2003. - 300 с.	<i>Лк, ЛР, ПЗ, кр, СР</i>	20	1
7.	Формалев, В. Ф. Численные методы : учеб. пособие для вузов / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 400 с.	<i>Лк, СР</i>	30	1
8.	Макарычев, П.П. Численные методы вычислительной математики: Методические указания к лабораторным работам / Сост. П.П. Макарычев, А.С. Бычков. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2003. - 46 с. [Электронный ресурс]: http://window.edu.ru/resource/958/74958	<i>ЛР, ПЗ, СР</i>	1 (ЭУ)	1
9.	Костомаров, Д. П. Вводные лекции по численным методам. Учебное пособие/ Д.П. Костомаров, А.П. Фаворский. -М.: Логос, 2006. - 184 с. [Электронный ресурс]: http://new.biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=89794	<i>Лк, СР</i>	1 (ЭУ)	1
10.	Фаддев М.А. Численные методы: Учебное пособие/ М.А. Фаддев, К.А. Марков. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 158 с. [Электронный ресурс]: http://window.edu.ru/resource/041/74041/files/NumMeth.pdf	<i>Лк, СР</i>	1 (ЭУ)	1
11.	Информатика. Численные методы и инженерные расчеты в EXCEL: Методические указания к выполнению лабораторных работ. - СПб.: СЗГТУ, 2001. - 72 с. [Электронный ресурс]: http://window.edu.ru/resource/178/25178/files/nwpi276.pdf	<i>ЛР, СР</i>	1 (ЭУ)	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Обучающийся должен разработать собственный режим равномерного освоения дисциплины. Подготовка студента к предстоящей лекции включает в себя ряд важных познавательно-практических этапов:

- чтение записей, сделанных в процессе слушания и конспектирования предыдущей лекции, вынесение на поля всего, что требуется при дальнейшей работе с конспектом и учебником;
- техническое оформление записей (подчеркивание, выделение главного, выводов, доказательств);
- выполнение практических заданий преподавателя;
- знакомство с материалом предстоящей лекции по учебнику и дополнительной литературе.

Активная работа на лекции, ее конспектирование, продуманная, целенаправленная, систематическая, а главное - добросовестная и глубоко осознанная последующая работа над конспектом - важное условие успешного обучения студентов.

Лабораторные работы и практические занятия по численным методам позволяют обучающемуся более глубоко разобраться в теоретическом материале и определить сферы его практического применения. Основная цель лабораторной работы и практического занятия – развитие самостоятельности. Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям состоит в добросовестном анализе теоретического материала, составлении кратких справочников, алгоритмов.

Контрольные мероприятия представляют собой способ проверки знаний обучающегося, его умений и предполагают самостоятельное выполнение практических заданий. Подготовка к контрольным мероприятиям состоит в ответственном выполнении всех домашних заданий по дисциплине и самостоятельной проработке основной и дополнительной литературы.

Продуктивной является самостоятельная работа в библиотеке, где доступны основные и дополнительные печатные и электронные источники.

При выполнении приведенных выше рекомендаций подготовка к экзамену сведется к повторению изученного и совершенствованию навыков применения теоретических положений и различных методов решения к стандартным и нестандартным заданиям.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

Лабораторная работа № 1. Решение уравнения методом хорд

Цель работы: научиться решать алгебраические и трансцендентные уравнения методом хорд и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить уравнение методом хорд с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Уравнение
1	$\ln x + (x + 1)^3 = 0$
2	$x \cdot 2^x = 1$
3	$\sqrt{x+1} = \frac{1}{x}$
4	$x - \cos x = 0$
5	$3x + \cos x + 1 = 0$

6	$x + \ln x = 0,5$
7	$2 - x = \ln x$
8	$2(x - 1)^2 = e^x$
9	$(2 - x) \cdot e^x = 0,5$
10	$2,2x - 2^x = 0$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Проверить условия сходимости метода.
3. Выполнить вычисления для разных точностей.
4. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
5. Оформить отчет.
6. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Проверка условий сходимости метода.
3. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
4. Геометрический смысл решения.
5. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
6. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

1. Решите уравнение $x^3 + 5x + 11 = 0$ методом хорд с точностью 0,001.
2. Решите уравнение $\sqrt{x^2 + x} = 2^x$ методом хорд с точностью 0,001.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекции 2.1, 2.2).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	отрезок		$f(a_i)$	$f(b_i)$	Приближение x_i$	|x_i - x_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	a_i	b_i					

4. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
5. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Для какой задачи используется метод хорд?
2. Что такое точный и приближенный корень уравнения?
3. Что такое итерация?

4. Что такое отрезок изоляции корня уравнения?
5. Как определить отрезок изоляции корня уравнения?
6. Сформулируйте условие существования и единственности корня уравнения.
7. Сформулируйте первую теорему Больцано-Коши и поясните ее геометрический смысл.
8. Как связана монотонность функции с единственностью корня уравнения?
9. Как связана выпуклость и вогнутость функции с единственностью корня уравнения?
10. Поясните геометрический смысл метода хорд.
11. Поясните построение последовательности приближений в методе хорд.
12. Поясните сходимость последовательности приближений.
13. Приведите расчетную формулу метода хорд.
14. Как задается условие остановки метода?
15. Что такое точность метода?
16. Закончите утверждение: Если точность метода хорд задать выше, то итераций потребуется ... (больше/меньше/такое же число).

Лабораторная работа № 2. Решение уравнения методом касательных

Цель работы: научиться решать алгебраические и трансцендентные уравнения методом касательных и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить уравнение методом касательных и комбинированным методом хорд и касательных с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Уравнение
1	$x^3 - 10x + 2 = 0$
2	$4x^3 + x - 11 = 0$
3	$x^3 + x + 4 = 0$
4	$2x^3 - 7x + 1 = 0$
5	$x^3 - 4x + 1 = 0$
6	$x^3 - 15x + 11 = 0$
7	$2x^3 + 5x - 17 = 0$
8	$x^3 + 5x - 14 = 0$
9	$x^3 + 3x - 11 = 0$
10	$3x^3 + 5x - 1 = 0$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Проверить условия сходимости метода.
3. Выполнить вычисления для разных точностей.
4. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
5. Оформить отчет.
6. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Проверка условий сходимости метода.
3. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
4. Геометрический смысл решения.

5. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
6. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

1. Решите уравнение $x^3 + 5x + 11 = 0$ методом касательных и комбинированным методом хорд и касательных с точностью 0,001.
2. Решите уравнение $\sqrt{x^2 + x} = 2^x$ методом касательных и комбинированным методом хорд и касательных с точностью 0,001.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекции 2.2, 2.3).
3. Индивидуальное задание может быть выдано по вариантам предыдущей лабораторной работы. Тогда обучающиеся смогут сравнить три метода решения уравнений.
4. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Метод касательных:

Номер итерации i	отрезок		c_i	$f(c_i)$	$f'(c_i)$	Приближение x_i$	|x_i - x_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	a_i	b_i						

Комбинированный метод хорд и касательных

Номер итерации i	отрезок		c_i	$f(a_i)$	$f(b_i)$	$f(c_i)$	$f'(c_i)$	Приближение по методу хорд $x_i^{(1)}$	Приближение по методу касательных $x_i^{(2)}$	$|x_i^{(1)} - x_i^{(2)}|$	$< \varepsilon$
	a_i	b_i									

5. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающимися учебным материалом и информационными технологиями.
6. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Для какой задачи используется метод касательных? Комбинированный метод хорд и касательных?
2. Что такое точный и приближенный корень уравнения?
3. Что такое итерация?
4. Что такое отрезок изоляции корня уравнения?
5. Как определить отрезок изоляции корня уравнения?
6. Сформулируйте условие существования и единственности корня уравнения.

7. Сформулируйте первую теорему Больцано-Коши и поясните ее геометрический смысл.
8. Как связана монотонность функции с единственностью корня уравнения?
9. Как связана выпуклость и вогнутость функции с единственностью корня уравнения?
10. Укажите условие выбора точки для построения касательной.
11. Поясните геометрический смысл метода касательных.
12. Поясните геометрический смысл метода хорд и касательных.
13. Поясните построение последовательности приближений в методе хорд.
14. Поясните построение последовательности приближений в комбинированном методе хорд и касательных.
15. Поясните сходимость последовательностей приближений.
16. Приведите расчетную формулу метода касательных.
17. Укажите расчетные формулы комбинированного метода.
18. Как задается условие остановки метода?
19. Что такое точность метода?
20. Закончите утверждение: Если точность метода задать выше, то итераций потребуется ... (больше/меньше/такое же число).
21. Сравните скорости сходимости методов.

Лабораторная работа № 3. Решение уравнения методом простой итерации

Цель работы: научиться решать алгебраические и трансцендентные уравнения методом простой итерации и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить уравнение методом простой итерации с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Уравнение
1	$x^3 - 10x + 2 = 0$
2	$4x^3 + x - 11 = 0$
3	$x^3 + x + 4 = 0$
4	$2x^3 - 7x + 1 = 0$
5	$x^3 - 4x + 1 = 0$
6	$x^3 - 15x + 11 = 0$
7	$2x^3 + 5x - 17 = 0$
8	$x^3 + 5x - 14 = 0$
9	$x^3 + 3x - 11 = 0$
10	$3x^3 + 5x - 1 = 0$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Привести уравнение к виду $x = \varphi(x)$.
3. Проверить условие сходимости метода.
4. Выполнить вычисления для разных точностей с разными начальными приближениями.
5. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
6. Оформить отчет.
7. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Приведение уравнения к виду $x = \phi(x)$.
3. Проверка условия сходимости метода.
4. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
5. Геометрический смысл решения.
6. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
7. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

1. Решите уравнение $3 \sin x - 4x + 5 = 0$ методом простой итерации с точностью 0,001.
2. Решите уравнение $x^3 + 5x + 11 = 0$ методом простой итерации с точностью 0,001.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекции 2.4).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	отрезок		$f(a_i)$	$f(b_i)$	Приближение x_i$	|x_i - x_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	a_i	b_i					

4. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
5. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.
Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Для какой задачи используется метод простой итерации?
2. Что такое точный и приближенный корень уравнения?
3. Что такое итерация?
4. Сформулируйте условие сходимости метода простой итерации.
5. Поясните геометрический смысл метода простой итерации в случае сходимости и расходимости метода.
6. Поясните построение последовательности приближений в методе простой итерации.
7. Поясните сходимость последовательности приближений.
8. Приведите расчетную формулу метода.
9. Как задается условие остановки метода?
10. Что такое точность метода?

