

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Обязательная</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>Б1.О.24</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр–3</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108</b>
<b>Лекции</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр– 16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>3 семестр– 16 часов</b>
<b>Консультации по курсовому проекту/ работе:</b>	<b>учебным паном не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр–58 часов</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> зачет с оценкой	<b>3 семестр–0,3 часа</b>
<b>Контроль:</b> зачет с оценкой	<b>3 семестр–17,7 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

А.А. Смирнов  
(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой ФД  
(название кафедры)

  
(подпись)

Н.Г. Ходырева  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой  
Энергетики  
(название кафедры)

  
(подпись)

М.С. Иваницкий  
(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является изучение вычислительных методов, наиболее часто используемых в практике инженерных и научно-технических расчетов, рассмотрение особенностей реализации вычислительных алгоритмов на ЭВМ и оценка достоверности полученных результатов.

**Задачами дисциплины являются:**

- формирование систематических знаний о современных методах прикладной информатики, её месте и роли в системе наук;
- расширение и углубление понятий математики, информатики, численных методов;
- развитие абстрактного мышления, вычислительной, алгоритмической культур и общей математической и информационной культуры;
- изучение численных методов в приложении к решению прикладных задач теплового расчета элементов теплоэнергетического оборудования и отдельных технологических процессов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1.1. Применяет средства информационных технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– основные понятия и теоретические основания численных методов</li><li>– общеизвестный набор стандартных методов решения типовых вычислительных задач на ЭВМ</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– использовать теорию и алгоритмы численных методов при реализации прикладных задач</li></ul>
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-2.1. Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– основные методы и алгоритмы численных методов</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– использовать численные методы для решения прикладных задач</li><li>– использовать полученные знания для постановки и решения исследовательских задач, проводить исследования, связанные с основными понятиями и тематикой курса</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на знании дисциплин: «Информатика», «Основы программирования».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учеб- ной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по рабочей программе и страниц или § в нем)	
				Контактная						СР	Контроль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Основы теории по- грешности	12	3	–	2	–	–	–	–	10	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] стр. 23–42, 43-79.	
2	Численные методы ре- шения уравнений	22	3	–	4	4	–	–	–	14	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] стр. 80-120, 174-210, [3] стр. 81-90	
3	Интерполяция и Ап- проксимация	24	3	–	6	4	–	–	–	14	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [3] стр. 91-112, [2] 13-26	
4	Численное дифферен- цирование и интегриро- вание	32	3	–	4	8	–	–	–	20	–	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1] стр. 364-374, 375-408, [2] стр. 128-205, [3] стр. 113- 129, 130-154.	
	Зачет	18	3	–	–	–	–	–	0,3	–	17,7	Зачет по совокупности результатов текущего контроля успеваемости	
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>		<b>0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,3</b>	<b>58</b>	<b>17,7</b>		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### **3.2. Краткое содержание разделов**

#### *1. Основы теории погрешности*

Понятие и свойства погрешностей. Неустраняемая и вычислительная погрешности. Абсолютная, относительная погрешности. Оценка погрешности.

#### *2. Численные методы решения уравнений*

Определение существования корня на отрезке. Локализация (отделение корней). Уточнение корней. Конечные методы решения нелинейного уравнения. Метод половинного деления (бисекции). Метод хорд. Метод Ньютона (метод касательных). Сравнительная характеристика методов. Итерационные методы. Численное решение системы нелинейных уравнений. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Основной и модифицированные методы Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера и метод прогноза и коррекции Эйлера-Коши.

#### *3. Интерполяция и аппроксимация*

Аппроксимация функций. Интерполяция и экстраполяция. Интерполяционные многочлены. Конечноразностные интерполяционные формулы. Полиномы Лагранжа и Ньютона. Погрешность интерполяции. Интерполяционные сплайны и тригонометрическая интерполяция. Методы аппроксимации. Метод наименьших квадратов (МНК). Сравнительная характеристика методов.

