

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 » апреля 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2022

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.;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: канд. техн. наук \_\_\_\_\_ (А. С. Солдатенков)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 9

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)

« 26 » апреля 2022 г.

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

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

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 | <b>Знания</b> основных методов численного решения задач линейной алгебры, теории приближения функций, интегрирования и дифференцирования, решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений;<br><b>Умения</b> решать типовые задачи с применением математического аппарата численных методов;<br><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      | 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 (3 семестр)

| Вид учебной работы                                      | Всего часов | Семестр № 3 |
|---|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час                      | 144         | 144         |
| <b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>  | 71          | 71          |
| 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 3

| № 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. Абсолютная и относительная погрешности. Модель, алгоритм, программа. Вычислительный эксперимент. | 2   |                      |                      | 1  |
| <b>2. Решение систем линейных алгебраических уравнений</b>          |  |   |                      |                      |  |
| 2.1   | Постановка задачи. Прямые методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса (схема единственного деления). Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод Гаусса-Жордана. Вычисление определителей и обращение матриц. | 2   |                      | 6                    | 7  |
| 2.2   | Векторные и матричные нормы. Итерационные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций. Метод Зейделя.   | 2   |                      | 6                    | 7  |
| <b>3. Решение нелинейных алгебраических уравнений и их систем</b>   |  |   |                      |                      |  |
| 3.1   | Вычисление корней нелинейных уравнений. Основные этапы решения. Отделение корней и уточнение корней. Метод половинного деления. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простых итераций. Сходимость.   | 2   |                      | 4                    | 5  |
| 3.1   | Решение систем нелинейных уравнений. Метод   | 2   |                      | 4                    | 5  |

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

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

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

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

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено одно расчетно-графическое задание.

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

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

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

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

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

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

В отчете должны быть представлены: постановка задачи; аналитическое

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

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

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **5.1. Реализация компетенций**

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

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

### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

**Промежуточная аттестация** осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **третьего 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.</li> <li>4. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности.</li> </ol> |



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

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

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

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

**Текущий контроль** осуществляется в течение 3 семестра в форме собеседования, защиты лабораторных работ, выполнения и защиты РГЗ.

#### **Защита лабораторных работ**

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

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

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

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

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

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

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

| № варианта | $A = \{a_{i,j}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 4$ |       |       |       | $B = \{b_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 4$ |
|------------|--|-------|-------|-------|---|
| 1          | -10,00   | -6,90 | 7,10  | -5,50 | -40,64                                  |
|            | -7,90  | 1,60  | 9,70  | 4,70  | 8,40                                    |
|            | 7,40   | -7,80 | 2,60  | -1,50 | -75,83                                  |
|            | 6,20   | 0,50  | 2,20  | -5,80 | -107,46                                 |
| 2          | 5,70   | -1,10 | -1,00 | 4,20  | 25,86                                   |
|            | -9,50  | 9,30  | -2,70 | 8,60  | 20,21                                   |
|            | 1,50   | 7,70  | -6,30 | 4,90  | 70,89                                   |
|            | 5,40   | 0,80  | -0,20 | 9,00  | 38,58                                   |
| 3          | 3,50   | -2,50 | 2,40  | 3,20  | -7,44                                   |
|            | -4,90  | 4,00  | 1,80  | -9,10 | 10,39                                   |
|            | -0,10  | -7,90 | -4,00 | 5,20  | 31,68                                   |
|            | 2,60   | -0,20 | -0,70 | -7,90 | 72,23                                   |
| 4          | -0,20  | 4,40  | 3,30  | 8,00  | -14,73                                  |
|            | -8,10  | -6,10 | -7,30 | -1,00 | 48,41                                   |
|            | 9,90   | -5,40 | 9,90  | -7,90 | -33,65                                  |
|            | -3,80  | -3,50 | 8,90  | 9,80  | 3,73                                    |
| 5          | -4,10  | 9,30  | -8,10 | 5,50  | -159,92                                 |
|            | 8,40   | 5,20  | -4,10 | -7,50 | 31,73                                   |
|            | 4,00   | -5,20 | 0,40  | 4,00  | 71,36                                   |
|            | 8,90   | -0,50 | 5,00  | -5,40 | 115,03                                  |
| 6          | 3,40   | 7,20  | 5,10  | 0,80  | 49,84                                   |
|            | -0,70  | 1,50  | -1,80 | -2,60 | -45,19                                  |
|            | -5,80  | -2,70 | -2,20 | -5,50 | -85,52                                  |
|            | 0,60   | 4,20  | 2,20  | -1,60 | -1,34                                   |
| 7          | -8,60  | -2,30 | -8,20 | -5,50 | -13,20                                  |
|            | -1,70  | -5,10 | -5,00 | -4,30 | -44,87                                  |
|            | 1,10   | 2,70  | 2,90  | 2,20  | 23,36                                   |
|            | 8,30   | -6,30 | 2,50  | -0,40 | -61,40                                  |
| 8          | 6,10   | 6,70  | 9,70  | 5,90  | 17,14                                   |
|            | 4,40   | 2,20  | 6,10  | 3,20  | -4,26                                   |
|            | -9,20  | -6,30 | 3,30  | -3,20 | -131,94                                 |
|            | 6,50   | 1,20  | 1,80  | 8,30  | 50,40                                   |

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

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

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

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

- метод простых итераций;
- метод Зейделя.