Лабораторная работа № 4. Решение системы линейных алгебраических уравнений методом простой итерации

Цель работы: научиться решать системы линейных алгебраических уравнений и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить систему линейных алгебраических уравнений методом простой итерации с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Система уравнений	Вариант	Система уравнений
1	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$	6	$\begin{cases} 0,92x - 0,83y + 0,62z = 2,15 \\ 0,24x - 0,54y + 0,43z = 0,62 \\ 0,73x - 0,81y - 0,67z = 0,88 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 3,75x - 0,28y + 0,17z = 0,75 \\ 2,11x - 0,11y - 0,12z = 1,11 \\ 0,22x - 3,17y + 1,81z = 0,05 \end{cases}$	7	$\begin{cases} 1,24x - 0,87y - 3,17z = 0,46 \\ 2,11x - 0,45y - 1,44z = 0,50 \\ 0,48x + 1,25y - 0,63z = 0,35 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 0,21x - 0,18y + 0,75z = 0,11 \\ 0,13x + 0,75y - 0,11z = 2,00 \\ 3,01x - 0,33y + 0,11z = 0,13 \end{cases}$	8	$\begin{cases} 0,64x - 0,83y + 4,20z = 2,32 \\ 0,58x - 0,83y + 1,43z = 1,71 \\ 0,86x + 0,77y + 0,88z = -0,54 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 0,13x - 0,14y - 2,00z = 0,15 \\ 0,75x + 0,18y - 0,77z = 0,11 \\ 0,28x - 0,17y + 0,39z = 0,12 \end{cases}$	9	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 3,01x - 0,14y - 0,15z = 1,00 \\ 1,11x - 0,13y - 0,75z = 0,13 \\ 0,17x - 2,11y + 0,71z = 0,17 \end{cases}$	10	$\begin{cases} 0,73x + 1,24y - 0,38z = 0,58 \\ 1,25 + 0,66y - 0,78z = 0,66 \\ 0,75x + 1,22y - 0,83z = 0,92 \end{cases}$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Привести систему уравнений к виду $X = B \cdot X + C$.
3. Проверить условие сходимости метода.
4. Выполнить вычисления для разных точностей с разными начальными приближениями.
5. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
6. Оформить отчет.
7. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Приведение системы уравнений к виду $X = B \cdot X + C$.
3. Проверка условия сходимости метода.
4. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
5. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
6. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

Решите систему уравнений методом простой итерации с точностью 0,001.

$$\text{А) } \begin{cases} 0,62x - 0,44y - 0,86z = 0,68 \\ 0,83x + 0,42y - 0,56z = 1,24 \\ 0,58x - 0,37y - 0,62z = 0,87 \end{cases} \quad \text{Б) } \begin{cases} 0,46x + 1,72y + 2,53z = 2,44 \\ 1,53x - 2,32y - 1,83z = 2,83 \\ 0,75x + 0,86y + 3,72z = 1,06 \end{cases}$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.5).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	Приближение			$|x_i - x_{i-1}|$	$|y_i - y_{i-1}|$	$|z_i - z_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	x_i	y_i	z_i				

4. Задание может быть выдано по таким же вариантам, как в лабораторной работе №5 и практическом задании № 4 для сравнения точного и приближенных решений.
5. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающимися учебным материалом и информационными технологиями.
6. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Укажите общий вид системы линейных алгебраических уравнений в алгебраической и матричной форме.
2. Что является решением системы уравнений?
3. Для какой задачи используется метод простой итерации?
4. Сформулируйте условие сходимости метода.
5. Поясните построение последовательности приближений.
6. Поясните сходимость последовательности приближений.
7. Приведите расчетные формулы метода.
8. Как задается условие остановки метода?

Лабораторная работа № 5. Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Зейделя

Цель работы: научиться решать системы линейных алгебраических уравнений и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить систему линейных алгебраических уравнений методом Зейделя с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Система уравнений	Вариант	Система уравнений

1	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$	6	$\begin{cases} 0,92x - 0,83y + 0,62z = 2,15 \\ 0,24x - 0,54y + 0,43z = 0,62 \\ 0,73x - 0,81y - 0,67z = 0,88 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 3,75x - 0,28y + 0,17z = 0,75 \\ 2,11x - 0,11y - 0,12z = 1,11 \\ 0,22x - 3,17y + 1,81z = 0,05 \end{cases}$	7	$\begin{cases} 1,24x - 0,87y - 3,17z = 0,46 \\ 2,11x - 0,45y - 1,44z = 0,50 \\ 0,48x + 1,25y - 0,63z = 0,35 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 0,21x - 0,18y + 0,75z = 0,11 \\ 0,13x + 0,75y - 0,11z = 2,00 \\ 3,01x - 0,33y + 0,11z = 0,13 \end{cases}$	8	$\begin{cases} 0,64x - 0,83y + 4,20z = 2,32 \\ 0,58x - 0,83y + 1,43z = 1,71 \\ 0,86x + 0,77y + 0,88z = -0,54 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 0,13x - 0,14y - 2,00z = 0,15 \\ 0,75x + 0,18y - 0,77z = 0,11 \\ 0,28x - 0,17y + 0,39z = 0,12 \end{cases}$	9	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 3,01x - 0,14y - 0,15z = 1,00 \\ 1,11x - 0,13y - 0,75z = 0,13 \\ 0,17x - 2,11y + 0,71z = 0,17 \end{cases}$	10	$\begin{cases} 0,73x + 1,24y - 0,38z = 0,58 \\ 1,25 + 0,66y - 0,78z = 0,66 \\ 0,75x + 1,22y - 0,83z = 0,92 \end{cases}$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Привести матрицу системы уравнений к виду $A = L + D + R$.
3. Проверить условие сходимости метода.
4. Выполнить вычисления для разных точностей с разными начальными приближениями.
5. Сравнить результат с результатом решения системы методом простой итерации (ЛР № 4).
6. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
7. Оформить отчет.
8. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Приведение матрицы системы уравнений к виду $A = L + D + R$.
3. Проверка условия сходимости метода.
4. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
5. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
6. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

Решите систему уравнений методом Зейделя с точностью 0,001.

$$\text{А) } \begin{cases} 0,62x - 0,44y - 0,86z = 0,68 \\ 0,83x + 0,42y - 0,56z = 1,24 \\ 0,58x - 0,37y - 0,62z = 0,87 \end{cases}
 \quad
 \text{Б) } \begin{cases} 0,46x + 1,72y + 2,53z = 2,44 \\ 1,53x - 2,32y - 1,83z = 2,83 \\ 0,75x + 0,86y + 3,72z = 1,06 \end{cases}$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.6).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	Приближение			$|x_i - x_{i-1}|$	$|y_i - y_{i-1}|$	$|z_i - z_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	x_i	y_i	z_i				

4. Задание может быть выдано по таким же вариантам, как в лабораторной работе №4 и практическом задании №4 для сравнения точного и приближенных решений.
5. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
6. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Укажите общий вид системы линейных алгебраических уравнений в алгебраической и матричной форме.
2. Что является решением системы уравнений?
3. Для какой задачи используется метод Зейделя?
4. Укажите вид диагональной, верхней треугольной, нижней треугольной матрицы.
5. Что называется нормой матрицы?
6. Запишите формулу вычисления евклидовой нормы матрицы.
7. Сформулируйте условие сходимости метода.
8. Поясните построение последовательности приближений.
9. Поясните сходимость последовательности приближений.
10. Приведите расчетные формулы метода.
11. Как задается условие остановки метода?
12. Сравните скорость сходимости метода простой итерации и метода Зейделя.

Лабораторная работа № 6. Решение системы нелинейных уравнений методом простой итерации

Цель работы: научиться решать системы нелинейных уравнений и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить систему нелинейных уравнений методом простой итерации с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Система уравнений	Вариант	Система уравнений
1	$\begin{cases} \sin(x + 1) - y = 1,2 \\ 2x + \cos y = 2 \end{cases}$	6	$\begin{cases} \sin(x + 0,5) - y = 1 \\ x + \cos(y - 2) = 0 \end{cases}$

2	$\begin{cases} \cos(x-1) + y = 0,5 \\ x - \cos y = 3 \end{cases}$	7	$\begin{cases} \cos(x+0,5) + y = 0,8 \\ 2x - \sin y = -1,6 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 2y + \sin x = 2 \\ x + \cos(y-1) = 0,7 \end{cases}$	8	$\begin{cases} \sin(x-1) = 1,3 - y \\ x - \sin(y+1) = 0,8 \end{cases}$
4	$\begin{cases} y + \cos x = 1,5 \\ 2x - \cos(y-0,5) = 1 \end{cases}$	9	$\begin{cases} \cos(x+0,5) - y = 2 \\ \sin y = 1 + 2x \end{cases}$
5	$\begin{cases} \sin(x+1) - y = 1,2 \\ 2x + \cos y = 2 \end{cases}$	10	$\begin{cases} \sin(x+2) - y = 1,5 \\ x + \cos(y-2) = 0,5 \end{cases}$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Привести систему уравнений к виду $\begin{cases} x = F(x, y) \\ y = \Phi(x, y) \end{cases}$.
3. Проверить условие сходимости метода.
4. Выполнить вычисления для разных точностей с разными начальными приближениями.
5. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
6. Оформить отчет.
7. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Приведение системы уравнений к виду $\begin{cases} x = F(x, y) \\ y = \Phi(x, y) \end{cases}$.
3. Проверка условия сходимости метода.
4. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
5. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
6. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

Решите систему уравнений методом простой итерации с точностью 0,001.

$$\text{А) } \begin{cases} \sin(x-0,7) - y = 1,5 \\ 2x - 3 \cos y = 1,4 \end{cases} \quad \text{Б) } \begin{cases} x + \cos(y-1) - y = 0,5 \\ y - \cos x = 3 \end{cases}$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.7).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	Приближение		$|x_i - x_{i-1}|$	$|y_i - y_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	x_i	y_i			

- При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
- Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Укажите общий вид системы нелинейных уравнений.
- Что называется решением системы уравнений?
- Для какой задачи используется метод простой итерации?
- Сформулируйте условие сходимости метода.
- Поясните построение последовательности приближений.
- Поясните сходимость последовательности приближений.
- Поясните геометрический смысл метода.
- Приведите расчетные формулы метода.
- Как задается условие остановки метода?

Лабораторная работа № 7. Решение системы нелинейных уравнений методом Ньютона-Раффсона

Цель работы: научиться решать системы нелинейных уравнений и оценивать полученное решение.

Задание:

Решить систему нелинейных уравнений методом Ньютона-Раффсона с точностью 0,1, 0,01, 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Система уравнений	Вариант	Система уравнений
1	$\begin{cases} 0,6x + 7,5y + x^2 y = 0 \\ \cos y + 6x = 0 \end{cases}$	6	$\begin{cases} 1,4x - 3,8y + 2x^2 y = 0,7 \\ 3 \cos y - 4,5x = 5,7 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 2,4x - 5y + 3x^2 y = 0 \\ 2 \cos y + 3x = 0 \end{cases}$	7	$\begin{cases} 2x - 4y + 0,7x^2 y^2 = 2 \\ 4 \sin y - 4,5x = 9 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 3x + 2y - 5x^2 y = 3 \\ 2,9 \cos y + 11x = 1,4 \end{cases}$	8	$\begin{cases} 2x + 5y + 1,8x^2 y^2 = -5,2 \\ \sin y - 4,5x = 0 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 2x - 12y + 7x^2 y = 4 \\ 0,5 \sin y - 3x = 0 \end{cases}$	9	$\begin{cases} 2x - 2,5y - 1,5xy^2 = 3,4 \\ \sin y - 3x = 2,4 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 3x + 5y - 24x^2 y = 14 \\ 5 \sin y + 22x = 45 \end{cases}$	10	$\begin{cases} 1,4x + 0,7y - 4xy^2 = 4 \\ 2 \sin y - 3x = 2 \end{cases}$

Порядок выполнения:

- Ознакомиться с индивидуальным заданием.
- Проверить условие сходимости метода.
- Выполнить вычисления для разных точностей с разными начальными приближениями.
- Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
- Оформить отчет.

6. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Проверка условия сходимости метода.
3. Алгоритм решения, расчетные формулы метода.
4. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
5. Выводы о полученном решении.

