

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

СОГЛАСОВАНО

Директор института заочного образования

канд. пед. наук, доцент  С.Е. Спесивцева

« 20 » _____ 2021 г.



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

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород 2021

Программа дисциплины составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом № 144 Министерства образования и науки Российской Федерации 28 февраля 2018 г.

▪ учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук _____ (А. С. Солдатенков)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » _____ 2021 г., протокол № _____

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 » _____ 2021 г.

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

« 20 » _____ 2021 г., протокол № _____

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 | <p>Знания основных методов численного решения задач линейной алгебры, теории приближения функций, интегрирования и дифференцирования, решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений;</p> <p>Умения решать типовые задачи с применением математического аппарата численных методов;</p> <p>Навыки создания, тестирования и отладки программ, реализующих численные методы при решении задач в области профессиональной деятельности.</p> |

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 (6 семестр)

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 6 |
|---|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 144 | 144 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 8 | 8 |
| лекции | 4 | 4 |
| лабораторные | 4 | 4 |
| практические | - | - |
| групповые консультации в период теоретического обучения | - | - |

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 6 |
|---|-------------|-------------|
| и промежуточной аттестации | | |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 136 | 136 |
| Курсовой проект | - | - |
| Курсовая работа | - | - |
| Расчетно-графическое задание | 18 | 18 |
| Индивидуальное домашнее задание | - | - |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 118 | 118 |
| Экзамен | - | - |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 6

| № 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. | 1 | | | 4 |
| 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. | 1 | | 4 | 14 |
| 2.2 | Векторные и матричные нормы. Итерационные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций. Метод Зейделя. | 1 | | | 8 |
| 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. | 1 | | | 6 |
| 3.1 | Решение систем нелинейных уравнений. Метод | | | | 6 |

| № 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. | | | | 6 |
| 4.2 | Конечные и разделённые разности. Интерполяционные полиномы Ньютона. Экстраполяция. Обратная интерполяция | | | | 6 |
| 4.3 | Аппроксимация функций методом наименьших квадратов. | | | | 6 |
| 5. Численное интегрирование и дифференцирование | | | | | |
| 5.1 | Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Погрешность. Правило Рунге практической оценки погрешности интегрирования. | | | | 6 |
| 5.2 | Приближенное вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод Монте-Карло. | | | | 4 |
| 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. | | | | 4 |
| 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 Ричардсона. | | | | 10 |
| 6.2 | Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений высших порядков, систем дифференциальных уравнений. | | | | 8 |
| 6.3 | Решение жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Устойчивость. Методы Гира. | | | | 8 |
| 7. Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными | | | | | |
| 7.1 | Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач: аппроксимация, порядок аппроксимации, | | | | 6 |

| № 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. | | | | 8 |
| 7.3 | Постановка задачи для решения уравнений эллиптического типа. Конечно-разностная аппроксимация. | | | | 8 |
| | ВСЕГО | 4 | | 4 | 118 |

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 | 4 | 12 |
| ИТОГО: | | | 4 | 12 |

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 аудитория 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 **шестого 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 относительная погрешности. 5. Особенности машинной арифметики. Машинное представление целых и вещественных чисел. |
| 2 | Решение систем линейных алгебраических уравнений | <ol style="list-style-type: none"> 6. Постановка задачи и классификация численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений. 7. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса. 8. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента. 9. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Жордана. |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|----------|---|--|
| | | <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 | <p>28. Постановка задачи приближения функций. Основные 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.</p> |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|--|--|
| | | <p>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 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 6 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 |

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

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

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 системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса |
| 2. | Алгоритм системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента. |
| 3. | Алгоритм системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Жордана. |
| 4. | Алгоритм вычисления определителя методом Гаусса. |
| 5. | Алгоритм вычисления обратной матрицы методом Гаусса-Жордана. |
| 6. | Как в программе задаются необходимые матрицы и вектора? |
| 7. | Как осуществляется выбор ведущего элемента в методе Гаусса? |
| 8. | Как снизить погрешность вычислений при решении системы методом Гаусса? |
| 9. | Программная реализация метода Гаусса при решении СЛАУ. |
| 10. | Программная реализация метода Гаусса с выбором главного элемента при решении СЛАУ. |
| 11. | Программная реализация метода Гаусса-Жордана при решении СЛАУ. |
| 12. | Программная реализация метода Гаусса при вычислении определителя. |
| 13. | Программная реализация метода Гаусса-Жордана при вычислении обратной матрицы. |
| 14. | Как организована передача матриц в подпрограммы? Как организован возврат вычисленных корней из подпрограмм? |
| 15. | Как осуществляется сортировка корней в правильном порядке в случае перестановок столбцов матрицы коэффициентов при реализации метода Гаусса с выбором главного элемента? |

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 |

| Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине | Критерий оценивания |
|--|--|
| | 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, 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 | Знает основные методы интерполяции и аппроксимации функций | Знает все рассматриваемые в курсе методы интерполяции и аппроксимации |

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|--|--|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | функций | | 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 | Применяет необходимые теоретические знания при написании программ, но | Рационально и эффективно применяет необходимые теоретические знания при |

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|---|---|--|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | объеме, использует только простые синтаксические конструкции и семантические приемы | при этом выбирает не самый рациональный способ | 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 | 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 компьютеры (Intel Core i7-3770/ N81/ 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. 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 |
| 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 – 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. – 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