

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 20 »  2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

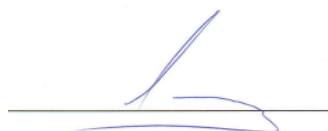
Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматика

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2019 году.

Составитель: канд. техн. наук



А. С. Солдатенков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

«15» мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



А. В. Белоусов

«15» мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

«20» мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент



А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Фундаментальная подготовка	ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.7. Применяет математический аппарат численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений, интегрирования и дифференцирования, аппроксимации функций, решения дифференциальных уравнений и их систем	Знания основных методов численного решения задач линейной алгебры, теории приближения функций, интегрирования и дифференцирования, решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений; Умения решать типовые задачи с применением математического аппарата численных методов; Навыки создания, тестирования и отладки программ, реализующих численные методы при решении задач в области профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Высшая математика
2	Физика
3	Химия
4	Численные методы
5	Основы теории управления
6	Имитационное моделирование в энергетике

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет (4 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения	3	3

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
и промежуточной аттестации		
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент					
1.1	Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. Абсолютная и относительная погрешности. Модель, алгоритм, программа. Вычислительный эксперимент.	2			1
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений					
2.1	Постановка задачи. Прямые методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса (схема единственного деления). Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод Гаусса-Жордана. Вычисление определителей и обращение матриц.	2		6	7
2.2	Векторные и матричные нормы. Итерационные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций. Метод Зейделя.	2		6	7
3. Решение нелинейных алгебраических уравнений и их систем					
3.1	Вычисление корней нелинейных уравнений. Основные этапы решения. Отделение корней и уточнение корней. Метод половинного деления. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простых итераций. Сходимость.	2		4	5
3.1	Решение систем нелинейных уравнений. Метод	2		4	5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	Ньютона. Составление матрицы Якоби. Упрощенный метод Ньютона. Модификации метода Ньютона с вычисление обратной матрицы Якоби и без ее вычисления.				
4. Приближение функций					
4.1	Постановка задачи и основные определения. Существование и единственность обобщенного интерполяционного многочлена. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционный полином Лагранжа.	2		2	3
4.2	Конечные и разделённые разности. Интерполяционные полиномы Ньютона. Экстраполяция. Обратная интерполяция	2		2	3
4.3	Аппроксимация функций методом наименьших квадратов.	2		4	5
5. Численное интегрирование и дифференцирование					
5.1	Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Погрешность. Правило Рунге практической оценки погрешности интегрирования.	2		4	5
5.2	Приближенное вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод Монте-Карло.	2			1
5.3	Формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности. Некорректность. Регуляризация. Понятие сеточной функции. Простейшие операторы конечных разностей. Метод Рунге оценки погрешности и уточнения формул численного дифференцирования.	2			1
6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем					
6.1	Постановка задачи Коши. Явные и неявные методы. Одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера. Метод Эйлера-Коши (прогноза-коррекции). Методы Рунге-Кутты. Контроль точности вычисления. Экстраполяция Рундсона.	2			2
6.2	Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений высших порядков, систем дифференциальных уравнений.	2			2
6.3	Решение жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Устойчивость. Методы Гира.	2			2
7. Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными					
7.1	Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач: аппроксимация, порядок аппроксимации,	2			2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	устойчивость, сходимость, порядок сходимости (точность). Постановка задачи для решения уравнений параболического типа. Понятие о методе конечных разностей. Основные определения и конечно-разностные схемы. Аппроксимация граничных условий, содержащих производные.				
7.2	Постановка задачи для решения уравнений гиперболического типа. Конечно-разностная аппроксимация.	2			2
7.3	Постановка задачи для решения уравнений эллиптического типа. Конечно-разностная аппроксимация.	2			2
	ВСЕГО	34		34	55

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 4				
1	Решение систем линейных алгебраических уравнений	Решение систем линейных алгебраических уравнений точными методами	6	6
2	Решение систем линейных алгебраических уравнений	Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами	6	6
3	Решение нелинейных алгебраических уравнений и их систем	Решение нелинейных алгебраических уравнений	4	4
4	Решение нелинейных алгебраических уравнений и их систем	Решение систем нелинейных уравнений	4	4
5	Приближение функций	Интерполяция функций	4	4
6	Приближение функций	Аппроксимация функций	4	4
7	Численное интегрирование и дифференцирование	Численное интегрирование	4	4
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено одно расчетно-графическое задание.

Целью РГЗ является привитие навыков численного решения обыкновенных неоднородных дифференциальных уравнений.

Задание на РГЗ. Численно решить на интервале $[a, b]$ с точностью до 10^{-3} обыкновенное неоднородное дифференциальное уравнение

$$T^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + 2\xi T \frac{dy}{dx} + y = k, \text{ используя следующие методы:}$$

- метод Эйлера;
- метод Эйлера-Коши;
- метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Для практического оценивания погрешности использовать экстраполяцию Ричардсона и правило Рунге. Сравнить результаты численного решения с решением, полученным аналитически в двух случаях – с выбором наилучшего шага (адаптивный шаг) и с фиксированным шагом при одинаковом числе узловых точек.