Задания для самостоятельной работы:

Решите систему уравнений методом Ньютона-Раффсона с точностью 0,001.

$$\text{А) } \begin{cases} 2,8x - 3,4y + 2xy^2 = 5 \\ 1,7 \cos y - 5x = 0 \end{cases} \quad \text{Б) } \begin{cases} x - y + \ln z = 0,2 \\ x^2 + 4y^2 + 3z^2 = 4 \\ x^2 - z^2 = 0,4 \end{cases}$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.8).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер итерации i	Приближение		Значения функций	Значения частных производных		Поправки	$< \varepsilon$
	x_i	y_i		$f'_x(x_i, y_i)$	$f'_y(x_i, y_i)$		
			$f(x_i, y_i)$	$f'_x(x_i, y_i)$	$f'_y(x_i, y_i)$	h	
			$g(x_i, y_i)$	$g'_x(x_i, y_i)$	$g'_y(x_i, y_i)$	k	

4. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
5. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 5, 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Укажите общий вид системы нелинейных уравнений.
2. Что называется решением системы уравнений?
3. Для какой задачи используется метод Ньютона-Раффсона?
4. Сформулируйте условие сходимости метода.
5. Запишите формулу Тейлора.
6. Поясните построение последовательности приближений.
7. Поясните сходимость последовательности приближений.
8. Поясните смысл поправок.
9. Приведите расчетные формулы метода.
10. Как задается условие остановки метода?

Лабораторная работа № 8. Интерполяционный многочлен Лагранжа

Цель работы: научиться интерполировать и экстраполировать функцию с помощью многочлена Лагранжа.

Задание:

Даны значения некоторой функции. Построить интерполяционный многочлен Лагранжа. Найти приближенное значение функции в заданных точках. Построить график многочлена Лагранжа.

Варианты заданий:

Вариант 1

x_i	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7
y_i	2,54	3,45	5,42	7,02	8,77	6,21

Вариант 2

x_i	0,7	1,3	1,9	2,5	3,1	3,7
y_i	12,04	10,45	15,92	7,22	8,57	16,21

Вариант 3

x_i	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2
y_i	6,54	3,05	5,48	4,02	8,37	6,24

Вариант 4

x_i	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
y_i	8,54	3,95	3,42	10,02	8,74	6,41

Вариант 5

x_i	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
y_i	12,54	9,85	7,42	10,02	8,97	6,25

Вариант 6

x_i	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
y_i	2,94	6,45	7,32	8,32	8,77	4,21

Вариант 7

x_i	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
y_i	3,55	4,27	7,13	8,25	9,06	5,11

Вариант 8

x_i	0,3	1,0	1,7	2,4	3,1	3,8
y_i	1,18	2,14	3,53	4,29	4,11	2,45

Вариант 9

x_i	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
y_i	2,59	3,33	3,68	4,15	3,70	3,55

Вариант 10

x_i	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

y_i	0,49	1,25	2,90	1,73	1,56	2,03
-------	------	------	------	------	------	------

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Построить схему для составления многочлена Лагранжа.
3. Построить многочлен Лагранжа.
4. Построить график многочлена Лагранжа.
5. Выполнить интерполирование функции для двух значений (выбрать самостоятельно).
6. Выполнить экстраполирование функций для двух значений (выбрать самостоятельно).
7. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
8. Оформить отчет.
9. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Распечатки экрана с результатами работы программы согласно заданию.
4. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

Составить многочлен Лагранжа для данной функции. Найти приближенные значения функции в точках внутри и вне промежутка.

А)

x_i	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2
y_i	3,15	3,07	3,63	4,25	4,08

Б)

x_i	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
y_i	7,11	5,13	8,14	4,09	6,25	7,29	6,79

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 3, лекция 3.1, 3.2).
3. Вычисления рекомендуется оформлять с помощью схемы:

Значения функции:

x	x_1	x_2	x_3	...
y	y_1	y_2	y_3	...

Введите x	x
Приближенное значение функции $f(x)$	$\Sigma \cdot \varphi(x)$

Приближенные значения функции					

$x - x_1$	$x_1 - x_2$	$x_1 - x_3$	$x_1 - x_4$...	ΠI	$\frac{y_1}{\Pi I}$
-----------	-------------	-------------	-------------	-----	---------	---------------------

$x_2 - x_1$	$x - x_2$	$x_2 - x_3$	$x_2 - x_4$	...	П2	$\frac{y_2}{П1}$
$x_3 - x_1$	$x_3 - x_2$	$x - x_3$	$x_3 - x_4$	...	П3	$\frac{y_3}{П1}$
$x_4 - x_1$	$x_4 - x_2$	$x_4 - x_3$	$x - x_4$	...	П4	$\frac{y_4}{П1}$
...
$\varphi(x)$						Σ

- При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
- Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Дайте определение интерполяции.
- Дайте определение экстраполяции.
- Какая функция называется сеточной?
- Сформулируйте задачу интерполирования.
- Геометрический смысл решения задачи интерполирования.
- Является ли решение задачи интерполирования функции единственным? Ответ поясните.
- Запишите формулу многочлена Лагранжа.
- Поясните смысл отдельного слагаемого в формуле многочлена Лагранжа.
- Как оценить погрешность многочлена Лагранжа?
- Является ли многочлен Лагранжа единственным? Ответ поясните.

Лабораторная работа № 9. Интерполяционные многочлены Ньютона

Цель работы: научиться интерполировать и экстраполировать функцию с помощью многочленов Ньютона.

Задание:

Даны значения некоторой функции. Построить интерполяционные многочлены Ньютона разных порядков. Найти приближенное значение функции в заданных точках и оценить погрешности. Построить графики многочленов Ньютона.

Варианты заданий:

Вариант 1

x_i	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7
y_i	2,54	3,45	5,42	7,02	8,77	6,21

Вариант 2

x_i	0,7	1,3	1,9	2,5	3,1	3,7
y_i	12,04	10,45	15,92	7,22	8,57	16,21

Вариант 3

x_i	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2
y_i	6,54	3,05	5,48	4,02	8,37	6,24

Вариант 4

x_i	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
y_i	8,54	3,95	3,42	10,02	8,74	6,41

Вариант 5

x_i	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
y_i	12,54	9,85	7,42	10,02	8,97	6,25

Вариант 6

x_i	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
y_i	2,94	6,45	7,32	8,32	8,77	4,21

Вариант 7

x_i	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
y_i	3,55	4,27	7,13	8,25	9,06	5,11

Вариант 8

x_i	0,3	1,0	1,7	2,4	3,1	3,8
y_i	1,18	2,14	3,53	4,29	4,11	2,45

Вариант 9

x_i	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
y_i	2,59	3,33	3,68	4,15	3,70	3,55

Вариант 10

x_i	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8
y_i	0,49	1,25	2,90	1,73	1,56	2,03

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Построить таблицу конечных разностей на данном отрезке.
3. Построить многочлены Ньютона «вперед» и «назад» разных порядков.
4. Построить графики многочленов Ньютона.
5. Выполнить интерполирование функции для двух значений (выбрать самостоятельно).
6. Выполнить экстраполирование функций для двух значений (выбрать самостоятельно).
7. Оценить погрешности найденных значений.
8. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
9. Оформить отчет.
10. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.

- Используемые формулы.
- Распечатки экрана с результатами работы программы согласно заданию.
- Выводы о наилучшем приближении.

Задания для самостоятельной работы:

А) Составить многочлен Ньютона «вперед» третьего порядка и многочлен «назад» четвертого порядка для данной функции. Найти приближенные значения функции в точках внутри и вне промежутка. Сравнить полученные значения.

x_i	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2
y_i	3,15	3,07	3,63	4,25	4,08

Б) Составить многочлен Ньютона «вперед» шестого порядка и многочлен «назад» четвертого порядка для данной функции. Найти приближенные значения функции в точках внутри и вне промежутка. Сравнить полученные значения.

x_i	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
y_i	7,11	5,13	8,14	4,09	6,25	7,29	6,79

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

- Лабораторная работа выполняется в парах.
- Повторить теоретический материал (раздел 3, лекция 3.1, 3.3).
- Задания могут быть выданы по вариантам лабораторной работы № 8 для сравнения результатов.
- Вычисления рекомендуется оформлять с помощью схемы:

Значения функции:

x	x_0	x_1	x_2	...
y	y_0	y_1	y_2	...

Таблица конечных разностей:

i	x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	...
0					
1					
2					
...					

Многочлены Ньютона «вперед»:

	Точка x				
Многочлен 1 порядка	Приближенное значение функции				
	Оценка погрешности				
Многочлен 2 порядка	Приближенное значение функции				
	Оценка погрешности				
...	...				
	...				

Многочлены Ньютона «назад»:

	Точка x				
Многочлен 1 порядка	Приближенное значение функции				
	Оценка погрешности				

	ности				
Многочлен 2 порядка	Приближенное значение функ- ции				
	Оценка погреш- ности				
...	...				
	...				

- При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающимися учебным материалом и информационными технологиями.
- Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Дайте определение интерполяции.
- Дайте определение экстраполяции.
- Какая функция называется сеточной?
- Сформулируйте задачу интерполирования.
- Геометрический смысл решения задачи интерполирования.
- Является ли решение задачи интерполирования функции единственным? Ответ поясните.
- Запишите формулу конечных разностей первого порядка, второго порядка и т.д.
- Запишите формулу многочлена Ньютона «вперед».
- Запишите формулу многочлена Ньютона «назад».
- Для каких задач используется многочлен Ньютона «вперед»?
- Для каких задач используется многочлен Ньютона «назад»?
- Как оценить погрешность многочлена Ньютона «вперед»?
- Как оценить погрешность многочлена Ньютона «назад»?
- Является ли многочлен Ньютона единственным? Ответ поясните.
- Как связаны многочлен Лагранжа и многочлен Ньютона?

Лабораторная работа № 10. Интерполирование сплайнами

Цель работы: научиться интерполировать и экстраполировать функцию с помощью сплайнов.

Задание:

Даны значения некоторой функции. Построить кубический сплайн. Найти приближенные значения функции в заданных точках. Построить график кубического сплайна.

Варианты заданий:

Вариант 1

x_i	0,2	0,5	0,8	1,1
y_i	2,54	3,45	5,42	7,02

Вариант 2

x_i	0,7	1,3	1,9	2,5
y_i	12,04	10,45	15,92	7,22

Вариант 3

x_i	0,2	0,6	1,0	1,4
y_i	6,54	3,05	5,48	4,02

Вариант 4

x_i	0,4	0,6	0,8	1,0
y_i	8,54	3,95	3,42	10,02

Вариант 5

x_i	1,2	1,5	1,8	2,1
y_i	12,54	9,85	7,42	10,02

Вариант 6

x_i	3,2	3,5	3,8	4,1
y_i	2,94	6,45	7,32	8,32

Вариант 7

x_i	0,5	0,7	0,9	1,1
y_i	3,55	4,27	7,13	8,25

Вариант 8

x_i	0,3	1,0	1,7	2,4
y_i	1,18	2,14	3,53	4,29

Вариант 9

x_i	0,4	0,8	1,2	1,6
y_i	2,59	3,33	3,68	4,15

Вариант 10

x_i	1,3	1,8	2,3	2,8
y_i	0,49	1,25	2,90	1,73

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Построить систему уравнений для нахождения коэффициентов сплайна.
3. Решить систему уравнений, найти значения всех коэффициентов.
4. Построить кубический сплайн.
5. Построить график сплайна.
6. Выполнить интерполирование функции для двух значений (выбрать самостоятельно).
7. Выполнить экстраполирование функций для двух значений (выбрать самостоятельно).
8. Оценить погрешности вычислений.
9. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
10. Оформить отчет.
11. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Распечатки экрана с результатами работы программы согласно заданию.
4. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

А) Составить кубический сплайн. Найти приближенные значения функции в точках внутри и вне промежутка.

x_i	0,6	1,0	1,4	1,8
y_i	3,15	3,07	3,63	4,25

Б) Составить кубический сплайн. Найти приближенные значения функции в точках внутри и вне промежутка.

x_i	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
y_i	7,11	5,13	8,14	4,09	6,25

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 3, лекция 3.4).
3. При решении системы уравнений для нахождения коэффициентов можно использовать любой метод.
4. Вычисления рекомендуется оформлять с помощью схемы:

Значения функции:

x	x_1	x_2	...
y	y_1	y_2	...

