

**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

« 28 »  2019 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 автоматики**

Белгород – 2019

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

« 18 » мая 2019 г., протокол № 12

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

« 18 » мая 2019 г.

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

« 18 » мая 2019 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-2. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-2.7. Применяет математический аппарат численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений, интегрирования и дифференцирования, аппроксимации функций, решения дифференциальных уравнений и их систем	<b>Знания</b> основных методов численного решения задач линейной алгебры, теории приближения функций, интегрирования и дифференцирования, решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений; <b>Умения</b> решать типовые задачи с применением математического аппарата численных методов; <b>Навыки</b> 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	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 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 № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	68	68
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения	3	3

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
и промежуточной аттестации		
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	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
<b>1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент</b>					
1.1	Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности числа и функции. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Неустойчивые алгоритмы. Особенности машинной арифметики.	2			2
<b>2. Решение нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений</b>					
2.1	Вычисление корней нелинейных уравнений. Основные этапы решения. Метод половинного деления. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простых итераций. Сходимость.	2		4	5
<b>3. Решение систем линейных алгебраических уравнений</b>					
3.1	Постановка задачи. Прямые методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса (схема единственного деления). Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод Гаусса-Жордана. Связь метода Гаусса с разложением матрицы на множители. Теорема об LU разложении. Вычисление определителей. Обращение матриц.	2		6	8
3.2	Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Обусловленность систем линейных алгебраических	2		6	7

№ 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
	уравнений. Итерационные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Стационарные и нестационарные методы. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Сходимость итерационных методов.				
<b>4. Решение систем нелинейных уравнений</b>					
4.1	Решение систем нелинейных уравнений. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Метод Ньютона. Сходимость и оценка погрешности.	2		4	5
<b>5. Приближение функций</b>					
5.1	Постановка задачи и основные определения. Существование и единственность обобщенного интерполяционного многочлена. Интерполирование алгебраическими многочленами. Конечные и разделённые разности. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Оценка погрешности интерполяции.	2		6	7
5.2	Экстраполяция. Обратная интерполяция. Наилучшее приближение. Аппроксимация функций методом наименьших квадратов.	2		4	5
<b>6. Численное интегрирование и дифференцирование</b>					
6.1	Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Погрешность. Правило Рунге практической оценки погрешности интегрирования. Формулы Ньютона-Котеса. Численная устойчивость квадратурных формул. Квадратурные формулы Гаусса.	2		4	5
6.2	Приближенное вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод Монте-Карло.	2			1
6.3	Формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности. Некорректность. Регуляризация. Понятие сеточной функции. Простейшие операторы конечных разностей. Метод Рунге оценки погрешности и уточнения формул численного дифференцирования.	2			2
<b>7. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем</b>					
7.1	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.	2			2
7.2	Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений высших порядков, дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, систем дифференциальных уравнений.	2			1

№ 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
7.3	Решение жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Устойчивость. Методы Гира.	2			1
7.4	Численные методы решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений: метод стрельбы (пристрелки), конечно-разностный метод.	2			1
<b>8. Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными</b>					
8.1	Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач: аппроксимация, порядок аппроксимации, 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.	2			1
8.2	Постановка задачи для решения уравнений гиперболического типа. Конечно-разностная аппроксимация.	2			1
8.3	Постановка задачи для решения уравнений эллиптического типа. Конечно-разностная аппроксимация.	2			1
<b>ВСЕГО</b>		<b>34</b>		<b>34</b>	<b>51</b>

#### 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
<b>семестр № 4</b>				
1	Решение нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений	Решение нелинейных алгебраических уравнений	4	4
2	Решение систем линейных алгебраических уравнений	Решение систем линейных алгебраических уравнений точными методами	6	6
3	Решение систем линейных	Решение систем линейных алгебраических уравнений	6	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	алгебраических уравнений	итерационными методами		
4	Решение систем нелинейных уравнений	Решение систем нелинейных уравнений	4	4
5	Численное интегрирование и дифференцирование	Численное интегрирование	4	4
6	Приближение функций	Интерполяция функций	6	6
7	Приближение функций	Аппроксимация функций	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 использования численных методов при параметрической идентификации объектов управления.

**Задание на РГЗ.** Требуется методом наименьших квадратов определить коэффициенты передаточной функции  $W(s) = \frac{k}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$  по заданным значениям входного сигнала  $u$  и выходного сигнала  $y$ ; а также вычислить величину функции потерь  $E$ . Период дискретизации  $\tau_0 = 1$  с.

В отчете должны быть представлены: постановка задачи, численное решение (с иллюстрацией таблиц вычислений), описание подпрограмм, блок-схемы алгоритмов (подпрограммы и программа в целом), текст программы и результаты вычислений.