№ варианта	Коэффициенты уравнения			Интервал		Начальные условия		№ варианта	Коэффициенты уравнения			Интервал		Начальные условия	
	T	ξ	k	a	b	$y(a)$	$y'(a)$		T	ξ	k	a	b	$y(a)$	$y'(a)$
1	0.31	0.22	1.0	0	10	0	0	16	0.61	0.67	1.0	0	10	0	0
2	0.52	0.81	1.0	0	10	0	0	17	0.64	0.58	1.0	0	10	0	0
3	0.28	0.42	1.0	0	10	0	0	18	0.69	0.59	1.0	0	10	0	0
4	0.21	0.31	1.0	0	10	0	0	19	0.73	0.65	1.0	0	10	0	0
5	0.82	0.62	1.0	0	10	0	0	20	0.71	0.69	1.0	0	10	0	0
6	0.90	0.61	1.0	0	10	0	0	21	0.78	0.73	1.0	0	10	0	0
7	0.42	0.51	1.0	0	10	0	0	22	0.82	0.80	1.0	0	10	0	0
8	0.51	0.39	1.0	0	10	0	0	23	0.83	0.61	1.0	0	10	0	0
9	0.27	0.34	1.0	0	10	0	0	24	0.88	0.79	1.0	0	10	0	0
10	0.29	0.23	1.0	0	10	0	0	25	0.90	0.19	1.0	0	10	0	0
11	0.35	0.39	1.0	0	10	0	0	26	0.89	0.27	1.0	0	10	0	0
12	0.46	0.53	1.0	0	10	0	0	27	0.17	0.72	1.0	0	10	0	0
13	0.49	0.63	1.0	0	10	0	0	28	0.28	0.19	1.0	0	10	0	0
14	0.51	0.58	1.0	0	10	0	0	29	0.37	0.29	1.0	0	10	0	0
15	0.55	0.44	1.0	0	10	0	0	30	0.40	0.28	1.0	0	10	0	0

В отчете должны быть представлены: постановка задачи; аналитическое

решение дифференциального уравнения; результаты численного решения всеми заданными методами с иллюстрацией таблиц вычислений; описание вычислительных алгоритмов (например, с помощью блок-схем); описание всех подпрограмм с указанием входных и выходных переменных; листинг (текст) программы целиком со всеми подпрограммами; снимок экрана с результатами работы программы. Предусмотреть возможность сохранения в текстовый файл (один или несколько) результатов вычислений в виде табличной функции $[x, y, y']$, полученной каждым методом.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-3.7. Применяет математический аппарат численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений, интегрирования и дифференцирования, аппроксимации функций, решения дифференциальных уравнений и их систем	дифференцированный зачет, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **четвертого семестра** в форме **дифференцированного зачета**.

Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для дифференцированного зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия математического моделирования. Методология "Модель-алгоритм-программа". 2. Понятие вычислительного эксперимента. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. 3. Требования к численным методам. 4. Классификация погрешностей. Абсолютная и

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>относительная погрешности.</p> <p>5. Особенности машинной арифметики. Машинное представление целых и вещественных чисел.</p>
2	Решение систем линейных алгебраических уравнений	<p>6. Постановка задачи и классификация численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.</p> <p>7. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.</p> <p>8. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента.</p> <p>9. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Жордана.</p> <p>10. Вычисление определителя матрицы методом Гаусса.</p> <p>11. Вычисление обратной матрицы методом Гаусса.</p> <p>12. Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Сходимость последовательности векторов и матриц.</p> <p>13. Преобразование исходной системы линейных алгебраических уравнений к итерационному виду.</p> <p>14. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простых итераций.</p> <p>15. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Зейделя.</p>
3	Решение нелинейных алгебраических уравнений и их систем	<p>16. Постановка задачи решения нелинейных уравнений. Этапы решения.</p> <p>17. Отделение корней при решении нелинейного уравнения. Исследование уравнения.</p> <p>18. Решение нелинейных уравнений методом половинного деления.</p> <p>19. Решение нелинейных уравнений методом касательных (методом Ньютона).</p> <p>20. Решение нелинейных уравнений методом хорд.</p> <p>21. Решение нелинейных уравнений комбинированным методом.</p> <p>22. Преобразование исходного уравнения к итерационному виду.</p> <p>23. Решение нелинейных уравнений методом простых итераций.</p> <p>24. Постановка задачи решения систем нелинейных уравнений. Этапы решения.</p> <p>25. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона с вычислением обратной матрицы Якоби.</p> <p>26. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона без вычисления обратной матрицы Ньютона.</p> <p>27. Решение систем нелинейных уравнений упрощенным методом Ньютона.</p>
4	Приближение функций	28. Постановка задачи приближения функций. Основные

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>определения. Единственность интерполяционного многочлена.</p> <p>29. Приближение функций с применением интерполяционного полинома Лагранжа.</p> <p>30. Понятия конечных и разделенных разностей. Свойства.</p> <p>31. Приближение функций с применением первой интерполяционной формулы Ньютона.</p> <p>32. Приближение функций с применением второй интерполяционной формулы Ньютона.</p> <p>33. Постановка задачи экстраполяции. Применение интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона.</p> <p>34. Постановка задачи обратной интерполяции. Возможность применения полиномов Лагранжа и Ньютона.</p> <p>35. Наилучшее приближение функций. Постановка задачи. Аппроксимация методом наименьших квадратов.</p>
5	Численное интегрирование и дифференцирование	<p>36. Численное интегрирование функций. Постановка задачи. Квадратурные формулы.</p> <p>37. Численное интегрирование функций методом прямоугольников.</p> <p>38. Численное интегрирование функций методом трапеций.</p> <p>39. Численное интегрирование функций методом Симпсона.</p> <p>40. Правило Рунге практической оценки погрешности численного интегрирования функций.</p> <p>41. Приближенное вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло.</p> <p>42. Формулы численного дифференцирования. Сеточная функция.</p> <p>43. Метод Рунге оценки погрешности и уточнения формул численного дифференцирования.</p>
6	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем	<p>44. Постановка задачи Коши решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Классификация методов.</p> <p>45. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера.</p> <p>46. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений уточненным методом Эйлера.</p> <p>47. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогноза и коррекции.</p> <p>48. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений неявным методом Эйлера.</p> <p>49. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.</p> <p>50. Контроль точности вычислений при решении</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>обыкновенных дифференциальных уравнений.</p> <p>51. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи и пример решения.</p> <p>52. Решение дифференциальных уравнений высших порядков в форме Коши.</p> <p>53. Решение жестких систем дифференциальных уравнений.</p>
7	Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными	<p>54. Постановка задачи решения дифференциальных уравнений с частными производными. Конечно-разностная аппроксимация.</p> <p>55. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом сеток.</p> <p>56. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом итераций.</p>

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 4 семестра в форме собеседования, защиты лабораторных работ, выполнения и защиты РГЗ.

Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания, рассмотрены практические примеры, даны варианты выполнения и перечень контрольных вопросов.

Лабораторные работы проводятся в форме самостоятельного написания программ в инструментальной среде Microsoft Visual Studio 2019 на языке C++ для решения типовых задач, и представлением реализованного алгоритма в виде блок-схем в соответствии с изученным теоретическим материалом с последующим обсуждением полученных результатов. При этом используются профессиональные термины и понятия, проводится аналогия методов, изученных в рамках теоретического материала с конкретной практической задачей, выявляются взаимосвязи между отдельными изучаемыми разделами, проводится сравнение между планируемыми и фактическими результатами.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. В результате собеседования студент должен описать сущность предлагаемого алгоритма решения поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд и символов в программе, а

также показать связь между программой и блок-схемой алгоритма.

Лабораторная работа № 1. Решение систем линейных алгебраических уравнений точными методами.

Решить систему линейных алгебраических уравнений $AX = B$ используя следующие методы:

- метод Гаусса;
- метод Гаусса с выбором главного элемента;
- метод Гаусса-Жордана;

Вычислить определитель матрицы $\det(A)$ и найти обратную матрицу A^{-1} , используя метод Гаусса.

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 4$
1	-10,00	-6,90	7,10	-5,50	-40,64
	-7,90	1,60	9,70	4,70	8,40
	7,40	-7,80	2,60	-1,50	-75,83
	6,20	0,50	2,20	-5,80	-107,46
2	5,70	-1,10	-1,00	4,20	25,86
	-9,50	9,30	-2,70	8,60	20,21
	1,50	7,70	-6,30	4,90	70,89
	5,40	0,80	-0,20	9,00	38,58
3	3,50	-2,50	2,40	3,20	-7,44
	-4,90	4,00	1,80	-9,10	10,39
	-0,10	-7,90	-4,00	5,20	31,68
	2,60	-0,20	-0,70	-7,90	72,23
4	-0,20	4,40	3,30	8,00	-14,73
	-8,10	-6,10	-7,30	-1,00	48,41
	9,90	-5,40	9,90	-7,90	-33,65
	-3,80	-3,50	8,90	9,80	3,73
5	-4,10	9,30	-8,10	5,50	-159,92
	8,40	5,20	-4,10	-7,50	31,73
	4,00	-5,20	0,40	4,00	71,36
	8,90	-0,50	5,00	-5,40	115,03
6	3,40	7,20	5,10	0,80	49,84
	-0,70	1,50	-1,80	-2,60	-45,19
	-5,80	-2,70	-2,20	-5,50	-85,52
	0,60	4,20	2,20	-1,60	-1,34
7	-8,60	-2,30	-8,20	-5,50	-13,20
	-1,70	-5,10	-5,00	-4,30	-44,87
	1,10	2,70	2,90	2,20	23,36
	8,30	-6,30	2,50	-0,40	-61,40
8	6,10	6,70	9,70	5,90	17,14
	4,40	2,20	6,10	3,20	-4,26

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 4$
	-9,20	-6,30	3,30	-3,20	-131,94
	6,50	1,20	1,80	8,30	50,40
9	1,40	1,30	3,50	-9,20	-29,75
	-5,20	-2,80	-9,90	9,20	12,74
	-3,70	-2,10	-6,60	5,50	5,37
	8,00	-7,00	1,40	5,90	62,75
10	-8,90	-2,90	5,30	8,10	-57,11
	7,60	-8,00	-1,80	2,70	56,79
	-2,70	1,20	8,20	4,20	-48,70
	5,10	1,70	-8,00	2,80	32,35
11	-0,10	0,20	9,30	4,50	-49,76
	6,00	-6,00	-9,50	6,70	78,28
	-1,60	-2,40	-8,10	5,80	95,57
	-6,40	-0,20	-2,40	-1,80	54,26
12	-5,60	0,10	-6,60	5,60	0,40
	3,10	-2,90	-10,00	-4,70	1,28
	-9,60	5,60	-1,60	7,80	-37,48
	-2,20	-9,70	8,40	-2,40	22,64
13	8,90	8,60	8,40	2,30	134,95
	5,20	-6,90	-8,90	6,40	-10,69
	0,20	5,60	-1,30	-8,80	14,24
	8,30	-0,20	4,20	7,70	84,41
14	-7,10	2,20	1,80	6,80	76,44
	1,00	-7,60	4,70	-2,80	-35,90
	5,80	9,60	-1,40	3,00	-14,48
	7,40	-1,80	8,40	-8,30	-62,58
15	1,50	-3,20	-4,30	-3,40	-27,60
	5,10	0,10	-4,80	7,60	-32,24
	-0,20	4,70	-1,70	3,40	-28,36
	4,20	-1,40	-2,50	-5,60	-48,98
16	5,00	4,10	-2,30	-9,30	118,49
	-5,90	8,60	-3,00	-1,50	55,69
	5,00	1,60	-1,20	-10,00	111,82
	-2,50	9,30	-4,80	2,60	19,69
17	0,50	-3,90	7,60	-0,40	11,48
	-8,90	-5,60	4,60	9,10	-163,06
	0,00	-5,80	-0,30	7,50	-122,93
	9,50	9,60	-7,70	-1,30	113,54
18	-2,90	7,80	-5,40	-3,00	63,40
	9,30	-2,40	-4,10	6,30	-43,10
	0,40	1,90	-8,00	-2,60	24,99
	-2,20	5,60	-6,40	4,50	97,79
	8,70	2,50	-8,30	-6,30	40,20