Кубический сплайн:

$$S(x) = \begin{cases} S_1(x) & x_1 \leq x \leq x_2 \\ S_2(x) & x_2 \leq x \leq x_3 \\ S_3(x) & x_3 \leq x \leq x_4 \end{cases}$$

Точка x				
Приближенное значение функции $f(x)$				
Погрешность				

5. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
6. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение сплайна.
2. Для каких задач используется сплайн?
3. В чем отличие сплайна от интерполяционных многочленов?
4. Какой вид имеет простейший сплайн?

5. Какой вид имеет график линейного сплайна? Кубического сплайна?
6. Запишите формулу кубического сплайна.
7. Как оценить погрешность кубического сплайна?
8. Является ли кубический сплайн единственным? Ответ поясните.

Лабораторная работа № 11. Вычисление интеграла по формуле прямоугольников

Цель работы: научиться находить приближенное значение определенных интегралов и оценивать погрешность результата.

Задание:

Вычислить значение интеграла по формуле прямоугольников, разбив отрезок интегрирования на 5 и 10 одинаковых и разных по длине частей, выбрав в качестве точек c_i а) левые границы; б) правые границы; в) произвольные точки. Оценить погрешности вычислений.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$\int_{1,2}^2 \frac{\lg(x+2)}{x} dx$	6	$\int_{0,8}^{1,2} \frac{\sin(2x)}{x^2} dx$
2	$\int_{0,2}^1 \frac{t g(x^2)}{x^2+1} dx$	7	$\int_{0,8}^{1,6} \frac{\lg(x^2+1)}{x} dx$
3	$\int_{1,6}^{2,4} (x+1) \sin x dx$	8	$\int_{0,4}^{1,2} \frac{\cos x}{x+2} dx$
4	$\int_{0,6}^{1,4} \frac{\cos x}{x+1} dx$	9	$\int_{0,4}^{1,2} (2x+0,5) \sin x dx$
5	$\int_{0,4}^{1,2} \sqrt{x} \cdot \cos(x^2) dx$	10	$\int_{0,4}^{0,8} \frac{t g(x^2+0,5)}{1+2x^2} dx$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Вычислить интеграл разными способами.
3. Оценить погрешности вычислений.
4. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
5. Оформить отчет.
6. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
4. Оценка погрешности результатов.
5. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

Вычислить значение интеграла по формуле прямоугольников, разбив отрезок интегрирования на 6 и 12 частей, выбрав точки c_i произвольно. В каждом случае оценить погрешности вычислений.

$$A) \int_{0,1}^{0,4} \frac{\sin(x^2 + 0,2)}{1 + x^2} dx \quad B) \int_1^{1,3} e^{1-4x^2} dx$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 4, лекция 4.1).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер отрезка i	отрезок		c_i	$f(c_i)$	Δx_i	$f(c_i) \cdot \Delta x_i$
	x_i	x_{i+1}				

5. Для выполнения оценки погрешности необходимо вычислить производную определенного порядка и ее максимальное значение. Этот пункт может быть выполнен вручную или с использованием информационных технологий.
6. Результаты вычислений в разных способах не должны существенно различаться.
7. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
8. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Интегральная сумма.
2. Определение определенного интеграла.
3. Геометрический смысл интегральной суммы.
4. Геометрический смысл определенного интеграла.
5. Запишите формулу прямоугольников.
6. Какой вид аппроксимации подынтегральной функции используется в формуле прямоугольников?
7. Как оценить погрешность формулы прямоугольников?
8. Геометрический смысл формулы прямоугольников.
9. Что называется порядком точности формулы (метода)?
10. Какой порядок точности имеет формула прямоугольников?
11. Как связана погрешность формулы с числом частей разбиения отрезка?

Лабораторная работа № 12. Вычисление интеграла по формуле трапеций и формуле Симпсона

Цель работы: научиться находить приближенное значение определенных интегралов и оценивать погрешность результата.

Задание:

1. Вычислить значение интеграла по формуле трапеций, разбив отрезок интегрирования на 6 и 12 одинаковых по длине частей. Оценить погрешности вычислений.
2. Вычислить значение интеграла по формуле Симпсона, разбив отрезок интегрирования на 6 и 12 одинаковых по длине частей. Оценить погрешности вычислений.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$\int_{1,2}^2 \frac{\lg(x+2)}{x} dx$	6	$\int_{0,8}^{1,2} \frac{\sin(2x)}{x^2} dx$
2	$\int_{0,2}^1 \frac{t g(x^2)}{x^2+1} dx$	7	$\int_{0,8}^{1,6} \frac{\lg(x^2+1)}{x} dx$
3	$\int_{1,6}^{2,4} (x+1) \sin x dx$	8	$\int_{0,4}^{1,2} \frac{\cos x}{x+2} dx$
4	$\int_{0,6}^{1,4} \frac{\cos x}{x+1} dx$	9	$\int_{0,4}^{12} (2x+0,5) \sin x dx$
5	$\int_{0,4}^{1,2} \sqrt{x} \cdot \cos(x^2) dx$	10	$\int_{0,4}^{0,8} \frac{t g(x^2+0,5)}{1+2x^2} dx$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Вычислить интеграл по формуле трапеций двумя способами.
3. Оценить погрешности вычислений.
4. Вычислить интеграл по формуле Симпсона двумя способами.
5. Оценить погрешности вычислений.
6. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
7. Оформить отчет.
8. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
4. Оценка погрешности результатов.
5. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

Вычислить значение интеграла по формуле трапеций и Симпсона, разбив отрезок на 6 и 12 равных частей. В каждом случае оценить погрешности вычислений.

А) $\int_{0,1}^{0,4} \frac{\sin(x^2+0,2)}{1+x^2} dx$ Б) $\int_1^{1,3} e^{1-4x^2} dx$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 4, лекция 4.2).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер точки i	x_i	$f(x_i)$
Результат		

5. Задание может быть выдано по вариантам лабораторной работы № 11 для сравнения результатов.
6. Для выполнения оценки погрешности необходимо вычислить производную определенного порядка и ее максимальное значение. Этот пункт может быть выполнен вручную или с использованием информационных технологий.
7. Результаты вычислений в разных способах не должны существенно различаться.
8. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающимися учебным материалом и информационными технологиями.
9. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Интегральная сумма.
2. Определение определенного интеграла.
3. Геометрический смысл интегральной суммы.
4. Геометрический смысл определенного интеграла.
5. Формула трапеций.
6. Какой вид аппроксимации подынтегральной функции используется в формуле трапеций?
7. Как оценить погрешность формулы трапеций?
8. Геометрический смысл формулы трапеций.
9. Формула Симпсона.
10. Какой вид аппроксимации подынтегральной функции используется в формуле трапеций?
11. Как оценить погрешность формулы Симпсона?
12. Геометрический смысл формулы Симпсона.
13. Что называется порядком точности формулы (метода)?
14. Какой порядок точности имеет формула трапеций?
15. Какой порядок точности имеет формула Симпсона?
16. Как связана погрешность формулы с числом частей разбиения отрезка?

Лабораторная работа № 13. Решение задачи Коши методом Эйлера

Цель работы: научиться находить приближенное значение задачи Коши и оценивать погрешность результата.

Задание:

Решить задачу Коши для ОДУ первого порядка методом Эйлера на отрезке $[0;1]$ с точностью 0,01.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$y' = 1 + 0,2 y \cdot \sin x - y^2$ $y(0) = 0$	6	$y' = \frac{\cos y}{x + 2} + 0,3 y^2$ $y(0) = 0$
2	$y' = \cos(x + y) + 0,5(x - y)$ $y(0) = 0$	7	$y' = \cos(1,5x + y) + x - y$ $y(0) = 0$

3	$y' = \frac{\cos x}{x+1} - 0,5 y^2$ $y(0) = 0$	8	$y' = 1 - \sin(x+y) + \frac{0,5y}{x+2}$ $y(0) = 0$
4	$y' = (1 - y^2) \cdot \cos x + 0,6 y$ $y(0) = 0$	9	$y' = \frac{\cos y}{1,5 + x} + 0,1 y^2$ $y(0) = 0$
5	$y' = 1 + 0,4 y \cdot \sin x - 1,5 y^2$ $y(0) = 0$	10	$y' = 0,6 \sin x - 1,25 y^2 + 1$ $y(0) = 0$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Найти решение, разбив отрезок на 10 равных частей.
3. Найти решение, увеличив количество частей в два раза.
4. Проверить, достигнута ли заданная точность вычислений.
5. Если точность не достигнута, то продолжить решение, увеличив количество частей в два раза и так далее до достижения заданной точности на всем отрезке.
6. Построить ломаную Эйлера.
7. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
8. Оформить отчет.
9. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
4. График ломаной Эйлера.
5. Оценка погрешности результатов.
6. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

Решить задачу Коши для ОДУ первого порядка методом Эйлера на отрезке $[0;1]$ с точностью 0,01.

А) $y' = 4x + 0,05 y^3 \cdot \sin x$ Б) $2y \cdot e^{-3x} + y' = x + yx$
 $y(0) = 0,2$ $y(0) = -1,32$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 5, лекция 5.1).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер точки i	x_i	y_i	$h \cdot f(x_i, y_i)$

4. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающимися учебным материалом и информационными технологиями.
5. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Общий вид ОДУ первого порядка.
2. Постановка задачи Коши для ОДУ первого порядка.
3. Укажите точные способы решения ОДУ первого порядка.
4. В каком виде будет получено приближенное решение задачи Коши для ОДУ первого порядка?
5. Приведите расчетную формулу метода.
6. Какая формула численного интегрирования используется в методе Эйлера?
7. Как оценить погрешность численного решения задачи Коши?
8. Геометрический смысл решения ОДУ.
9. Геометрический смысл метода Эйлера.

Лабораторная работа № 14. Решение задачи Коши методом Рунге-Кутта

Цель работы: научиться находить приближенное значение задачи Коши и оценивать погрешность результата.