#### *4. Численное дифференцирование и интегрирование*

Проблема численного дифференцирования и интегрирования зависимостей. Численные формулы дифференцирования. Остаточные члены простейших формул и их оценка. Методы Рунге практической оценки погрешностей. Сравнительная характеристика методов. Задача численного интегрирования. Формула Ньютона-Котеса. Коэффициенты Котеса и их свойства. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций и Симпсона. Практическая оценка погрешности. Дифференциальные уравнения. Задача Коши и краевая задача. Численное интегрирование дифференциальных уравнений. Одношаговые и многошаговые методы. Методы Рунге-Кутты: метод Эйлера, методы 2-го и 4-го порядка.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Методы вычислений. Элементарные сведения (2 часа).
2. Численное решение нелинейных уравнений. (4 часа).
3. Методы интерполяции зависимостей (4 часа).
4. Интерполяция, аппроксимация и экстраполяция (2 часа).
5. Численное дифференцирование и интегрирование (4 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ:**

1. Численное решение нелинейных уравнений. Применение ЭВМ для решения задач (4 часа).
2. Приближение функций и аппроксимация. Интерполяция и экстраполяция методами Ньютона, Лагранжа и методом наименьших квадратов. Вычисление погрешности аппроксимации. Сплайн-интерполяция (4 часа).
3. Вычисление интегралов с помощью многократных методов прямоугольников, трапеций и Симпсона. Решение задачи Коши методом Рунге-Кутты (4 часа).
4. Расчет температурного поля с применением численного дифференцирования с граничными условиями первого рода в стационарном режиме (4 часа).

### **3.5. РГР**

РГР учебным планом не предусмотрены.

### **3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/курсовая работа учебным планом не предусмотрены.

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции и индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Формы контроля
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
основные понятия и теоретические основания численных методов	ОПК-1.1	X				Итоговый тест
общеизвестный набор стандартных методов решения типовых вычислительных задач на ЭВМ	ОПК-1.1		X	X	X	Выполнение индивидуального задания №2,3,4,5
основные методы и алгоритмы численных методов	ОПК-2.1		X	X	X	Защита лабораторной работы №1, Выполнение индивидуального задания №1
<b>Уметь:</b>						
использовать теорию и алгоритмы численных методов при реализации прикладных задач	ОПК-1.1	X	X	X	X	Защита лабораторных работ №2,3
использовать численные методы для решения прикладных задач	ОПК-2.1	X		X		Защита лабораторной работы №4,
использовать полученные знания для постановки и решения исследовательских задач, проводить исследования, связанные с основными понятиями и тематикой курса	ОПК-2.1	X		X		Выполнение индивидуального задания №6

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

– тесты:

- итоговый тест

– выполнение индивидуальных заданий:

- №1 «Численные методы решения нелинейных уравнений»
- №2 «Методы интерполяции»
- №3 «Аппроксимация и экстраполяция»
- №4 «Численное дифференцирование».
- №5 «Численное интегрирование».
- №6 «Расчет температурного поля»

– защита лабораторных работ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины): 3 семестр**

Зачет с оценкой.

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы решения инженерных задач. Приближение функций, численное интегрирование, минимизация функций : учеб.пособие по курсу "Основы математического моделирования" / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова ; под ред. Ю. А. Дубинского. - М. : Изд-во МЭИ, 1992. - 192 с.

2. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. - 5-е изд., стер.- Электрон.текстовые дан. - СПб. : Лань. - 2010. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/537/#1>

3. Срочко, В. А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. А. Срочко. - Электрон.текстовые дан. - СПб. : Лань. - 2010. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=378](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=378)

### **5.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

Windows / Операционные системы семейства Linux, Office / Российский пакет офисных программ, Smath.