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
19	-4,90	-8,00	-3,60	9,00	16,00
	-5,20	-3,90	3,70	7,80	-0,22
	2,30	0,30	9,70	6,50	56,22
20	4,40	-4,10	8,60	-9,90	-9,69
	10,00	-2,20	-9,20	9,70	-141,59
	8,30	-2,80	-4,10	-3,60	-122,45
	-6,20	-3,20	5,90	-6,00	70,22

Лабораторная работа № 2. Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами.

Решить с точностью до 10^{-3} систему линейных алгебраических уравнений $AX = B$ используя следующие методы:

- метод простых итераций;
- метод Зейделя.

Показать выполнение преобразований исходной системы уравнений к итерационному виду и доказать сходимость итерационного процесса.

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
1	-10,00	-6,90	7,10	-5,50	-40,64
	-7,90	1,60	9,70	4,70	8,40
	7,40	-7,80	2,60	-1,50	-75,83
	6,20	0,50	2,20	-5,80	-107,46
2	5,70	-1,10	-1,00	4,20	25,86
	-9,50	9,30	-2,70	8,60	20,21
	1,50	7,70	-6,30	4,90	70,89
	5,40	0,80	-0,20	9,00	38,58
3	3,50	-2,50	2,40	3,20	-7,44
	-4,90	4,00	1,80	-9,10	10,39
	-0,10	-7,90	-4,00	5,20	31,68
	2,60	-0,20	-0,70	-7,90	72,23
4	-0,20	4,40	3,30	8,00	-14,73
	-8,10	-6,10	-7,30	-1,00	48,41
	9,90	-5,40	9,90	-7,90	-33,65
	-3,80	-3,50	8,90	9,80	3,73
5	-4,10	9,30	-8,10	5,50	-159,92
	8,40	5,20	-4,10	-7,50	31,73
	4,00	-5,20	0,40	4,00	71,36
	8,90	-0,50	5,00	-5,40	115,03
6	3,40	7,20	5,10	0,80	49,84
	-0,70	1,50	-1,80	-2,60	-45,19
	-5,80	-2,70	-2,20	-5,50	-85,52

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
	0,60	4,20	2,20	-1,60	-1,34
7	-8,60	-2,30	-8,20	-5,50	-13,20
	-1,70	-5,10	-5,00	-4,30	-44,87
	1,10	2,70	2,90	2,20	23,36
	8,30	-6,30	2,50	-0,40	-61,40
8	6,10	6,70	9,70	5,90	17,14
	4,40	2,20	6,10	3,20	-4,26
	-9,20	-6,30	3,30	-3,20	-131,94
	6,50	1,20	1,80	8,30	50,40
9	1,40	1,30	3,50	-9,20	-29,75
	-5,20	-2,80	-9,90	9,20	12,74
	-3,70	-2,10	-6,60	5,50	5,37
	8,00	-7,00	1,40	5,90	62,75
10	-8,90	-2,90	5,30	8,10	-57,11
	7,60	-8,00	-1,80	2,70	56,79
	-2,70	1,20	8,20	4,20	-48,70
	5,10	1,70	-8,00	2,80	32,35
11	-0,10	0,20	9,30	4,50	-49,76
	6,00	-6,00	-9,50	6,70	78,28
	-1,60	-2,40	-8,10	5,80	95,57
	-6,40	-0,20	-2,40	-1,80	54,26
12	-5,60	0,10	-6,60	5,60	0,40
	3,10	-2,90	-10,00	-4,70	1,28
	-9,60	5,60	-1,60	7,80	-37,48
	-2,20	-9,70	8,40	-2,40	22,64
13	8,90	8,60	8,40	2,30	134,95
	5,20	-6,90	-8,90	6,40	-10,69
	0,20	5,60	-1,30	-8,80	14,24
	8,30	-0,20	4,20	7,70	84,41
14	-7,10	2,20	1,80	6,80	76,44
	1,00	-7,60	4,70	-2,80	-35,90
	5,80	9,60	-1,40	3,00	-14,48
	7,40	-1,80	8,40	-8,30	-62,58
15	1,50	-3,20	-4,30	-3,40	-27,60
	5,10	0,10	-4,80	7,60	-32,24
	-0,20	4,70	-1,70	3,40	-28,36
	4,20	-1,40	-2,50	-5,60	-48,98
16	5,00	4,10	-2,30	-9,30	118,49
	-5,90	8,60	-3,00	-1,50	55,69
	5,00	1,60	-1,20	-10,00	111,82
	-2,50	9,30	-4,80	2,60	19,69
17	0,50	-3,90	7,60	-0,40	11,48
	-8,90	-5,60	4,60	9,10	-163,06

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
	0,00	-5,80	-0,30	7,50	-122,93
	9,50	9,60	-7,70	-1,30	113,54
	-2,90	7,80	-5,40	-3,00	63,40
	9,30	-2,40	-4,10	6,30	-43,10
18	0,40	1,90	-8,00	-2,60	24,99
	-2,20	5,60	-6,40	4,50	97,79
	8,70	2,50	-8,30	-6,30	40,20
	-4,90	-8,00	-3,60	9,00	16,00
19	-5,20	-3,90	3,70	7,80	-0,22
	2,30	0,30	9,70	6,50	56,22
	4,40	-4,10	8,60	-9,90	-9,69
	10,00	-2,20	-9,20	9,70	-141,59
20	8,30	-2,80	-4,10	-3,60	-122,45
	-6,20	-3,20	5,90	-6,00	70,22

Лабораторная работа № 3. Решение нелинейных алгебраических уравнений.