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

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

| №<br>варианта | $A = \{a_{i,j}\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 4$ |       |        |        | $B = \{b_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 4$ |
|---------------|--|-------|--------|--------|---|
| 7             | -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                                  |

| № варианта | $A = \{a_{i,j}\}, i, j = 1, 2, \dots, 4$ |       |       |       | $B = \{b_i\}, i = 1, 2, \dots, 4$ |
|------------|--|-------|-------|-------|-----------------------------------|
| 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 № 3.** Решение нелинейных алгебраических уравнений.

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

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

| № варианта | Коэффициенты уравнения |       |       |       | № варианта | Коэффициенты уравнения |       |       |       |
|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
|            | $a_3$                  | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |            | $a_3$                  | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |
| 1          | 0.1                    | -1.8  | 0.3   | 7.0   | 11         | 0.1                    | -1.7  | 2.4   | 7.0   |
| 2          | 0.1                    | -2.2  | 2.8   | 3.0   | 12         | 0.1                    | 1.9   | 0.5   | -9.0  |
| 3          | 0.1                    | 6     | 0.1   | -2.0  | 13         | 0.1                    | -2.7  | 2.1   | 6.0   |
| 4          | 0.1                    | 2.1   | 0.7   | -6.0  | 14         | 0.1                    | 2.2   | 0.4   | -6.0  |
| 5          | 0.1                    | -1.2  | 0.3   | 4.0   | 15         | 0.1                    | -2.7  | 2.7   | 5.0   |
| 6          | 0.1                    | 1.2   | 0.4   | -7.0  | 16         | 0.2                    | -3.7  | 2.4   | 6.0   |
| 7          | 0.1                    | 1.4   | 0.3   | -8.0  | 17         | 0.2                    | -0.3  | -9.8  | 1.0   |
| 8          | 0.1                    | -2.0  | 2.3   | 6.0   | 18         | 0.2                    | -3.1  | -0.1  | 7.0   |
| 9          | 0.1                    | 1.8   | 0.1   | -9.0  | 19         | 0.2                    | -2.9  | -2.9  | 3.0   |
| 10         | 0.1                    | -5.2  | 0.8   | 3.0   | 20         | 0.2                    | -3.9  | 2.4   | 2.0   |



#### Лабораторная работа № 4. Решение систем нелинейных уравнений.

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

- метод Ньютона;
- упрощенный метод Ньютона.

Исследовать влияние выбора точки начального приближения на скорость нахождения решения.

| № варианта | Система уравнений  | № варианта | Система уравнений  |
|------------|--|------------|--|
| 1          | $\begin{cases} x^2 + y = y^2 + x, \\ y^2 + x = 6. \end{cases}$                       | 11         | $\begin{cases} \sqrt{x+y} + \sqrt{2x+y+2} = 7, \\ 2x+2y = 23. \end{cases}$             |
| 2          | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 19, \\ x^2y + xy^2 = -6. \end{cases}$                     | 12         | $\begin{cases} \sqrt[4]{x} + \sqrt[4]{y} = 3, \\ x + y = 17. \end{cases}$              |
| 3          | $\begin{cases} x^2 + y - 20 = 0, \\ x + y^2 - 20 = 0. \end{cases}$                   | 13         | $\begin{cases} \sqrt[3]{x+2y} + \sqrt[3]{x-y+2} = 3, \\ 2x + y = 7. \end{cases}$       |
| 4          | $\begin{cases} x^2 + y^4 = 20, \\ x^4 + y^2 = 20. \end{cases}$                       | 14         | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 7, \\ x^3y^3 = -8. \end{cases}$                             |
| 5          | $\begin{cases} x^3 + 3xy^2 = 158, \\ 3x^2y + y^3 = -158. \end{cases}$                | 15         | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 9, \\ xy = 2. \end{cases}$                                  |
| 6          | $\begin{cases} x^2 + y^2 = 34, \\ x + y + xy = 23. \end{cases}$                      | 16         | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 35, \\ x + y = 5. \end{cases}$                              |
| 7          | $\begin{cases} x^2 + 2y^2 = 17, \\ x^2 - 2xy = -3. \end{cases}$                      | 17         | $\begin{cases} x - y = 1, \\ x^3 - y^3 = 7. \end{cases}$                               |
| 8          | $\begin{cases} \sqrt{x} + \sqrt{y} = 3, \\ \sqrt{x+5} + \sqrt{y+3} = 5. \end{cases}$ | 18         | $\begin{cases} \frac{x}{y} - \frac{y}{x} = \frac{5}{6}, \\ x^2 - y^2 = 5. \end{cases}$ |
| 9          | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 9, \\ x^2y + xy^2 = 6. \end{cases}$                       | 19         | $\begin{cases} x^{-1} + y^{-1} = 5, \\ x^{-2} + y^{-2} = 13. \end{cases}$              |
| 10         | $\begin{cases} x^4 + y^4 = 17, \\ x^2 + y^2 = 5. \end{cases}$                        | 20         | $\begin{cases} y^2 - xy = -12, \\ x^2 - xy = 28. \end{cases}$                          |