Задание:

Решить задачу Коши для ОДУ первого порядка методом Рунге-Кутта на отрезке $[0;1]$ с точностью 0,01.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$y' = 1 + 0,2 y \cdot \sin x - y^2$ $y(0) = 0$	6	$y' = \frac{\cos y}{x+2} + 0,3 y^2$ $y(0) = 0$
2	$y' = \cos(x+y) + 0,5(x-y)$ $y(0) = 0$	7	$y' = \cos(1,5x+y) + x - y$ $y(0) = 0$
3	$y' = \frac{\cos x}{x+1} - 0,5 y^2$ $y(0) = 0$	8	$y' = 1 - \sin(x+y) + \frac{0,5y}{x+2}$ $y(0) = 0$
4	$y' = (1 - y^2) \cdot \cos x + 0,6 y$ $y(0) = 0$	9	$y' = \frac{\cos y}{1,5+x} + 0,1 y^2$ $y(0) = 0$
5	$y' = 1 + 0,4 y \cdot \sin x - 1,5 y^2$ $y(0) = 0$	10	$y' = 0,6 \sin x - 1,25 y^2 + 1$ $y(0) = 0$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Найти решение, разбив отрезок на 10 равных частей.
3. Найти решение, увеличив количество частей в два раза.
4. Проверить, достигнута ли заданная точность вычислений.
5. Если точность не достигнута, то продолжить решение, увеличив количество частей в два раза и так далее до достижения заданной точности на всем отрезке.
6. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу на компьютере.
7. Оформить отчет.

8. Защитить лабораторную работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, оформить отчет, защитить лабораторную работу.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Используемые формулы.
3. Приближенные вычисления с фиксированием результата.
4. Оценка погрешности результатов.
5. Выводы о полученных результатах.

Задания для самостоятельной работы:

Решить задачу Коши для ОДУ первого порядка методом Рунге-Кутты на отрезке $[0;1]$ с точностью 0,01.

А) $y' = 4x + 0,05 y^3 \cdot \sin x$ Б) $2y \cdot e^{-3x} + y' = x + yx$
 $y(0) = 0,2$ $y(0) = -1,32$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

1. Лабораторная работа выполняется в парах.
2. Повторить теоретический материал (раздел 5, лекция 5.2).
3. Вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер точки i	x_i	y_i	k_1	k_2	k_3	k_4

4. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения и владение обучающихся учебным материалом и информационными технологиями.
5. Защита лабораторной работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8, 11.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Общий вид ОДУ первого порядка.
2. Постановка задачи Коши для ОДУ первого порядка.
3. Укажите точные способы решения ОДУ первого порядка.
4. В каком виде будет получено приближенное решение задачи Коши для ОДУ первого порядка?
5. Приведите расчетную формулу метода Рунге-Кутты.
6. Какая формула численного интегрирования используется в методе Рунге-Кутты?
7. Как оценить погрешность численного решения задачи Коши?
8. В чем различие методов Эйлера и Рунге-Кутты?

Практическое занятие № 1. Погрешности приближенных вычислений

Цель работы: научиться работать с приближенными значениями и получить навыки нахождения погрешностей при выполнении приближенных вычислений.

Задание:

Индивидуальное задание. Вариант 1.

Задача 1

Дано: $A=1,456$, $B=6,340$, $C=-0,008960$.

1. Для чисел A и C укажите количество значащих цифр и выделите их подчеркиванием.
2. Выполните округление чисел A , B , C до второго знака после запятой.
3. Для функции $f(x, y) = x + N \cdot y$, где N – номер варианта, найдите значение $f(A, B)$ и относительную погрешность.

Задача 2

1. Определить, какое равенство точнее: $\sqrt{44} = 6,63$ или $\frac{19}{41} = 0,463$?

2. Округлить сомнительные цифры числа, оставив верные знаки:

- а) $22,553(\pm 0,16)$ в строгом смысле;
- б) $2,8546$, $\delta=0,3\%$ в широком смысле.

Определить абсолютную погрешность результата.

3. Найти предельные абсолютные и относительные погрешности чисел, если они имеют только верные цифры:

- а) $0,2387$ в строгом смысле;
- б) $42,884$ в широком смысле.

Задача 3

Вычислить и определить погрешности результата

$X = \frac{ab}{\sqrt[3]{c}}$, если $a=3,85(\pm 0,01)$, $b=2,0435(\pm 0,0004)$, $c=962,6(\pm 0,1)$.

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Решить задачи 1,2,3.

Форма отчетности: Выполнить задание в тетради и сдать на проверку преподавателю.

Задания для самостоятельной работы:

1. Произвести действия и определить абсолютные и относительные погрешности результатов (исходные числа заданы верными в строгом смысле цифрами)

А) $24,1-0,037$ Б) $72,3:0,34$ В) $12,64*0,3$

2. Значения $a=23,1$ и $b=5,24$ даны цифрами, верными в строгом смысле. Вычислите значение выражения $\frac{\sqrt{a}}{b \cdot \ln a}$.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Занятие проводится в виде тренинга, обучающийся должен стремиться верно выполнить максимальное количество заданий. После проверки всех сданных работ преподаватель назовет лучший результат в группе.
2. Повторить теоретический материал (раздел 1, лекция 1.2).
3. Индивидуально решить предложенные задачи.
4. При успешном выполнении всех заданий взять дополнительное задание.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 2.

Дополнительная литература -№ 6.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое абсолютная погрешность приближенного значения величины? Граница абсолютной погрешности?
2. Как с помощью границы абсолютной погрешности можно указать возможные значе-

- ния нижней и верхней границ приближенного значения величины?
3. Что такое относительная погрешность приближенного значения величины? Граница относительной погрешности?
 4. Как можно вычислить абсолютную погрешность приближения, если известна его относительная погрешность?
 5. Какие цифры в записи приближенного числа называются верными в широком смысле? В строгом смысле?
 6. Верно ли утверждение, что компьютер, округляющий числа по методу отбрасывания, всегда выдает результаты, записанные только верными цифрами? Почему?
 7. Что такое округление числа? Погрешность округления?
 8. Из чего складывается полная погрешность округленного числа?
 9. Целесообразно ли сохранять излишние десятичные знаки в более точных слагаемых при сложении чисел? При умножении чисел? При делении чисел? Почему?
 10. В какой зависимости находится абсолютная погрешность значения функции одной переменной от абсолютной погрешности значения аргумента?

Практическое занятие № 2. Метод половинного деления

Цель работы: научиться решать алгебраические и трансцендентные уравнения методом половинного деления и оценивать полученное решение.

Задание:

Найти приближенное решение уравнения методом половинного деления с точностью 0,001.

Варианты заданий:

Вариант	Задание
1	$x^2 + 4 \sin x = 2,3$
2	$2x + \lg x = 7$
3	$5x - 8 \sin x = 8$
4	$3x - e^x = 0$
5	$x(x+1)^2 = 1$
6	$x = (x+1)^3$
7	$x^2 = \sin x$
8	$x^3 = \sin x$
9	$x = \sqrt{\lg(x+2)}$
10	$x^2 = \ln(x+1)$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Найти отрезок изоляции корня уравнения.
3. Построить последовательность приближений.
4. Найти приближенное значение корня уравнения.
5. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу.
6. Защитить практическую работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, защитить практическую работу.

Задания для самостоятельной работы:

1. Решите уравнение $x^3 + 5x + 11 = 0$ методом половинного деления с точностью 0,001.
2. Решите уравнение $\sqrt{x^2 + x} = 2^x$ методом половинного деления с точностью 0,001.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.1).
2. Вычисления рекомендуется оформлять в виде таблицы:

Номер приближения i	Границы отрезка		Середина отрезка c_i	Значения функции			Приближение x_i$	|x_i - x_{i-1}|$	$< \varepsilon$
	a_i	b_i		$f(a_i)$	$f(c_i)$	$f(b_i)$			
...

3. Защита работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.
Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Для какой задачи используется метод половинного деления?
2. Что такое точный и приближенный корень уравнения?
3. Что такое отрезок изоляции корня уравнения?
4. Как определить отрезок изоляции корня уравнения?
5. Сформулируйте условие существования и единственности корня уравнения.
6. Сформулируйте первую теорему Больцано-Коши и поясните ее геометрический смысл.
7. Поясните геометрический смысл метода половинного деления.
8. Поясните построение последовательности приближений в методе половинного деления.
9. Поясните сходимость последовательности приближений.
10. Приведите расчетную формулу метода половинного деления.
11. Как задается условие остановки метода?

Практическое занятие № 3. Метод простой итерации решения уравнения

Цель работы: научиться преобразовывать уравнения.

Задание:

Подготовить уравнение к решению методом простой итерации.

1. $3x - 2 \cos x = 0$
2. $x^3 + 15x - 10 = 0$
3. $2x^3 - x - 7 = 0$
4. $\sqrt{x^2 + 4} = 2^x$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с заданием.
2. Найти отрезок изоляции корня уравнения.
3. Привести уравнение к виду $x = \varphi(x)$ разными способами, в том числе с использованием параметра.
4. Проверить условие сходимости метода простой итерации.

Форма отчетности: Выполнение заданий в форме обсуждения ситуаций.

Задания для самостоятельной работы:

Подготовить уравнение к решению методом простой итерации.

- А) $4x^3 + 2x - 5 = 0$ Б) $x^2 + 4 = \arctg x$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал (раздел 2, лекция 2.4).
2. В каждом задании выполнить хотя бы по два преобразования, чтобы продемонстрировать обучающимся случаи выполнения и невыполнения условия сходимости метода.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2.

Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Для какой задачи используется метод простой итерации?
2. Что такое точный и приближенный корень уравнения?
3. К какому виду должно быть преобразовано уравнение в методе простой итерации?
4. Сформулируйте условие сходимости метода простой итерации.
5. Поясните геометрический смысл метода простой итерации в случае сходимости и расходимости метода.
6. Поясните построение последовательности приближений в методе простой итерации.
7. Поясните сходимость последовательности приближений.
8. Приведите расчетную формулу метода.
9. Как задается условие остановки метода?

Практическое занятие № 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Цель работы: повторить и закрепить навыки решения систем линейных алгебраических уравнений.

Задание:

Решить систему уравнений точными методами.

Варианты заданий:

Вариант	Система уравнений	Вариант	Система уравнений
1	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$	6	$\begin{cases} 0,92x - 0,83y + 0,62z = 2,15 \\ 0,24x - 0,54y + 0,43z = 0,62 \\ 0,73x - 0,81y - 0,67z = 0,88 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 3,75x - 0,28y + 0,17z = 0,75 \\ 2,11x - 0,11y - 0,12z = 1,11 \\ 0,22x - 3,17y + 1,81z = 0,05 \end{cases}$	7	$\begin{cases} 1,24x - 0,87y - 3,17z = 0,46 \\ 2,11x - 0,45y - 1,44z = 0,50 \\ 0,48x + 1,25y - 0,63z = 0,35 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 0,21x - 0,18y + 0,75z = 0,11 \\ 0,13x + 0,75y - 0,11z = 2,00 \\ 3,01x - 0,33y + 0,11z = 0,13 \end{cases}$	8	$\begin{cases} 0,64x - 0,83y + 4,20z = 2,32 \\ 0,58x - 0,83y + 1,43z = 1,71 \\ 0,86x + 0,77y + 0,88z = -0,54 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 0,13x - 0,14y - 2,00z = 0,15 \\ 0,75x + 0,18y - 0,77z = 0,11 \\ 0,28x - 0,17y + 0,39z = 0,12 \end{cases}$	9	$\begin{cases} 0,34x + 0,71y + 0,63z = 2,08 \\ 0,71x - 0,65y - 0,18z = 0,17 \\ 1,17x - 2,35y + 0,75z = 1,28 \end{cases}$

5	$\begin{cases} 3,01x - 0,14y - 0,15z = 1,00 \\ 1,11x - 0,13y - 0,75z = 0,13 \\ 0,17x - 2,11y + 0,71z = 0,17 \end{cases}$	10	$\begin{cases} 0,73x + 1,24y - 0,38z = 0,58 \\ 1,25 + 0,66y - 0,78z = 0,66 \\ 0,75x + 1,22y - 0,83z = 0,92 \end{cases}$
---	--	----	---

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с заданием.
2. Записать систему уравнений в матричном виде.
3. Решить систему уравнений по формулам Крамера.
4. Решить систему уравнений матричным методом.
5. Решить систему уравнений методом Гаусса.
6. Сравнить полученные решения.
7. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу.
8. Защитить практическую работу.