Вычислить с точностью до 10^{-3} корни алгебраического уравнения $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0$ используя следующие методы:

- метод половинного деления;
- метод хорд;
- метод касательных (метод Ньютона);
- метод одной касательной (упрощенный метод Ньютона);
- комбинированный метод;
- метод простых итераций.

№ варианта	Коэффициенты уравнения				№ варианта	Коэффициенты уравнения			
	a_3	a_2	a_1	a_0		a_3	a_2	a_1	a_0
1	0.1	-1.8	0.3	7.0	11	0.1	-1.7	2.4	7.0
2	0.1	-2.2	2.8	3.0	12	0.1	1.9	0.5	-9.0
3	0.1	6	0.1	-2.0	13	0.1	-2.7	2.1	6.0
4	0.1	2.1	0.7	-6.0	14	0.1	2.2	0.4	-6.0
5	0.1	-1.2	0.3	4.0	15	0.1	-2.7	2.7	5.0
6	0.1	1.2	0.4	-7.0	16	0.2	-3.7	2.4	6.0
7	0.1	1.4	0.3	-8.0	17	0.2	-0.3	-9.8	1.0
8	0.1	-2.0	2.3	6.0	18	0.2	-3.1	-0.1	7.0
9	0.1	1.8	0.1	-9.0	19	0.2	-2.9	-2.9	3.0

№ варианта	Коэффициенты уравнения				№ варианта	Коэффициенты уравнения			
	a_3	a_2	a_1	a_0		a_3	a_2	a_1	a_0
10	0.1	-5.2	0.8	3.0	20	0.2	-3.9	2.4	2.0

Лабораторная работа № 4. Решение систем нелинейных уравнений.

Решить с точностью до 10^{-3} систему нелинейных уравнений используя следующие методы:

- метод Ньютона;
- упрощенный метод Ньютона.

Исследовать влияние выбора точки начального приближения на скорость нахождения решения.

№ варианта	Система уравнений	№ варианта	Система уравнений
1	$\begin{cases} x^2 + y = y^2 + x, \\ y^2 + x = 6. \end{cases}$	11	$\begin{cases} \sqrt{x+y} + \sqrt{2x+y+2} = 7, \\ 2x+2y = 23. \end{cases}$
2	$\begin{cases} x^3 + y^3 = 19, \\ x^2y + xy^2 = -6. \end{cases}$	12	$\begin{cases} \sqrt[4]{x} + \sqrt[4]{y} = 3, \\ x + y = 17. \end{cases}$
3	$\begin{cases} x^2 + y - 20 = 0, \\ x + y^2 - 20 = 0. \end{cases}$	13	$\begin{cases} \sqrt[3]{x+2y} + \sqrt[3]{x-y+2} = 3, \\ 2x + y = 7. \end{cases}$
4	$\begin{cases} x^2 + y^4 = 20, \\ x^4 + y^2 = 20. \end{cases}$	14	$\begin{cases} x^3 + y^3 = 7, \\ x^3y^3 = -8. \end{cases}$
5	$\begin{cases} x^3 + 3xy^2 = 158, \\ 3x^2y + y^3 = -158. \end{cases}$	15	$\begin{cases} x^3 + y^3 = 9, \\ xy = 2. \end{cases}$
6	$\begin{cases} x^2 + y^2 = 34, \\ x + y + xy = 23. \end{cases}$	16	$\begin{cases} x^3 + y^3 = 35, \\ x + y = 5. \end{cases}$
7	$\begin{cases} x^2 + 2y^2 = 17, \\ x^2 - 2xy = -3. \end{cases}$	17	$\begin{cases} x - y = 1, \\ x^3 - y^3 = 7. \end{cases}$
8	$\begin{cases} \sqrt{x} + \sqrt{y} = 3, \\ \sqrt{x+5} + \sqrt{y+3} = 5. \end{cases}$	18	$\begin{cases} \frac{x}{y} - \frac{y}{x} = \frac{5}{6}, \\ x^2 - y^2 = 5. \end{cases}$
9	$\begin{cases} x^3 + y^3 = 9, \\ x^2y + xy^2 = 6. \end{cases}$	19	$\begin{cases} x^{-1} + y^{-1} = 5, \\ x^{-2} + y^{-2} = 13. \end{cases}$

№ варианта	Система уравнений	№ варианта	Система уравнений
10	$\begin{cases} x^4 + y^4 = 17, \\ x^2 + y^2 = 5. \end{cases}$	20	$\begin{cases} y^2 - xy = -12, \\ x^2 - xy = 28. \end{cases}$

Лабораторная работа № 5. Интерполяция функций.

Функция $y = f(x)$ задана в виде таблицы. С помощью интерполяционного полинома Лагранжа, первой и второй интерполяционных формул Ньютона необходимо вычислить:

- значение функции $f(x)$, при $x_0 \leq x \leq x_n$,
- значение функции $f(x)$, при $x \notin [x_0, x_n]$,
- значение аргумента x , при заданном значении $f(x)$.