#### Лабораторная работа № 5. Интерполяция функций.

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

необходимо вычислить:

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

|              |            |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Вариант<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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       | $x$        | 0.000 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.500 | 0.600 | 0.700 | 0.800 | 0.900 |

|               |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17            | $y$        | 0.399 | 0.526 | 0.416 | 0.656 | 0.627 | 0.291 | 0.431 | 0.015 | 0.984 | 0.167 |
|               | $f(0.26)$  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|               | $f(0.98)$  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|               | $y = 0.72$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Вариант<br>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<br>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<br>20 | $x$        | 0.000 | 0.100 | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.500 | 0.600 | 0.700 | 0.800 | 0.900 |
|               | $y$        | 0.281 | 0.440 | 0.527 | 0.457 | 0.875 | 0.518 | 0.943 | 0.637 | 0.957 | 0.240 |
|               | $f(0.26)$  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|               | $f(0.98)$  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|               | $y = 0.40$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

### Лабораторная работа № 6. Аппроксимация функций.

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

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

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

|              |     |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Вариант<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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 |

### Лабораторная работа № 7. Численное интегрирование.

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

методы:

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

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

| № варианта | Задание                     | № варианта | Задание                            |
|------------|-----------------------------|------------|------------------------------------|
| 1          | $\int_0^{\pi} \cos^2(x) dx$ | 11         | $\int_{-\pi}^{\pi/2} \sin^2(x) dx$ |

|    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| 2  | $\int_8^{27} \frac{1}{\sqrt[3]{x^2}} dx$                                      | 12 | $\int_0^{\pi/4} (\sin(2x) - \cos(2x))^2 dx$            |
| 3  | $\int_0^{3\pi/2} \frac{1}{\cos^2\left(\frac{2x}{9}\right)} dx$                | 13 | $\int_0^{\pi} \cos\left(\frac{2\pi}{3} - 3x\right) dx$ |
| 4  | $\int_{-\pi}^{2\pi} \sin\left(\frac{x}{2}\right) dx$                          | 14 | $\int_0^{\pi/2} \sin(x)\cos(x) dx$                     |
| 5  | $\int_0^{2\pi/3} \sin\left(\frac{\pi}{3} - 2x\right) dx$                      | 15 | $\int_0^2 (1+3x)^4 dx$                                 |
| 6  | $\int_{-54}^9 \sqrt[3]{2 - \frac{x}{9}} dx$                                   | 16 | $\int_0^{7/3} \frac{x+1}{\sqrt[3]{3x+1}} dx$           |
| 7  | $\int_0^{0.5} \sqrt{1-x} dx$  | 17 | $\int_1^e \frac{1}{0.5x} dx$                           |
| 8  | $\int_1^{0.5} \left(4x - \frac{1}{2x}\right) dx$                              | 18 | $\int_0^1 \frac{1}{\sqrt[3]{1+2x}} dx$                 |
| 9  | $\int_{\pi/6}^{\pi/4} (\operatorname{tg}(x) + \operatorname{ctg}(x))^{-1} dx$ | 19 | $\int_0^{\pi} \cos^4(x) dx$                            |
| 10 | $\int_0^{\pi/2} \sin^4(x) dx$   | 20 | $\int_0^1 \frac{x}{\sqrt{9+16x}} dx$                   |

### Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

Защита расчетно-графического задания возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. В результате собеседования студент должен описать суть выбранного алгоритма решения поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд в программе, и показать связь между программой и блок-схемой реализованных алгоритмов.

| №  | Типовые вопросы  |
|----|--|
| 1. | Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера.               |
| 2. | Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения уточненным методом Эйлера.    |
| 3. | Алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения методом прогноза и коррекции. |

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

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Критериями оценивания достижений показателей являются:

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

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



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

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

| Критерий   | Уровень освоения и оценка                                      |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Применение теоретических знаний при программной реализации численных методов | Не умеет применить теоретические знания при написании программ | Применяет теоретические знания при написании программ в ограниченном объеме, использует только простые | Применяет необходимые теоретические знания при написании программ, но при этом выбирает не самый | Рационально и эффективно применяет необходимые теоретические знания при написании программ |

| Критерий                                | Уровень освоения и оценка   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
|   | 2   | 3   | 4  | 5  |
|   |   | синтаксические конструкции и семантические приемы   | рациональный способ  |  |
| 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/ H81/ 8192Mb/ 1Tb/ 21.5"IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/DWD-RW), подключенные к сети «Интернет» с доступом в электронную информационно-образовательную среду |
| 4 | Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы                       | Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду   |

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

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