### 5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>  
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>  
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/>  
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>  
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>  
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>  
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>  
Электронная база данных «Polpred.com Обзор СМИ» <https://www.polpred.com>  
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>  
ЭБС Издательства «Лань» <https://e.lanbook.com>  
ЭБС «Университетская библиотека Online» <https://biblioclub.ru/>  
Электронная библиотека НТБ МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>  
ЭБС «Консультант студента» <https://www.studentlibrary.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лабораторные и практические занятия проводятся в компьютерном классе, снабженном мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов (телевизор, видеомаягнитофон), средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Численные методы моделирования

(название дисциплины)

## 3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Выполнение индивидуального задания №1 «Численные методы решения нелинейных уравнений»
- КМ-2 Выполнение индивидуального задания №2 «Методы интерполяции»
- КМ-3 Выполнение индивидуального задания №3 «Аппроксимация и экстраполяция»
- КМ-4 Выполнение индивидуального задания №4 «Численное дифференцирование»
- КМ-5 Выполнение индивидуального задания №5 «Численное интегрирование»
- КМ-6 Выполнение индивидуального задания №6 «Расчет температурного поля»
- КМ-7 Итоговый тест
- КМ-8 Защита лабораторных работ

## Вид промежуточной аттестации – зачет

Трудоемкость дисциплины = 3з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
1	Основы теории погрешности								+	
2	Численные методы решения уравнений		+						+	+
3	Интерполяция и Аппроксимация			+	+				+	+
4	Численное дифференцирование и интегрирование					+	+	+	+	+
Минимальный балл за КМ			8	7	7	7	7	7	7	10
Максимальный балл за КМ			14	11	11	11	11	11	11	20

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Экономика и инвестиции в электроэнергетике

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

**Оценочные материалы по дисциплине**  
**Б1.О.24 ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
основные понятия и теоретические основания численных методов	ОПК-1.1	Итоговый тест
общеизвестный набор стандартных методов решения типовых вычислительных задач на ЭВМ	ОПК-1.1	Выполнение индивидуального задания № 2, 3, 4, 5
основные методы и алгоритмы численных методов	ОПК-2.1	Защита лабораторной работы №1, Выполнение индивидуального задания №1
<b>Уметь:</b>		
использовать теорию и алгоритмы численных методов при реализации прикладных задач	ОПК-1.1	Защита лабораторных работ № 2, 3
использовать численные методы для решения прикладных задач	ОПК-2.1	Защита лабораторной работы №4,
использовать полученные знания для постановки и решения исследовательских задач, проводить исследования, связанные с основными понятиями и тематикой курса	ОПК-2.1	Выполнение индивидуального задания №6

## Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### Выполнение индивидуального задания №1 «Численные методы решения нелинейных уравнений»

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

Вычислить все корни функции  $F(x)$  на отрезке  $x \in [-50; 50]$  Методами: половинного деления, хорд, касательных. Относительную погрешность принять  $\varepsilon = 0,001$ .

$$F(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3,$$

где  $a_0, a_1, a_2$  следует брать из табл. 1 в зависимости от номера S.

Таблица1

S – номер варианта	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
1	-2286	1437	79	1
2	-2280	1430	85	1
3	-2295	1400	77	1
4	-4431	1370	78	1
5	-4400	1350	77	1
6	-5555	1329	78	1
7	-4164	745	63	1
8	-4100	700	65	1
9	-4201	802	66	1
10	-2683	211	47	1
11	-2600	200	40	1
12	-2721	223	53	1
13	-2771	84	42	1
14	-2775	85	40	1
15	-2700	91	44	1
16	-8449	530	57	1
17	-8501	527	59	1
18	-14970	802	70	1
19	-14976	846	72	1
20	-15387	620	67	1

21	-12032	245	52	1
----	--------	-----	----	---

Для указанного уравнения (по вариантам) определить 3 интервала. Для данных интервалов найти минимум 2 корня.

Расчеты выполнить в Электронных таблицах (ЭТ) и в Smath.

При расчетах в ЭТ нахождение корней каждым методом расположить на отдельных листах. Листы подписать. На каждом указать метод решения и исходные данные.

На отдельном листе сформировать таблицу-свод полученных значений функции с указанием точности метода.

При расчетах в Smath все расчеты выполнить в одном файле. В конце документа сформировать таблицу-свод полученных значений функции с указанием точности метода.

**За выполнение индивидуального задания выставляется:**

- 14 баллов, если все задания выполнены верно;
- 9-13 баллов, если 3-6 заданий выполнены верно, остальные задания выполнены с ошибками;
- 8 баллов, если только 3 из 6 заданий выполнены верно.