Вариант 1	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.489	0.445	0.646	0.709	0.754	0.276	0.679	0.655	0.162	0.118
	$f(0.44)$										
	$f(0.97)$										
	$y = 0.21$										
Вариант 2	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.959	0.547	0.138	0.149	0.257	0.840	0.254	0.814	0.243	0.929
	$f(0.56)$										
	$f(0.93)$										
	$y = 0.20$										
Вариант 3	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.349	0.196	0.251	0.616	0.473	0.351	0.830	0.585	0.549	0.917
	$f(0.22)$										
	$f(0.99)$										
	$y = 0.30$										
Вариант 4	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.285	0.757	0.753	0.380	0.567	0.075	0.053	0.530	0.779	0.934
	$f(0.71)$										
	$f(0.98)$										
	$y = 0.16$										
Вариант 5	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.129	0.568	0.469	0.011	0.337	0.162	0.794	0.311	0.5285	0.165
	$f(0.12)$										
	$f(0.96)$										
	$y = 0.66$										
Вариант 6	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.601	0.262	0.654	0.689	0.748	0.450	0.083	0.228	0.913	0.152
	$f(0.48)$										

	$f(0.91)$										
	$y = 0.79$										
Вариант 7	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.825	0.538	0.996	0.078	0.442	0.106	0.961	0.004	0.774	0.817
	$f(0.12)$										
	$f(0.94)$										
	$y = 0.05$										
Вариант 8	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.868	0.084	0.399	0.259	0.800	0.431	0.910	0.181	0.263	0.145
	$f(0.31)$										
	$f(0.95)$										
	$y = 0.12$										
Вариант 9	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.075	0.239	0.123	0.183	0.239	0.417	0.049	0.902	0.944	0.490
	$f(0.62)$										
	$f(0.95)$										
	$y = 0.80$										
Вариант 10	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.131	0.942	0.956	0.575	0.059	0.234	0.353	0.821	0.015	0.043
	$f(0.67)$										
	$f(0.99)$										
	$y = 0.85$										
Вариант 11	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.183	0.368	0.625	0.780	0.081	0.929	0.775	0.486	0.435	0.446
	$f(0.33)$										
	$f(0.92)$										
	$y = 0.15$										
Вариант 12	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.939	0.875	0.550	0.622	0.587	0.207	0.301	0.470	0.230	0.844
	$f(0.37)$										
	$f(0.98)$										
	$y = 0.74$										
Вариант 13	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.730	0.488	0.578	0.237	0.458	0.963	0.546	0.521	0.231	0.488
	$f(0.82)$										
	$f(0.91)$										
	$y = 0.81$										
Вариант 14	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.903	0.890	0.334	0.698	0.197	0.030	0.744	0.500	0.479	0.904
	$f(0.12)$										
	$f(0.93)$										
	$y = 0.29$										
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900

15	y	0.609	0.617	0.859	0.805	0.576	0.182	0.239	0.886	0.028	0.489
	$f(0.69)$										
	$f(0.94)$										
	$y = 0.15$										
Вариант 16	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.167	0.978	0.712	0.500	0.471	0.059	0.681	0.042	0.071	0.521
	$f(0.41)$										
	$f(0.97)$										
	$y = 0.76$										
Вариант 17	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.399	0.526	0.416	0.656	0.627	0.291	0.431	0.015	0.984	0.167
	$f(0.26)$										
	$f(0.98)$										
	$y = 0.72$										
Вариант 18	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.106	0.372	0.198	0.489	0.339	0.951	0.920	0.052	0.737	0.269
	$f(0.71)$										
	$f(0.96)$										
	$y = 0.80$										
Вариант 19	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.699	0.638	0.033	0.068	0.319	0.530	0.654	0.407	0.819	0.718
	$f(0.73)$										
	$f(0.99)$										
	$y = 0.30$										
Вариант 20	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.281	0.440	0.527	0.457	0.875	0.518	0.943	0.637	0.957	0.240
	$f(0.26)$										
	$f(0.98)$										
	$y = 0.40$										

Лабораторная работа № 6. Аппроксимация функций.

Функция $y = f(x)$ задана в виде таблицы. Построить аппроксимирующий полином вида:

$$P_m(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m.$$

Для всех возможных m , вычислить значения полинома в узловых (табличных) точках и определить ошибку аппроксимации (невязку).

Вариант 1	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.489	0.445	0.646	0.709	0.754	0.276	0.679	0.655	0.162	0.118
Вариант 2	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	y	0.959	0.547	0.138	0.149	0.257	0.840	0.254	0.814	0.243	0.929
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900

3	y	0.349	0.196	0.251	0.616	0.473	0.351	0.830	0.585	0.549	0.917
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
4	y	0.285	0.757	0.753	0.380	0.567	0.075	0.053	0.530	0.779	0.934
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
5	y	0.129	0.568	0.469	0.011	0.337	0.162	0.794	0.311	0.5285	0.165
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
6	y	0.601	0.262	0.654	0.689	0.748	0.450	0.083	0.228	0.913	0.152
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
7	y	0.825	0.538	0.996	0.078	0.442	0.106	0.961	0.004	0.774	0.817
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
8	y	0.868	0.084	0.399	0.259	0.800	0.431	0.910	0.181	0.263	0.145
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
9	y	0.075	0.239	0.123	0.183	0.239	0.417	0.049	0.902	0.944	0.490
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
10	y	0.131	0.942	0.956	0.575	0.059	0.234	0.353	0.821	0.015	0.043
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
11	y	0.183	0.368	0.625	0.780	0.081	0.929	0.775	0.486	0.435	0.446
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
12	y	0.939	0.875	0.550	0.622	0.587	0.207	0.301	0.470	0.230	0.844
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
13	y	0.730	0.488	0.578	0.237	0.458	0.963	0.546	0.521	0.231	0.488
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
14	y	0.903	0.890	0.334	0.698	0.197	0.030	0.744	0.500	0.479	0.904
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
15	y	0.609	0.617	0.859	0.805	0.576	0.182	0.239	0.886	0.028	0.489
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
16	y	0.167	0.978	0.712	0.500	0.471	0.059	0.681	0.042	0.071	0.521
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
17	y	0.399	0.526	0.416	0.656	0.627	0.291	0.431	0.015	0.984	0.167
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
18	y	0.106	0.372	0.198	0.489	0.339	0.951	0.920	0.052	0.737	0.269
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
19	y	0.699	0.638	0.033	0.068	0.319	0.530	0.654	0.407	0.819	0.718
Вариант	x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
20	y	0.281	0.440	0.527	0.457	0.875	0.518	0.943	0.637	0.957	0.240

Лабораторная работа № 7. Численное интегрирование.