Форма отчетности: Выполнить задания, показать преподавателю, защитить практическую работу.

Задания для самостоятельной работы:

Решите системы уравнений точными методами.

$$\text{А) } \begin{cases} 0,62x - 0,44y - 0,86z = 0,68 \\ 0,83x + 0,42y - 0,56z = 1,24 \\ 0,58x - 0,37y - 0,62z = 0,87 \end{cases}
 \quad
 \text{Б) } \begin{cases} 0,46x + 1,72y + 2,53z = 2,44 \\ 1,53x - 2,32y - 1,83z = 2,83 \\ 0,75x + 0,86y + 3,72z = 1,06 \end{cases}$$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал из курса алгебры.
2. Задание может быть выдано по таким же вариантам, как в лабораторных работах №4 и №5 для сравнения точного и приближенного решения.
3. При демонстрации выполненной работы преподаватель проверяет правильность выполнения, результаты вычислений во всех трех методах должны совпасть точно.
4. Защита работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 3.

Дополнительная литература -№ 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Укажите общий вид системы линейных алгебраических уравнений в алгебраической и матричной форме.
2. Что является решением системы уравнений?
3. Для каких систем применяются формулы Крамера? Матричный метод? Метод Гаусса?
4. Условие существования и единственности решения системы уравнений при решении по формулам Крамера.
5. Запишите формулы Крамера.
6. Обратная матрица.
7. Условие существования и единственности решения системы уравнений при решении матричным методом.
8. Какие преобразования можно производить в методе Гаусса?
9. В каком случае в методе Гаусса система не имеет решений?
10. В каком случае в методе Гаусса система имеет множество решений?

Практическое занятие № 5. Интерполяционный многочлен Лагранжа

Цель работы: научиться интерполировать функцию с помощью многочлена Лагранжа.

Задание:

Дана функция $f(x)$. Построить интерполяционный многочлен Лагранжа на данном отрезке.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$f(x) = \sqrt{x^3 + 3x^2 - 5}$ [2; 5]	6	$f(x) = \ln(x^2 + x)$ [1; 3]
2	$f(x) = x^3 \cdot \sin x$ [1; 3]	7	$f(x) = \frac{\sqrt{x}}{x^2 - 5}$ [0; 4]
3	$f(x) = \frac{\arctg x}{x}$ [1; 4]	8	$f(x) = 2x + \arcsin x$ [-1; 1]
4	$f(x) = \frac{x^2 + 1}{\ln x}$ [2; 4]	9	$f(x) = \frac{\cos 3x}{2x - 4}$ [0; 2]
5	$f(x) = e^{x-3x^2}$ [-1; 1]	10	$f(x) = e^{\arctg x}$ [1; 2]

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Построить сетку на заданном отрезке с 3 произвольно стоящими узлами.
3. Построить многочлен Лагранжа второго порядка. Записать формулу в тетради.
4. Выполнить интерполирование функции для двух значений (выбрать самостоятельно).
5. Построить сетку на заданном отрезке с 5 произвольно стоящими узлами.
6. Построить многочлен Лагранжа четвертого порядка. Записать формулу в тетради.
7. Выполнить интерполирование функции для двух значений из пункта 4.
8. Сравнить точные значения функции и результаты интерполирования. Найти абсолютные погрешности. Оценить погрешность многочлена Лагранжа.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю.

Задания для самостоятельной работы:

Составить многочлен Лагранжа третьего и четвертого порядка для функции $f(x) = xe^{-x}$ на отрезке $[0; 2]$ для произвольно стоящих узлов. Найти приближенные значения функции в точках $x_1 = 0,23$ и $x_2 = 1,05$. Оценить погрешность приближенных значений.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Занятие проводится в виде тренинга.
2. Повторить теоретический материал (раздел 3, лекция 3.1, 3.2).
3. Сетка функции оформляется в виде таблицы:

Значения функции:

x	x_0	x_1	x_2	...
y	y_0	y_1	y_2	...

- Значения округлять до трех десятичных знаков.
- Для выполнения оценки погрешности необходимо вычислить производную определенного порядка и ее максимальное значение.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Дайте определение интерполяции.
- Дайте определение экстраполяции.
- Какая функция называется сеточной?
- Сформулируйте задачу интерполирования.
- Геометрический смысл решения задачи интерполирования.
- Является ли решение задачи интерполирования функции единственным? Ответ поясните.
- Запишите формулу многочлена Лагранжа.
- Поясните смысл отдельного слагаемого в формуле многочлена Лагранжа.
- Как оценить погрешность многочлена Лагранжа?
- Является ли многочлен Лагранжа единственным? Ответ поясните.

Практическое занятие № 6. Интерполяционные многочлены Ньютона

Цель работы: научиться интерполировать функцию с помощью многочленов Ньютона.

Задание:

Дана функция $f(x)$. Построить интерполяционные многочлены Ньютона на данном отрезке.

Варианты заданий:

Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	$f(x) = \sqrt{x^3 + 3x^2 - 5}$ [2; 5]	6	$f(x) = \ln(x^2 + x)$ [1; 3]
2	$f(x) = x^3 \cdot \sin x$ [1; 3]	7	$f(x) = \frac{\sqrt{x}}{x^2 - 5}$ [0; 4]
3	$f(x) = \frac{\arctg x}{x}$ [1; 4]	8	$f(x) = 2x + \arcsin x$ [-1; 1]
4	$f(x) = \frac{x^2 + 1}{\ln x}$ [2; 4]	9	$f(x) = \frac{\cos 3x}{2x - 4}$ [0; 2]
5	$f(x) = e^{x-3x^2}$ [-1; 1]	10	$f(x) = e^{\arctg x}$ [1; 2]

Порядок выполнения:

- Ознакомиться с индивидуальным заданием.
- Построить сетку на заданном отрезке с 3 равноотстоящими узлами.
- Построить многочлен Ньютона «вперед» и «назад». Записать формулы в тетради.
- Выполнить интерполирование функции для двух значений (выбрать самостоятельно).
- Построить сетку на заданном отрезке с 5 равноотстоящими узлами.
- Построить многочлены Ньютона «вперед» и «назад». Записать формулы в тетради.

7. Выполнить интерполирование функции для двух значений из пункта 4.
8. Сравнить точные значения функции и результаты интерполирования. Найти абсолютные погрешности. Оценить погрешности многочленов Ньютона двумя способами.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю.

Задания для самостоятельной работы:

Составить многочлены Ньютона третьего и четвертого порядка для функции $f(x) = xe^{-x}$ на отрезке $[0; 2]$ для равноотстоящих узлов. Найти приближенные значения функции в точках $x_1 = 0,23$ и $x_2 = 1,05$. Оценить погрешность приближенных значений.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал (раздел 3, лекция 3.1, 3.3).
2. Задание может быть выдано по тем же вариантам как в практическом задании № 5 для сравнения результатов.
3. Сетка функции оформляется в виде таблицы:

Значения функции:

x	x_0	x_1	x_2	...
y	y_0	y_1	y_2	...

4. Значения округлять до трех десятичных знаков.
5. Таблица конечных разностей:

i	x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	...
0					
1					
...					

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение интерполяции.
2. Дайте определение экстраполяции.
3. Какая функция называется сеточной?
4. Сформулируйте задачу интерполирования.
5. Геометрический смысл решения задачи интерполирования.
6. Является ли решение задачи интерполирования функции единственным? Ответ поясните.
7. Запишите формулу конечных разностей первого порядка, второго порядка и т.д.
8. Запишите формулу многочлена Ньютона «вперед».
9. Запишите формулу многочлена Ньютона «назад».
10. Для каких задач используется многочлен Ньютона «вперед»?
11. Для каких задач используется многочлен Ньютона «назад»?
12. Как оценить погрешность многочлена Ньютона «вперед»?
13. Как оценить погрешность многочлена Ньютона «назад»?
14. Является ли многочлен Ньютона единственным? Ответ поясните.
15. Как связаны многочлен Лагранжа и многочлен Ньютона?

Практическое занятие № 7. Численное дифференцирование

Цель работы: научиться выполнять аппроксимацию производных с помощью интерполяционных формул.

Задание: Построить формулы для приближенного нахождения производной.

Варианты заданий:

Вариант	Функция $f(x)$	Точка x_0
1	$f(x) = x \cdot \ln x$	$x_0 = 1,3$
2	$f(x) = \sqrt{x^2 - 1}$	$x_0 = 2,6$
3	$f(x) = \sin^2 x$	$x_0 = \frac{\pi}{5}$
4	$f(x) = x \cdot e^x$	$x_0 = -0,4$
5	$f(x) = \frac{x}{x^2 + 1}$	$x_0 = -3,4$
6	$f(x) = \sqrt[3]{\sin x}$	$x_0 = \frac{\pi}{7}$
7	$f(x) = \operatorname{arctg} 3x$	$x_0 = 1,4$
8	$f(x) = \sqrt{\ln x}$	$x_0 = 1,5$
9	$f(x) = \frac{1}{\cos x}$	$x_0 = \frac{\pi}{5}$
10	$f(x) = \frac{\sqrt{x+2}}{x}$	$x_0 = -0,4$

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с индивидуальным заданием.
2. Составить таблицу значений функции при $n=5$ так, чтобы точка x_0 находилась внутри промежутка, но не являлась узлом.
3. Составить интерполяционный многочлен Ньютона.
4. Найти приближенное значение производной $f'(x_0)$.
5. Определить погрешность аппроксимации.
6. Найти точное значение производной $f'(x_0)$ с помощью правил дифференцирования.
7. Сравнить полученные результаты.
8. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу.
9. Защитить практическую работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, защитить практическую работу.

Задания для самостоятельной работы:

Найти приближенное значение производной функции $f(x) = \frac{e^{3x}}{x}$ в точках $x_1 = -0,1$, $x_2 = 1,3$ ($n=6$). Определить погрешность. Сравнить с точным значением производной.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал (раздел 4, лекция 4.1).
2. Сетка функции оформляется в виде таблицы:
Значения функции:

x	x_0	x_1	x_2	...
y	y_0	y_1	y_2	...

- Значения округлять до трех десятичных знаков.
- Таблица конечных разностей:

i	x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	...
0					
1					
...					

- При интерполировании в начале таблицы используется многочлен Ньютона «вперед», в конце таблицы – многочлен Ньютона «назад» для уменьшения погрешности.
- Защита работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Определение производной функции.
- Постановка задачи численного дифференцирования.
- Как строится многочлен Ньютона для равноотстоящих узлов?
- Как выполнить численное дифференцирование, если точка является узлом?
- Как выполнить численное дифференцирование, если точка не является узлом?
- Какой способ интерполирования приводит к простейшим формулам численного дифференцирования?
- Как оценить погрешность численного дифференцирования при использовании многочлена Ньютона?
- В чем состоит некорректность численного дифференцирования при использовании интерполяционных многочленов?

Практическое занятие № 8. Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков

Цель работы: научиться решать системы ОДУ и ОДУ старших порядков.