## **Выполнение индивидуального задания №2 «Методы интерполяции»**

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

Для заданных наборов данных осуществить: линейную интерполяцию, кусочно-полиномиальную интерполяцию, полиномиальную интерполяцию. Построить полиномы Лагранжа и Ньютона (1-й и 2-й)

1		2		3	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,43	1,63597	0,43	1,63597	0,43	1,63597
0,48	1,73234	0,48	1,73234	0,48	1,73234
0,55	1,87686	0,55	1,87686	0,55	1,87686
0,62	2,03045	0,62	2,03045	0,62	2,03045
0,70	2,22846	0,70	2,22846	0,70	2,22846
0,75	2,35973	0,75	2,35973	0,75	2,35973
в точке $x = 0,702$		в точке $x = 0,512$		в точке $x = 0,645$	

4		5		6	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,43	1,63597	0,02	1,02316	0,35	2,73951
0,48	1,73234	0,08	1,09590	0,41	2,30080
0,55	1,87686	0,12	1,14725	0,47	1,96864
0,62	2,03045	0,17	1,21483	0,51	1,78776
0,70	2,22846	0,23	1,30120	0,56	1,59502
0,75	2,35973	0,30	1,40976	0,64	1,34310
в точке $x = 0,608$		в точке $x = 0,203$		в точке $x = 0,482$	

7		8		9	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке 0,102		в точке 0,436		в точке $x = 0,616$	

10		11		12	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке $x = 0,114$		в точке $x = 0,552$		в точке $x = 0,487$	

13		14		15	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,02	1,02316	0,35	2,73951	0,41	2,57418
0,08	1,09590	0,41	2,30080	0,46	2,32513
0,12	1,14725	0,47	1,96864	0,52	2,09336
0,17	1,21483	0,51	1,78776	0,60	1,86203
0,23	1,30120	0,56	1,59502	0,65	1,74926
0,30	1,40976	0,64	1,34310	0,72	1,62098
в точке $x = 0,285$		в точке $x = 0,526$		в точке $x = 0,665$	

16		17		18	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,41	2,57418	0,68	0,80866	0,11	9,05421
0,46	2,32513	0,73	0,89492	0,15	6,61659
0,52	2,09336	0,80	1,02964	0,21	4,69170
0,60	1,86203	0,88	1,20966	0,29	3,351069
0,65	1,74926	0,93	1,34087	0,35	2,73951
0,72	1,62098	0,99	1,52368	0,40	2,36522
в точке $x = 0,537$		в точке $x = 0,774$		в точке $x = 0,275$	

19		20		21	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,68	0,80866	0,11	9,05421	0,05	0,050042
0,73	0,89492	0,15	6,61659	0,10	0,100335
0,80	1,02964	0,21	4,69170	0,17	0,171657
0,88	1,20966	0,29	3,351069	0,25	0,255342
0,93	1,34087	0,35	2,73951	0,30	0,309336
0,99	1,52368	0,40	2,36522	0,36	0,376403
в точке $x = 0,896$		в точке $x = 0,314$		в точке $x = 0,263$	

22		23		24	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0,68	0,80866	0,11	9,05421	0,68	0,80866
0,73	0,89492	0,15	6,61659	0,73	0,89492
0,80	1,02964	0,21	4,69170	0,80	1,02964
0,88	1,20966	0,29	3,351069	0,88	1,20966
0,93	1,34087	0,35	2,73951	0,93	1,34087
0,99	1,52368	0,40	2,36522	0,99	1,52368
в точке $x = 0,715$		в точке $x = 0,235$		в точке $x = 0,955$	

**За выполнение индивидуального задания выставляется:**

- 11 баллов, если все задания выполнены верно;
- 8-10 баллов, если при выполнении допущены ошибки, либо при отчете студент допускает ошибки в ответах на вопросы;
- 7 баллов, если допущены ошибки, влияющие на корректность результата или отсутствует 2-3 регрессии.

### **Выполнение индивидуального задания №3 «Аппроксимация и экстраполяция»**

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

Для указанных данных (по вариантам) осуществить аппроксимацию и экстраполяцию.

Сравнить коэффициенты корреляции для всех видов регрессии. Расчеты выполнить в Электронных таблицах (ЭТ) и в Smath.