Вычислить определенный интеграл $I = \int_a^b f(x) dx$, используя следующие

методы:

- метод левых прямоугольников;
- метод правых прямоугольников;
- метод срединных прямоугольников;
- метод трапеций;

– – метод Симпсона;

Исследовать влияние числа разбиений интервала интегрирования на точность вычислений. Методом двойного пересчета (правило Рунге) исследовать влияние требуемой точности на скорость нахождения заданного интеграла.

№ варианта	Задание	№ варианта	Задание
1	$\int_0^{\pi} \cos^2(x) dx$	11	$\int_{-\pi}^{\pi/2} \sin^2(x) dx$
2	$\int_8^{27} \frac{1}{\sqrt[3]{x^2}} dx$	12	$\int_0^{\pi/4} (\sin(2x) - \cos(2x))^2 dx$
3	$\int_0^{3\pi/2} \frac{1}{\cos^2\left(\frac{2x}{9}\right)} dx$	13	$\int_0^{\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3} - 3x\right) dx$
4	$\int_{-\pi}^{2\pi} \sin\left(\frac{x}{2}\right) dx$	14	$\int_0^{\pi/2} \sin(x)\cos(x) dx$
5	$\int_0^{2\pi/3} \sin\left(\frac{\pi}{3} - 2x\right) dx$	15	$\int_0^2 (1+3x)^4 dx$
6	$\int_{-54}^9 \sqrt[3]{2 - \frac{x}{9}} dx$	16	$\int_0^{7/3} \frac{x+1}{\sqrt[3]{3x+1}} dx$
7	$\int_0^{0.5} \sqrt{1-x} dx$	17	$\int_1^e \frac{1}{0.5x} dx$
8	$\int_1^{0.5} \left(4x - \frac{1}{2x}\right) dx$	18	$\int_0^1 \frac{1}{\sqrt[3]{1+2x}} dx$
9	$\int_{\pi/6}^{\pi/4} (\operatorname{tg}(x) + \operatorname{ctg}(x))^{-1} dx$	19	$\int_0^{\pi} \cos^4(x) dx$
10	$\int_0^{\pi/2} \sin^4(x) dx$	20	$\int_0^1 \frac{x}{\sqrt{9+16x}} dx$

Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

Защита расчетно-графического задания возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. В результате собеседования студент должен описать суть выбранного алгоритма решения

поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд в программе, и показать связь между программой и блок-схемой реализованных алгоритмов.

№	Типовые вопросы
1.	Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера.
2.	Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения уточненным методом Эйлера.
3.	Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения методом прогноза и коррекции.
4.	Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты 4-го порядка.
5.	Алгоритм контроля точности вычислений при решении обыкновенного дифференциального уравнения.
6.	Отличия методов решения дифференциального уравнения с фиксированным и адаптивным шагом.
7.	Алгоритм решения системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений. Отличия от решения одного уравнения.
8.	Алгоритм решения дифференциального уравнения второго порядка. Отличие от решения уравнения первого порядка.
9.	Программная реализация метода Эйлера с фиксированным шагом.
10.	Программная реализация метода Эйлера с адаптивным шагом.
11.	Программная реализация уточненного метода Эйлера с фиксированным шагом.
12.	Программная реализация уточненного метода Эйлера с адаптивным шагом.
13.	Программная реализация метода прогноза и коррекции с фиксированным шагом.
14.	Программная реализация метода прогноза и коррекции с адаптивным шагом.
15.	Программная реализация метода Рунге-Кутты 4-го порядка с фиксированным шагом.
16.	Программная реализация метода Рунге-Кутты 4-го порядка с адаптивным шагом.
17.	Программная реализация контроля точности вычислений при решении обыкновенного дифференциального уравнения.
18.	Программная реализация сохранения результатов расчета в файл. Структура выходного файла.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных методов численного решения систем линейных алгебраических уравнений
	Знание основных методов численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений
	Знание основных методов численного интегрирования и

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
	дифференцирования
	Знание основных методов интерполяции и аппроксимации функций
	Знание основных методов численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Применение теоретических знаний при программной реализации численных методов
	Полнота и качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Качество оформления отчетов по заданию
Навыки	Самостоятельная работа по написанию программ, реализующих численные методы, в инструментальной среде Microsoft Visual Studio

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных методов численного решения систем линейных алгебраических уравнений	Не знает никаких методов численного решения систем линейных алгебраических уравнений	Знает хотя бы по одному прямому и итерационному методу численного решения систем линейных алгебраических уравнений	Знает основные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений	Знает все рассматриваемые в курсе методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений, их сравнительные преимущества и недостатки
Знание основных методов численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений	Не знает ни одного метода численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений	Знает хотя бы по одному методу численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений	Знает основные методы численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений	Знает все рассматриваемые в курсе методы численного решения нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений, их сравнительные преимущества и недостатки
Знание основных методов численного интегрирования и дифференцирования	Не знает никаких методов численного интегрирования и дифференцирования	Знает хотя бы по одному методу численного интегрирования и дифференцирования	Знает основные методы численного интегрирования и дифференцирования	Знает все рассматриваемые в курсе методы численного интегрирования и дифференцирования