Пример типового задания

$u$	1,389	0,588	0,291	1,839	1,669	2,586	0,964	0,851	0,846	1,391	3,438
$y$	0	0,326	0,393	0,525	0,959	1,296	1,470	1,140	0,892	0,844	1,239

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-2. 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-2.7. 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"><li>1. Основные понятия математического моделирования. Методология "Модель-алгоритм-программа".</li><li>2. Понятие вычислительного эксперимента. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей.</li><li>3. Требования к численным методам. Понятия корректности и устойчивости.</li><li>4. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности числа и функции. Прямая и обратная задачи теории погрешностей.</li><li>5. Особенности машинной арифметики. Машинное представление целых и вещественных чисел.</li></ol>
2	Решение нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений	<ol style="list-style-type: none"><li>6. Постановка задачи решения нелинейных уравнений. Этапы решения.</li><li>7. Решение нелинейных уравнений методом половинного деления.</li><li>8. Решение нелинейных уравнений методом Ньютона.</li><li>9. Решение нелинейных уравнений с применением модифицированных методов Ньютона.</li><li>10. Решение нелинейных уравнений методом простых итераций.</li><li>11. Решение систем нелинейных уравнений методом</li></ol>



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		простых итераций.
3	Решение систем линейных алгебраических уравнений	<p>12. Постановка задачи и классификация численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.</p> <p>13. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.</p> <p>14. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента.</p> <p>15. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Жордана.</p> <p>16. Вычисление определителя матрицы методом Гаусса.</p> <p>17. Вычисление обратной матрицы методом Гаусса.</p> <p>18. Теорема об LU разложении. Связь метода Гаусса с разложением матрицы на множители.</p> <p>19. Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Сходимость последовательности векторов и матриц.</p> <p>20. Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений. Число обусловленности матрицы.</p> <p>21. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простых итераций.</p> <p>22. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Зейделя.</p> <p>23. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом наискорейшего спуска.</p> <p>24. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом сопряженных градиентов.</p> <p>25. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом вращений Якоби.</p>
4	Решение систем нелинейных уравнений	<p>26. Постановка задачи решения систем нелинейных уравнений. Этапы решения.</p> <p>27. Решение систем нелинейных уравнений методом простых итераций.</p> <p>28. Решение систем нелинейных уравнений методом Зейделя.</p> <p>29. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона.</p>
5	Приближение функций	<p>30. Постановка задачи приближения функций. Основные определения. Единственность интерполяционного многочлена.</p> <p>31. Приближение функций с применением интерполяционного полинома Лагранжа.</p> <p>32. Понятия конечных и разделенных разностей. Свойства.</p> <p>33. Приближение функций с применением первой интерполяционной формулы Ньютона.</p> <p>34. Приближение функций с применением второй интерполяционной формулы Ньютона.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>35. Многочлены Чебышева. Применение при интерполяции.</p> <p>36. Сплайн-интерполяция. Преимущества и недостатки.</p> <p>37. Постановка задачи экстраполяции. Применение интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона.</p> <p>38. Постановка задачи обратной интерполяции. Возможность применения полиномов Лагранжа и Ньютона.</p> <p>39. Наилучшее приближение функций. Постановка задачи. Аппроксимация методом наименьших квадратов.</p>
6	Численное интегрирование и дифференцирование	<p>40. Численное интегрирование функций. Постановка задачи. Квадратурные формулы.</p> <p>41. Численное интегрирование функций методом прямоугольников.</p> <p>42. Численное интегрирование функций методом трапеций.</p> <p>43. Численное интегрирование функций методом Симпсона.</p> <p>44. Правило Рунге практической оценки погрешности численного интегрирования функций.</p> <p>45. Квадратурные формулы Гаусса численного интегрирования.</p> <p>46. Приближенное вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло.</p> <p>47. Формулы численного дифференцирования. Сеточная функция.</p> <p>48. Метод Рунге оценки погрешности и уточнения формул численного дифференцирования.</p>
7	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем	<p>49. Постановка задачи Коши решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Классификация методов.</p> <p>50. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера.</p> <p>51. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений уточненным методом Эйлера.</p> <p>52. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогноза и коррекции.</p> <p>53. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений неявным методом Эйлера.</p> <p>54. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.</p> <p>55. Контроль точности вычислений при решении обыкновенных дифференциальных уравнений.</p> <p>56. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи и пример решения.</p> <p>57. Решение дифференциальных уравнений высших</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		порядков в форме Коши. 58. Решение жестких систем дифференциальных уравнений.
8	Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными	59. Постановка задачи решения дифференциальных уравнений с частными производными. Конечно-разностная аппроксимация. 60. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом сеток. 61. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом итераций.