Вариант №1	
2,0	7,03
2,1	7,20
2,2	7,22
2,3	7,37
2,4	7,62
2,5	7,74
2,6	7,82
2,7	7,92
2,8	8,38
2,9	8,22
3,0	8,54

Вариант №2	
-3,0	8,56
-2,6	7,55
-2,2	6,79
-1,8	6,15
-1,4	5,11
-1,0	4,77
-0,6	4,1
-0,2	3,58
0,2	2,95
0,6	1,73
1,0	0,92
1,4	0,32
1,8	0,11

Вариант №3	
-2,0	3,73
-1,2	3,11
-0,4	2,25
0,4	1,98
1,2	1,35
2,0	0,73
2,8	0,32
3,6	-0,23
4,4	-0,78
5,2	-1,34
6,0	-2,05
6,8	-2,94
7,6	-3,73
8,4	-4,44
9,2	-5,11
10,0	-5,98

Вариант №4	
-1,1	2,22
-0,9	2,57
-0,7	2,89
-0,5	3,76
-0,3	3,98
-0,1	4,34
0,1	4,79
0,3	5,67
0,5	6,21
0,7	6,88
0,9	7,49
1,1	8,03
1,3	8,85
1,5	9,67
1,7	10,23



Вариант №5

0,0	-0,23
0,3	-0,94
0,6	-1,32
0,9	-1,87
1,2	-2,45
1,5	-3,11
1,8	-3,95
2,1	-4,67
2,4	-5,13
2,7	-5,79
3,0	-6,45
3,3	-7,32
3,6	-7,84
3,9	-8,55

Вариант №6

2,0	0,22
2,7	1,11
3,4	2,23
4,1	3,34
4,8	4,45
5,5	5,67
6,2	6,81
6,9	7,34
7,6	8,67
8,3	9,90
9,0	10,23

Вариант №7

-3,0	-1,12
-1,8	0,34
-0,6	1,17
0,6	2,78
1,8	4,04
3,0	5,98
4,2	6,45
5,4	8,03
6,6	9,45
7,8	10,24
9,0	11,38
10,2	12,14
11,4	13,56

Вариант №8

-3,0	-5,55
-2,2	-6,78
-1,4	-7,32
-0,6	-8,11
0,2	-9,57
1,0	-10,3
1,8	-11,7
2,6	-12
3,4	-13
4,2	-13,9
5,0	-15,1

Вариант №9

2,0	-1,22
2,5	-1,56
3,0	-2,45
3,5	-2,98
4,0	-3,76
4,5	-4,12
5,0	-4,83
5,5	-5,25
6,0	-5,72
6,5	-6,77
7,0	-7,31
7,5	-7,98
8,0	-8,16
8,5	-8,92
9,0	-9,45

Вариант №10

1,0	1,35
1,2	2,46
1,4	3,12
1,6	3,95
1,8	4,67
2,0	5,29
2,2	6,42
2,4	7,75
2,6	8,49
2,8	9,24
3,0	10,33
3,2	11,05
3,4	12,38
3,6	13,51
3,8	14,37
4,0	15,72

Вариант №11

2,0	3,17
2,2	3,87
2,4	4,22
2,6	4,67
2,8	5,35
3,0	5,74
3,2	6,22
3,4	6,92
3,6	7,38
3,8	8,22
4,0	8,54
4,2	9,11
4,4	9,67
4,6	10,25
4,8	10,79
5,0	11,53

Вариант №12

-3,0	1,12
-2,5	2,15
-2,0	3,54
-1,5	4,32
-1,0	5,45
-0,5	6,73
0,0	7,29
0,5	8,31
1,0	9,56
1,5	10,83
2,0	11,29
2,5	12,38
3,0	13,55

Вариант №17

1,0	-2,52
1,4	-1,37
1,8	0,19
2,2	1,78
2,6	3,11
3,0	5,38
3,4	6,45
3,8	7,73
4,2	8,45
4,6	10,24
5,0	11,38
5,4	12,84
5,8	13,56
6,2	14,21