Задание:

Задание 1. Найти приближенное решение системы дифференциальных уравнений

Вариант	Система уравнений	Начальные условия
1	$\begin{cases} y' = xy + z^2 \\ z' = ye^x \end{cases}$	$\begin{aligned} y(0) &= -2 \\ z(0) &= 0,4 \end{aligned}$
2	$\begin{cases} y' = x \cos y + 2z \\ z' = y^3 - ze^x \end{cases}$	$\begin{aligned} y(0,5) &= 0 \\ z(0,5) &= -1 \end{aligned}$
3	$\begin{cases} y' = x^4 + 3y^2 z^2 \\ z' = \frac{x}{yz} \end{cases}$	$\begin{aligned} y(0,1) &= -1 \\ z(0,1) &= 0,2 \end{aligned}$
4	$\begin{cases} y' = 3y^2 + xz^2 \\ z' = yz^3 - 5x \end{cases}$	$\begin{aligned} y(-1) &= 0,02 \\ z(-1) &= 0,03 \end{aligned}$

5	$\begin{cases} y' = \sin(xy) + z^4 \\ z' = yz - \operatorname{tg}x \end{cases}$	$\begin{cases} y(0) = -0,04 \\ z(0) = 0,02 \end{cases}$
6	$\begin{cases} y' = x + 4y + \sqrt{z} \\ z' = xy - \operatorname{arctg}z \end{cases}$	$\begin{cases} y(0,1) = -2 \\ z(0,1) = 0,04 \end{cases}$
7	$\begin{cases} y' = \sin x - yz^2 \\ z' = \sqrt{2x + 4y + 5z} \end{cases}$	$\begin{cases} y(0) = -2 \\ z(0) = 0,4 \end{cases}$
8	$\begin{cases} y' = x + xyz^3 \\ z' = \operatorname{tgy} - ze^x \end{cases}$	$\begin{cases} y(-0,2) = -1 \\ z(-0,2) = 0,01 \end{cases}$
9	$\begin{cases} y' = \frac{2x + y}{3x - z} \\ z' = xz^3 + 3xy \end{cases}$	$\begin{cases} y(0) = -1,1 \\ z(0) = 0,5 \end{cases}$
10	$\begin{cases} y' = xyz^2 + z^3 \\ z' = y - z \sin x \end{cases}$	$\begin{cases} y(0,2) = -0,07 \\ z(0,2) = -0,01 \end{cases}$

Задание 2. Найти приближенное решение ОДУ второго порядка

Вариант	Уравнение	Начальные условия
1	$y'' + y = x$	$y(1) = 5, y'(1) = 0$
2	$y'' + 2y' = \sin x$	$y(0) = 2, y'(0) = -2$
3	$y'' - 5y = e^x$	$y(0) = -1, y'(0) = 0$
4	$y'' + 2y = 4e^x$	$y(0) = 1, y'(0) = 0$
5	$y'' + 3y' + y = 3x + 4$	$y(-1) = 3, y'(-1) = 0$
6	$y'' - 6y + y = 1 - x$	$y(1) = -4, y'(1) = 0$
7	$y'' + 16y = 5e^x$	$y(0) = 1, y'(0) = 0$
8	$y'' - 9y = 4 \cos x$	$y(0) = 2, y'(0) = 0$
9	$y'' + 9y = x - 3$	$y(1) = -4, y'(1) = 3$
10	$y'' + y' = e^{3x}$	$y(0) = 5, y'(0) = 1$

Задание 3. Найти приближенное решение ОДУ третьего порядка

Вариант	Уравнение	Начальные условия
1	$y''' + xy^2 y'' - 2yy' = \sqrt{x}$	$y(0,5) = 0,4, y'(0,5) = 0, y''(0,5) = -1$
2	$y''' - 2xy'' + x^2 y' = y \sin x$	$y(1) = 0,2, y'(1) = 0, y''(1) = 3,5$
3	$y''' + y'' - \ln x = \frac{x}{y'}$	$y(1) = -0,4, y'(1) = 2, y''(1) = 0,2$
4	$y''' + \frac{y''}{x+y} = xe^x$	$y(-0,5) = 0,1, y'(-0,5) = 1, y''(-0,5) = 0,3$
5	$y''' + x^2 y'' - x^3 y' + y = 2x + 3$	$y(0) = -0,03, y'(0) = -1, y''(0) = 0,2$
6	$xyy''' + y'' - yy' = x$	$y(0,2) = -1,4, y'(0,2) = 1,7, y''(0,2) = -2,5$
7	$(x+3)y''' + 3y'' - xyy' = \sin x$	$y(1) = 0,1, y'(1) = -2, y''(1) = -0,4$
8	$y''' + (4x-1)y'' + 2y' = x^2$	$y(0,5) = 2, y'(0,5) = -2, y''(0,5) = 1$
9	$y''' + \ln x \cdot y'' = y' + 5y + 2$	$y(0,7) = -1,4, y'(0,7) = -3,4, y''(0,7) = -1,1$
10	$e^y \cdot y''' + 3y'' + 4y' = e^x + 2$	$y(-0,2) = 0,3, y'(-0,2) = -1,2, y''(-0,2) = -1,3$

Порядок выполнения:

1. Задание 1. Найти приближенное решение системы уравнений по методу Эйлера на отрезке $[x_0; x_0 + 1]$, $n=10$.
2. Задание 1. Найти приближенное решение системы уравнений по методу Рунге-Кутты на отрезке $[x_0; x_0 + 1]$, $n=10$.
3. Задание 1. Сравнить два приближенных решения системы уравнений.
4. Задание 2. Для уравнения выполнить замену и получить нормальную систему ДУ первого порядка.
5. Задание 2. Найти приближенное решение полученной системы уравнений по методу Эйлера на отрезке $[x_0; x_0 + 1]$, $n=10$.
6. Задание 2. Найти точное решение исходного уравнения в виде функции $y = y(x)$.
7. Задание 2. Сравнить точные и приближенные значения в узловых точках. Найти абсолютные погрешности. Сделать вывод о точности найденного приближенного решения.
8. Задание 3. Найти приближенное решение полученной системы уравнений по методу Эйлера на отрезке $[x_0; x_0 + 1]$, $n=10$.
9. Продемонстрировать преподавателю выполненную работу.
10. Защитить практическую работу.

Форма отчетности: Выполнить задание, показать преподавателю, защитить практическую работу.

Задания для самостоятельной работы:

Найти приближенное решение уравнений на отрезке $[x_0; x_0 + 1]$, $n=10$. Найти точное решение исходного уравнения в виде функции $y = y(x)$. Сравнить точные и приближенные значения в узловых точках. Найти абсолютные погрешности. Сделать вывод о точности найденного приближенного решения.

А) $y'' + 3y' = 2x^2 + 4x + 5$, $y(-1) = 2$, $y'(-1) = 1$

Б) $y'' + 5y' + 4y = 3\sin x$, $y(0) = -2$, $y'(0) = 4$

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

1. Повторить теоретический материал (раздел 5, лекции 5.1, 5.2, 5.3).
2. При решении системы уравнений методом Эйлера вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Для двух функций:

Номер точки i	x_i	y_i	z_i	$h \cdot f(x_i, y_i, z_i)$	$h \cdot g(x_i, y_i, z_i)$

Для трех функций:

Номер точки i	x_i	y_i	z_i	$h \cdot f(x_i, y_i, z_i)$	$h \cdot g(x_i, y_i, z_i)$	$h \cdot p(x_i, y_i, z_i)$

3. При решении системы уравнений методом Рунге-Кутты вычисления рекомендуется оформлять в таблице:

Номер	x_i	y_i	z_i	$k_1^{(y)}$	$k_2^{(y)}$	$k_3^{(y)}$	$k_4^{(y)}$	$k_1^{(z)}$	$k_2^{(z)}$	$k_3^{(z)}$	$k_4^{(z)}$
-------	-------	-------	-------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

точки i												

- Для нахождения точного решения обучающиеся могут использовать любой известный им аналитический метод.
- Защита работы проводится по контрольным вопросам для самопроверки.

Рекомендуемая литература:

Основная литература- № 1, 2, 3.

Дополнительная литература -№ 6, 8.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- Общий вид ОДУ второго (третьего) порядка.
- Постановка задачи Коши для ОДУ второго (третьего) порядка.
- Общий вид нормальной системы ОДУ первого порядка.
- Постановка задачи Коши для системы ОДУ первого порядка.
- Как преобразовать ОДУ старшего порядка к нормальной системе ОДУ?
- Укажите точные способы решения ОДУ старших порядка.
- Укажите точные способы решения систем ОДУ первого порядка.
- В каком виде будет получено приближенное решение задачи Коши для ОДУ старших порядков?
- В каком виде будет получено приближенное решение задачи Коши для системы ОДУ первого порядка?
- Приведите расчетную формулу метода Эйлера.
- Приведите расчетную формулу метода Рунге-Кутты.
- Укажите особенности применения методов Эйлера и Рунге-Кутты для решения системы ОДУ.

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Контрольная работа представляет собой способ проверки знаний студента, его умений и предполагает самостоятельное выполнение практических заданий. Подготовка к контрольной работе состоит в ответственном выполнении всех домашних заданий по дисциплине и самостоятельной проработке основной и дополнительной литературы.

Целью контрольной работы является приобретение навыков самостоятельной работы с литературой, закрепление умений решать логические задачи, формирование навыков оценки результатов собственной деятельности.

Выполнение контрольной работы включает в себя:

- анализ поставленных задач и выбор методов их решения;
- реализацию решения поставленных задач;
- проверку и анализ полученных результатов;
- оформление отчета.

Отчет по контрольной работе оформляется в рукописном или печатном виде и должен содержать:

- титульный лист;
- формулировку заданий;
- описание их решений;
- полученные результаты;
- выводы.

Отчет должен быть выполнен аккуратно, без помарок и исправлений. Вычисления рекомендуется оформлять в таблицах (см. указания к лабораторным работам).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ОС Windows 7 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория	-	-
ЛР	Лаборатория технических средств защиты информации	Персональные компьютеры i5-2500/Н67/4Gb/500Gb (монитор TFT19 Samsung E1920NR); интерактивная доска Smart Board X885ix со встроенным проектором UX60	1-14
ПЗ	Лекционная аудитория	-	1-8
кр	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	1. Погрешности приближенных вычислений	1.1 Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок	Экзаменационные вопросы
			1.2 Оценка погрешностей приближенных вычислений	Экзаменационные вопросы
		2. Численные методы алгебры	2.1 Метод половинного деления решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Экзаменационные вопросы
			3. Методы приближения функций	3.1 Постановка задачи интерполирования функции	Экзаменационные вопросы
				3.3 Интерполяционные многочлены Ньютона	Экзаменационные вопросы
		ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	2. Численные методы алгебры	2.2 Метод хорд решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Экзаменационные вопросы
2.3 Метод касательных решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Экзаменационные вопросы			
2.4 Метод простой итерации решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Экзаменационные вопросы			
2.5 Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений	Экзаменационные вопросы			
2.6 Метод Зейделя решения систем линейных алгебраических уравнений	Экзаменационные вопросы			
2.7 Метод простой итерации решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Экзаменационные вопросы			
2.8 Метод Ньютона-Раффсона решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Экзаменационные вопросы			
3. Методы приближения функций	3.2 Интерполяционный многочлен Лагранжа				Экзаменационные вопросы
	3.3 Интерполяционные многочлены Ньютона			Экзаменационные вопросы
	3.4 Интерполяция сплайнами			Экзаменационные вопросы

		4. Численное дифференцирование и интегрирование	4.1 Численное дифференцирование	Экзаменационные вопросы
			4.2 Формула прямоугольников	Экзаменационные вопросы
			4.3 Формула трапеций и формула Симпсона	Экзаменационные вопросы
		5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем	5.1 Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Экзаменационные вопросы
			5.2 Метод Рунге-Кутты обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Экзаменационные вопросы
			5.3 Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков	Экзаменационные вопросы

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ 5 семестр	№ и наименование раздела			
	Код	Определение					
1	2	3	4	5			
1.	ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	1.1 Погрешности, возникающие при решении прикладной задачи.	1. Погрешности приближенных вычислений			
			1.2 Абсолютная и относительная погрешность.				
			1.3 Погрешности арифметических операций и функций.				
						2.1 Метод половинного деления решения уравнения. Сходимость и погрешность метода.	2. Численные методы алгебры
					3.1 Постановка задачи интерполирования.	3. Методы приближения функций	
					3.2 Конечные разности.		
2.	ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	2.2 Метод хорд решения уравнения. Сходимость и погрешность метода.	2. Численные методы алгебры			
			2.3 Метод касательных решения уравнения. Сходимость и погрешность метода.				
			2.4 Метод простой итерации решения уравнения. Сходимость и погрешность метода				
			2.5 Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений. Сходимость и погрешность метода.				
			2.6 Метод Зейделя решения систем линейных алгебраических уравнений. Сходимость и погрешность метода.				
			2.7 Метод простой итерации решения систем нелинейных уравнений. Сходимость и погрешность метода.				
			2.8 Метод Ньютона-Раффсона решения систем нелинейных уравнений. Сходимость и погрешность метода.				