### **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 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
10	0.1	-5.2	0.8	3.0	20	0.2	-3.9	2.4	2.0

**Лабораторная работа № 2.** 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
	3,50	-2,50	2,40	3,20	-7,44

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 4$
3	-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
	-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

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
19	8,70	2,50	-8,30	-6,30	40,20
	-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 № 3.** 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
3	5,40	0,80	-0,20	9,00	38,58
	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
4	2,60	-0,20	-0,70	-7,90	72,23
	-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
5	-3,80	-3,50	8,90	9,80	3,73
	-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
6	8,90	-0,50	5,00	-5,40	115,03
	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
7	0,60	4,20	2,20	-1,60	-1,34
	-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	8,30	-6,30	2,50	-0,40	-61,40
	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
9	6,50	1,20	1,80	8,30	50,40
	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
	-8,90	-2,90	5,30	8,10	-57,11

№ варианта	$A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$				$B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$
10	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
19	8,70	2,50	-8,30	-6,30	40,20
	-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 № 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	$\begin{cases} x^{-1} + y^{-1} = 5, \\ x^{-2} + y^{-2} = 13. \end{cases}$
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. 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	$\int_{\pi/6}^{\pi/4} (tg(x) + ctg(x))^{-1} dx$	19	$\int_0^{\pi} \cos^4(x) dx$
10	$\int_0^{\pi/2} \sin^4(x) dx$	20	$\int_0^1 \frac{x}{\sqrt{9+16x}} dx$

### Лабораторная работа № 6. 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 15	$x$	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	$y$	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 № 7. 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 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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
Вариант 15	$x$	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900
	$y$	0.609	0.617	0.859	0.805	0.576	0.182	0.239	0.886	0.028	0.489
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
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
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
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
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

### 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 сущность 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.	Определение передаточной функции. Связь передаточной функции с уравнением движения.
2.	Преобразование Лапласа и его свойства.
3.	Переходная характеристика передаточной функции апериодического звена второго порядка.
4.	Сущность задачи идентификации объекта управления. Особенности пассивной идентификации.
5.	Конечно-разностные уравнения и их свойства.
6.	Применение метода наименьших квадратов при решении задач идентификации.
7.	Критерии идентификации. Вычисление невязки.
8.	Вычисление определителя и обратной матрицы.
9.	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
10.	Методы решения систем нелинейных уравнений.

#### 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 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
Умения	Четкость изложения и интерпретации знаний
	Применение теоретических знаний при программной реализации численных методов
	Полнота и качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
Навыки	Качество оформления отчетов по заданию
	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, 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

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
				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

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
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	Отчеты 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 существующий, ни выполнять компиляцию, тестирование и отладку программы	Работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio и выполняет все основные операции, но с незначительным и подсказками преподавателя	Самостоятельно работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, выполняет все основные операции по программной реализации численных методов, но не владеет навыками отладки программ	Самостоятельно работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, может настраивать ее под свои задачи и 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



№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
		компьютеры (Intel Core i7-3770/ H81/ 8192Mb/ 1Тб/ 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. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
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. Срок действия лицензии 19.08.2022г
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Microsoft Visual Studio 2019 Community	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	PTC MathCad Prime 4.0 Express	Бесплатная ознакомительная версия
7	SMath Studio 0.98 (сборка 6484)	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Кокотушкин Г.А. Численные методы алгебры и приближения функций [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Численные методы» / Г.А. Кокотушкин, А.А. Федотов, П.В. Храпов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 60 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31590.html>
2. Кондаков Н.С. Основы численных методов [Электронный ресурс] : практикум / Н.С. Кондаков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский гуманитарный университет, 2014. — 92 с. — 978-5-98079-981-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39690.html>
3. 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>
4. 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>
  5. 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>
  6. 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>
  7. 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>
  8. Шевцов Г.С. Численные методы линейной алгебры. [Электронный ресурс] / Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 496 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1800> — Загл. с экрана.
  9. 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**

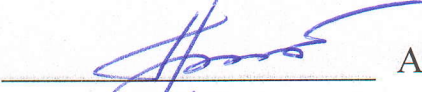
1. ISO/IEC JTC1/SC22/WG21 – Комитет по стандартизации C++. ISO/IEC 14882:1998(E) Язык программирования C++ (англ.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/>. – Заглавие с экрана.
2. Стандартные библиотеки и язык C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh875057.aspx>. – 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](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](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/algoritmy-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.

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «15» мая 2021г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.

Директор института \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.