Вариант №18

-2,0	-1,25
-2,5	-2,77
-3,0	-3,72
-3,5	-4,31
-4,0	-5,47
-4,5	-6,34
-5,0	-7,22
-5,5	-8,43
-6,0	-9,67
-6,5	-10,5
-7,0	-11,4

Вариант №19

2,0	-0,21
2,1	-0,86
2,2	-1,65
2,3	-2,58
2,4	-3,72
2,5	-4,27
2,6	-4,93
2,7	-5,25
2,8	-5,72
2,9	-6,77
3,0	-7,31
3,1	-8,24
3,2	-8,86

Вариант №20

1,0	3,35
1,3	4,76
1,6	5,52
1,9	6,95
2,2	7,47
2,5	8,29
2,8	9,42
3,1	10,45
3,4	11,83
3,7	12,24
4,0	13,71

Вариант №13		Вариант №14		Вариант №15		Вариант №16	
-2,0	10,21	2,0	0,52	0,0	-0,13	-3,0	2,32
-1,4	9,35	2,3	1,71	0,2	-0,97	-2,8	2,76
-0,8	8,67	2,6	2,89	0,4	-1,52	-2,6	3,15
-0,2	6,12	2,9	3,94	0,6	-1,97	-2,4	3,46
0,4	4,95	3,2	4,85	0,8	-2,35	-2,2	3,98
1,0	3,64	3,5	5,67	1,0	-3,16	-2,0	4,44
1,6	2,11	3,8	6,81	1,2	-3,95	-1,8	4,96
2,2	1,05	4,1	7,54	1,4	-4,87	-1,6	5,77
2,8	-0,53	4,4	8,78	1,6	-5,33	-1,4	6,31
3,4	-1,89	4,7	10,05	1,8	-5,94	-1,2	6,88
4,0	-2,47	5,0	10,94	2,0	-6,45	-1,0	7,49
4,6	-3,28			2,2	-7,28	-0,8	8,03
5,2	-4,75			2,4	-7,84	-0,6	8,75
5,8	-6,04			2,6	-8,75	-0,4	9,32
6,4	-7,41			2,8	-9,34	-0,2	10,23
				3,0	-10,1	0,0	10,89

**За выполнение индивидуального задания выставляется:**

- 11 баллов, если все задания выполнены верно;
- 8-10 баллов, задание выполнено верно только ЭТ или только S\_Math, если при выполнении допущены ошибки и данные, полученные ЭТ и S\_Math не коррелируются;
- 7 баллов, если допущены ошибки, влияющие на корректность результата или отсутствует 2-3 регрессии.

#### **Выполнение индивидуального задания №4 «Численное дифференцирование»**

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

##### **1) ЧАСТЬ 1**

Для заданной функции:

- Определить интервал  $[a, b]$
- Задать число разбиений  $N$
- Определить шаг сетки  $h$
- Вычислить:
  - 1-ю производную (лево-, право-стороннюю схему, симметричную схему)
  - 2-ю производную - симметричную схему
- Построить графики

$N_0$	$f(x)$	$[a, b]$
1	$\sqrt{1 + \cos^2 x}$	$[0; 3]$
2	$\sin(2x^2 + 1)$	$[0; 1]$
3	$(x + 1, 9) \cdot \sin\left(\frac{x}{3}\right)$	$[1; 2]$
4	$\frac{1}{x} \cdot \ln(x + 2)$	$[2; 3]$
5	$\sqrt{\operatorname{tg} x}$	$[0; 0,5]$
6	$2,6 \cdot x^2 \cdot \ln x$	$[1,2; 2,2]$
7	$(x^2 + 1) \cdot \sin(x - 0,5)$	$[0,5; 1,5]$
8	$x^2 \cdot \cos\left(\frac{x}{4}\right)$	$[2; 3]$
9	$3x + \ln x$	$[1; 2]$