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	я	ия	ия	дифференцированы, их сравнительные преимущества и недостатки
Знание основных методов интерполяции и аппроксимации функций	Не знает ни одного метода интерполяции и аппроксимации функций	Знает хотя бы один метод интерполяции или аппроксимации функций	Знает основные методы интерполяции и аппроксимации функций	Знает все рассматриваемые в курсе методы интерполяции и аппроксимации функций, их сравнительные преимущества и недостатки
Знание основных методов численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	Не знает никаких методов численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	Знает хотя бы по одному методу численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	Знает основные методы численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	Знает все рассматриваемые в курсе методы численного решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, их сравнительные преимущества и недостатки
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности, не понимает, что говорит	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Излагает знания без нарушений в логической последовательности, делает поясняющие выкладки корректно и понятно, грамотно и по существу излагает знания	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя, выполняет пояснения точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Применение теоретических знаний при программной реализации численных методов	Не умеет применить теоретические знания при написании программ	Применяет теоретические знания при написании программ в ограниченном объеме, использует только простые синтаксические конструкции и семантические приемы	Применяет необходимые теоретические знания при написании программ, но при этом выбирает не самый рациональный способ	Рационально и эффективно применяет необходимые теоретические знания при написании программ
Полнота и качество выполненного задания	Задание выполнено неверно, программа не компилируется	Задание выполнено не в полном объеме,	Задание выполнено полностью, но примененные подходы и методы нерациональны для данной задачи	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Самостоятельность выполнения задания	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Качество оформления отчетов по заданию	Отчеты оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Отчеты оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения, имеются несущественные несоответствия требованиям ГОСТ	Отчеты оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники и методы

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельная работа по написанию программ, реализующих численные методы, в инструментальной среде Microsoft Visual Studio	Не умеет работать в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, не может ни создать новый проект, ни открыть	Работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio и выполняет все основные операции, но с	Самостоятельно работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, выполняет все основные	Самостоятельно работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, может настраивать ее под свои задачи и

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	существующий, ни выполнять компиляцию, тестирование и отладку программы	незначительным и подсказками преподавателя	операции по программной реализации численных методов, но не владеет навыками отладки программ	выполняет эффективную программную реализацию численных методов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Компьютерный зал кафедры электроэнергетики и электротехники	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, персональные компьютеры (Intel Core i7-3770/ H81/ 8192Mb/ 1Tb/ 21.5"IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/DWD-RW), подключенные к сети «Интернет» с доступом в электронную информационно-образовательную среду
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633.
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
5	Microsoft Visual Studio 2019 Community	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	SMath Studio online (облачная версия)	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
7	SciLab 5.5.2 (или более поздняя)	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Зенков А.В. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Зенков. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 124 с. — 978-5-7996-1781-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68315.html>
2. Вагер Б.Г. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Г. Вагер. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 152 с. — 978-5-9227-0786-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78584.html>
3. Пименов В.Г. Численные методы. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Пименов. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 112 с. — 978-5-7996-1032-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68410.html>
4. Пименов В.Г. Численные методы. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 108 с. — 978-5-7996-1342-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68411.html>
5. Шевченко Г.И. Численные методы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Г.И. Шевченко, Т.А. Куликова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 107 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62885.html>
6. Тарасов В.Н. Численные методы. Теория, алгоритмы, программы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Тарасов, Н.Ф. Бахарева. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 266 с. — 5-7410-0451-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71903.html>

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. ISO/IEC JTC1/SC22/WG21 – Коммитет по стандартизации C++. ISO/IEC 14882:1998(E) Язык программирования C++ (англ.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/>. – Заглавие с экрана.
2. Стандартные библиотеки и язык C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

- <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh875057.aspx>. – Заглавие с экрана.
3. Портал о программировании Code-Live. C++ с нуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/>. – Заглавие с экрана.
 4. C++ reference. C reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.cppreference.com/w/>. – Заглавие с экрана.
 5. Руководства и справочные материалы по C/C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.codenet.ru/cat/Languages/C-CPP/Tutorials/>. – Заглавие с экрана.
 6. Хабрахабр, крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru>. – Заглавие с экрана.
 7. Online Documentation - Developer Express Inc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://documentation.devexpress.com/>. – Заглавие с экрана.
 8. Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.visualstudio.com/ru/>. – Заглавие с экрана.
 9. Вычислительные методы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вычислительные_методы. – Заглавие с экрана.
 10. Фридман, А. Язык программирования C++: Информация [Электронный ресурс] / Фридман А. // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/17/17/info>. – Заглавие с экрана.
 11. АЛЁНА C++. Программирование для прагматиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alenacpp.blogspot.ru>. – Заглавие с экрана.
 12. C++. Форум программистов C++. Обсуждение языка программирования C++. Помощь в решении задач, ответы на вопросы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
 13. Язык C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prog-cpp.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
 14. Программирование C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://function-x.ru/comp_prog_cpp.html. – Заглавие с экрана.
 15. Алгоритмы в C++ [Электронный ресурс]: PureCodeCpp. Основы программирования C++ для начинающих. – Режим доступа: <http://purecodecpp.com/algorithmy-v-c>. – Заглавие с экрана.
 16. Руководство по языку программирования C++ [Электронный ресурс]: METANIT.COM Сайт о программировании. – Режим доступа: <https://metanit.com/cpp/tutorial/>. – Заглавие с экрана.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой

А.В. Белоусов

Директор института

А.В. Белоусов