		3.2 Интерполяционный многочлен Лагранжа. Погрешность формулы.	3. Методы приближения функций
		3.4 Интерполяционный многочлен Ньютона «вперед». Погрешность формулы.	
		3.5 Интерполяционный многочлен Ньютона «назад». Погрешность формулы.	
		3.6 Кубический сплайн.	
		4.1 Аппроксимация производных функции.	4. Численное дифференцирование и интегрирование
		4.2 Формула прямоугольников. Погрешность формулы.	
		4.3 Формула трапеций. Погрешность формулы	
		4.4 Формула Симпсона. Погрешность формулы.	
		5.1 Метод Эйлера решения задачи Коши. Погрешность метода.	5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем
		5.2 Метод Рунге-Кутты решения задачи Коши. Погрешность метода.	
		5.3 Приближенное решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.	
		5.4 Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков.	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать ОПК-1 - математические основы для построения приближенных методов решения задач из различных областей математики; ПК-2 - понятия и базовые определения, проблемы вычислительной математики.</p> <p>Уметь ОПК-1 - выбирать способы решения стандартных задач профессиональной деятельности; ПК-2 - формализовать задачу; - выбирать метод для решения конкретных задач численного анализа; - применять программное обеспечение для реализации численных методов;</p> <p>Владеть ОПК-1 - навыками решения задач с использованием численных методов;</p>	Отлично	Обучающийся демонстрирует полное или с некоторыми допустимыми неточностями знание основного учебно-программного материала. Свободно и уверенно оперирует основными математическими понятиями и базовыми определениями вычислительной математики, отлично владеет навыками формализации задач. Знает все основные методы решения, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы или учебной задачи. Демонстрирует на высоком уровне навыки выполнения расчетов и вычислений. Грамотно использует при этом возможности вычислительных устройств и информационных технологий.
	Хорошо	Обучающийся демонстрирует достаточно полное знание основного учебно-программного материала. В большинстве случаев свободно и уверенно оперирует основными математическими понятиями и базовыми определениями вычислительной математики, хорошо владеет навыками формализации задач. Допускает единичные ошибки, испытывает затруднения в редко встречающихся или сложных случаях решения учебной задачи. Демонстри-

ПК-2 - навыками приближенного решения уравнений и систем, интерполирования функций, численного интегрирования и дифференцирования.		рует на достаточном уровне навыки выполнения расчетов и вычислений. В большинстве случаев грамотно использует при этом возможности вычислительных устройств и информационных технологий.
	Удовлетворительно	Демонстрирует на низком уровне способность применять теоретические знания к конкретному фактическому материалу. В отдельных случаях способен правильно решать только типичные, наиболее часто встречающиеся проблемы, задачи в конкретной области. Демонстрирует на низком уровне навыки выполнения расчетов и вычислений.
	Неудовлетворительно	Не способен осуществлять поиск необходимой информации, обрабатывать информацию, не имеет навыков формализации, не знает методов решения проблем, задач, не может решать проблемы, задачи. Не владеет техникой вычислений.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Численные методы направлена на ознакомление с задачами и проблемами вычислительной математики; на получение теоретических знаний и практических навыков применения приближенных методов решения различных математических задач для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Численные методы предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу студента в объемах часов, соответствующих учебному плану направления;
- сдачу экзамена.

Для фиксирования успешности обучения предусматривается экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Погрешности приближенных вычислений» студенты должны уяснить правила действий с приближенными значениями: случаи использования приближенных значений, способы записи, правила округления, оценка погрешностей.

В ходе освоения раздела 2 «Численные методы алгебры» студенты осваивают основные приемы формализации задач, различные методы численного решения алгебраических и трансцендентных уравнений, систем линейных алгебраических и нелинейных уравнений, оценку погрешности результата.

В ходе освоения раздела 3 «Методы приближения функций» студенты осваивают новые приемы формализации задач, приемы аппроксимации, интерполирования и экстраполирования функций с использованием интерполяционных многочленов и сплайнов, учатся анализу результатов решения и сопоставления с прикладной ситуацией.

В ходе освоения раздела 4 «Численное дифференцирование и интегрирование» студенты осваивают методы приближенного вычисления производных и интегралов и оценку погрешности результата.

В ходе освоения раздела 5 «Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем» студенты осваивают численные методы решения известных им задач нахождения решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем.

Студентам необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных

методов для разработки и реализации профессионально ориентированных проектов в последующей учебной деятельности.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на специфику математических текстов и умение выбирать методы решения различных задач.

Овладение ключевыми понятиями является основой усвоения учебного материала по дисциплине.

При подготовке к экзамену особое внимание необходимо уделить рекомендациям и замечаниям преподавателей, ведущих аудиторские занятия по дисциплине.

В процессе проведения лабораторных работ и практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков применения различных методов решения стандартных математических ситуаций. По лабораторным работам оформляется отчет и проводится защита.

Самостоятельную работу необходимо начинать с чтения лекций и учебников.

В процессе консультации с преподавателем обучающийся выясняет наличие пробелов в знаниях и способах решения разных ситуаций.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде тренингов и ситуаций общения в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Численные методы

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: формирование представления о роли и месте вычислительной математики при постановке, выборе эффективных алгоритмов и интерпретации результатов решения задач в области проектирования и эксплуатации средств вычислительной техники.

Задачей изучения дисциплины является: обучение теоретическим основам вычислительной математики; обучение приближенным методам решения практических задач; формирование и развитие умений и навыков, позволяющих применять современные математические методы и программное обеспечение для решения задач науки и техники.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк.-34 час., ЛР- 34 час., ПЗ-17 час., СР-23 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетные единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Погрешности приближенных вычислений
2. Численные методы алгебры
3. Методы приближения функций
4. Численное дифференцирование и интегрирование
5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

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

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20 ____ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	1. Погрешности приближенных вычислений	1.1 Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок	Собеседование
			1.2 Оценка погрешностей приближенных вычислений	Индивидуальное задание
		2. Численные методы алгебры	2.1 Метод половинного деления решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Индивидуальное задание Собеседование
			3. Методы приближения функций	3.1 Постановка задачи интерполирования функции	Индивидуальное задание
		3.3 Интерполяционные многочлены Ньютона		Индивидуальное задание
ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.	2. Численные методы алгебры	2.2 Метод хорд решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.3 Метод касательных решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.4 Метод простой итерации решения алгебраических и трансцендентных уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.5 Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.6 Метод Зейделя решения систем линейных алгебраических уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.7 Метод простой итерации решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			2.8 Метод Ньютона-Раффсона решения систем нелинейных алгебраических уравнений	Лабораторная работа Собеседование
			3. Методы приближения функций	3.2 Интерполяционный многочлен Лагранжа	Лабораторная работа Собеседование
		3.3 Интерполяционные многочлены Ньютона		Лабораторная работа Собеседование
		3.4 Интерполяция сплайнами		Лабораторная работа Собеседование

		4. Численное дифференцирование и интегрирование	4.1 Численное дифференцирование	Индивидуальное задание Собеседование
			4.2 Формула прямоугольников	Лабораторная работа Собеседование Контрольная работа
			4.3 Формула трапеций и формула Симпсона	Лабораторная работа Собеседование Контрольная работа
		5. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем	5.1 Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Лабораторная работа Собеседование
			5.2 Метод Рунге-Кутты обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка	Лабораторная работа Собеседование
			5.3 Решение нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка и обыкновенных дифференциальных уравнений старших порядков	Индивидуальное задание Собеседование

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать ОПК-1 - математические основы для построения приближенных методов решения задач из различных областей математики; ПК-2 - понятия и базовые определения, проблемы вычислительной математики.</p> <p>Уметь ОПК-1 - выбирать способы решения стандартных задач профессиональной деятельности; ПК-2 - формализовать задачу; - выбирать метод для решения конкретных задач численного анализа; - применять программное обеспечение для реализации численных методов;</p> <p>Владеть ОПК-1 - навыками решения задач с использованием численных методов;</p>	Зачтено	<p>Оценка «Зачтено» выставляется, если обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует полное или с некоторыми допустимыми неточностями знание основного учебно-программного материала; - свободно и уверенно оперирует основными математическими понятиями и базовыми определениями вычислительной математики, - знает все основные методы решения, предусмотренные учебной программой; - способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы или учебной задачи; - умеет формализовать задачу; - демонстрирует удовлетворительные навыки решения задач, направленных на использование численных методов; - демонстрирует верное или с несущественными ошибками выполнение практических заданий по всем разделам учебной дисциплины; - демонстрирует на удовлетворительном уровне навыки выполнения расчетов и вычислений. Грамотно использует при этом возможности вычислительных устройств и информационных технологий.
		Не зачтено	Оценка «Не зачтено» выставляется обучающемуся: - у обучающегося обнаруживаются значительные пробелы в знании основного учебно-программного материала;

<p>ПК-2</p> <p>- навыками приближенного решения уравнений и систем, интерполирования функций, численного интегрирования и дифференцирования.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся не демонстрирует удовлетворительных навыков решения задач, направленных на знание понятий вычислительной математики и использование численных методов; - обучающийся допускает грубые ошибки при выполнении практических заданий по хотя бы по одному из разделов учебной дисциплины; - обучающийся не владеет на удовлетворительном уровне навыками выполнения расчетов и вычислений.
--	--	--

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика от «12» марта 2015г. № 228;

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015г. № 475;

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429;

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017г. № 125.

Программу составил:

О.С. Кочмарская, старший преподаватель _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиФ

от «21» ноября 2018 г., протокол № 3

И. о. заведующего кафедрой МиФ _____ О.И. Медведева

СОГЛАСОВАНО:

И. о. заведующего выпускающей кафедрой _____ О.И. Медведева

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЕН факультета

от «20» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета _____ М.А. Варданян

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____

Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____