№	$f(x)$	$[a, b]$
10	$3x^2 + \operatorname{tg} x$	$[-0,5; 0,5]$
11	$\sqrt{x} \cdot e^{-x}$	$[0,1; 1,1]$
12	$\frac{-21}{(6-7x)^2}$	$[-2; 0]$
13	$\frac{8}{(3x+4)^2}$	$[0,1]$
14	$\frac{-15}{(2-x)^3}$	$[3; 5]$
15	$\frac{9}{(5x+7)^2}$	$[2; 3]$
16	$\frac{-3}{(15x-9)^3}$	$[-1; 0]$
17	$\frac{1+e^{2x}}{5}$	$[0; 3]$
18	$e^x \cdot \sin(x^2)$	$[0; 5]$
19	$\frac{17}{(1-3x)^3}$	$[-3; -1]$
20	$\frac{12}{(4x-9)^2}$	$[0,1]$
21	$\frac{5}{(4x-3)^3}$	$[4; 5]$
№	$f(x)$	$[a, b]$
22	$\frac{-4}{(1+8x)^2}$	$[0,3]$
23	$\frac{3x + \sin x}{x^2}$	$[0,1; 1,1]$
24	$(x+1,9) \cdot \sin\left(\frac{x}{3}\right)$	$[1; 2]$
25	$x^2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{x}{2}\right)$	$[1,5; 2,5]$

## 2) ЧАСТЬ 2

Для задания к л/р 3 (интерполяция)

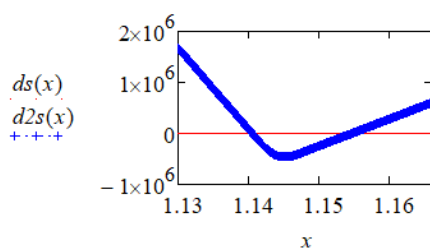
Ввести векторы X и Y

Проинтерполировать сплайном

Вычислить производные

Построить графики

$$d2s(x) := \frac{fs(x+h) - 2 \cdot fs(x) + fs(x-h)}{h^2}$$



## 3) Часть 3

Для заданной функции продемонстрировать операторы частной производной

Вариант	
1,3,5,7,9	$f(x,y) := (1+x)^4 + y^4$
2,4,6,8,10	$g(x,y) := (1+x)^5 + y^4$
11,13,15,17	$g(x,y) := (5+x)^2 + (5+y)^4$
12,14,16,18	$g(x,y) := (5+x)^2 + (2+y)^3$

За выполнение индивидуального задания выставляется:

- 11 баллов, если все задания выполнены верно;

- 8-10 баллов, если при выполнении допущены ошибки, либо при отчете студент допускает ошибки в ответах на вопросы;
- 7 баллов, если допущены ошибки, влияющие на корректность результата или отсутствует 2-3 регрессии.

### Выполнение индивидуального задания №5 «Численное интегрирование»

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

Найти приближенное значение интеграла заданной функции  $f(x)$  на отрезке  $[a, b]$  по формулам трапеций, Симпсона, прямоугольников, Монте-Карло при делении отрезка на 1000 равных частей, произвести оценку погрешности методов интегрирования и сравнить точность полученных результатов: составить функцию, возвращающую значение интеграла на основе формулы метода Монте-Карло. Сравнить результаты, полученные разными методами.

№	$f(x)$	$[a, b]$
1	$\sqrt{1 + \cos^2 x}$	$[0; 3]$
2	$\sin(2x^2 + 1)$	$[0; 1]$
3	$(x + 1,9) \cdot \sin\left(\frac{x}{3}\right)$	$[1; 2]$
4	$\frac{1}{x} \cdot \ln(x + 2)$	$[2; 3]$
5	$\sqrt{\operatorname{tg} x}$	$[0; 0,5]$
6	$2,6 \cdot x^2 \cdot \ln x$	$[1,2; 2,2]$
7	$(x^2 + 1) \cdot \sin(x - 0,5)$	$[0,5; 1,5]$
8	$x^2 \cdot \cos\left(\frac{x}{4}\right)$	$[2; 3]$
9	$3x + \ln x$	$[1; 2]$

№	$f(x)$	$[a, b]$
10	$3x^2 + \operatorname{tg} x$	$[-0,5; 0,5]$
11	$\sqrt{x} \cdot e^{-x}$	$[0; 1; 1,1]$
12	$\frac{-21}{(6 - 7x)^2}$	$[-2; 0]$
13	$\frac{8}{(3x + 4)^2}$	$[0; 1]$
14	$\frac{-15}{(2 - x)^3}$	$[3; 5]$
15	$\frac{9}{(5x + 7)^2}$	$[2; 3]$



16	$\frac{-3}{(15x-9)^3}$	$[-1;0]$
17	$\frac{1+e^{2x}}{5}$	$[0;3]$
18	$e^x \cdot \sin(x^2)$	$[0;5]$
19	$\frac{17}{(1-3x)^3}$	$[-3;-1]$
20	$\frac{12}{(4x-9)^2}$	$[0;1]$
21	$\frac{5}{(4x-3)^3}$	$[4;5]$

**За выполнение индивидуального задания выставляется:**

- 11 баллов, если все задания выполнены верно;
- 8-10 баллов, если при выполнении допущены ошибки, либо при отчете студент допускает ошибки в ответах на вопросы;
- 7 баллов, если допущены ошибки, влияющие на корректность результата или отсутствует 2-3 регрессии.

#### **Выполнение индивидуального задания №6 «Расчет температурного поля»**

Обучающемуся выдается индивидуальное задание по вариантам, которое выполняется в форме домашнего задания. Пример содержания индивидуального задания:

В соответствии с заданием (материал, размер сетки, доп. нагрев) осуществить расчет температурного поля

<b>Вариант</b>	<b><math>l/h</math></b>	<b>Материал</b> $\lambda =$ $t =$	<b>Доп. нагрев <math>qv =</math></b>
1.	15/10	Нафталин	6065
2.	10/15	Золото	1000
3.	15/10	Алюминий	1200
4.	20/10	Висмут	5000
5.	10/20	Латунь	9999
6.	18/12	Железо	6676
7.	12/18	Германий	5555
8.	10/15	Литий	3000
9.	15/10	Магний	7000
10.	15/10	Олово	9993
11.	15/10	Никель	6696
12.	15/10	Алюминий	5300
13.	15/10	Серебро	7050
14.	10/15	Свинец	1100
15.	20/10	Ртуть	7777
16.	15/10	Парафин	8888
17.	18/12	Платина	3333

**За выполнение индивидуального задания выставляется:**

- 11 баллов, если все задания выполнены верно;

- 8-10 баллов, если при выполнении допущены ошибки, либо при отчете студент допускает ошибки в ответах на вопросы;
- 7 баллов, если допущены ошибки, влияющие на корректность результата, или отсутствует 2-3 регрессии.

## Итоговый тест

Тест состоит из 22 вопросов. Время выполнения 17 минут.

Пример варианта теста:

1

Отметьте правильный ответ: Математическое моделирование это... \*  
(Баллов: 1)

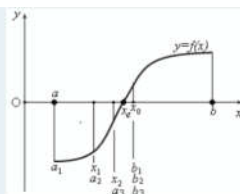
- ☐ словесное описание процесса или явления
- ☐ описание в математических терминах физической модели
- ☐ решение задач на ЭВМ

2

Погрешность, допущенная в промежуточных вычислениях, в точных методах: \*  
(Баллов: 1)

- ☐ влияет на конечный результат
- ☐ не влияет на конечный результат
- ☐ автоматически исправляются

3



На схеме представлена схема применения метода .. \*  
(Баллов: 1)

- ☐ половинного деления
- ☐ бисекций
- ☐ Ньютона
- ☐ хорд

4

Искомый корень уравнения  $f(x)=0$  содержит тот из отрезков, на концах которого... \*  
(Баллов: 1)

- ☐ функция принимает положительные значения
- ☐ функция принимает отрицательные значения
- ☐ функция принимает значения противоположных знаков
- ☐ функция стремится к бесконечности

5

В каком из методов определения корней нелинейных уравнений итерационный процесс нужно продолжить до достижения условия  $T=f(x-E)*f(x+E)<0$  \*  
(Баллов: 1)

- ☐ Ньютона
- ☐ хорд
- ☐ бисекций
- ☐ половинного деления



6

Указать какое действие является лишним при вычислении корней нелинейных уравнений методом хорд: \*

(Баллов: 1)

- ☐ Выбрать начальное приближение корня
- ☐ Найти вторую производную функции
- ☐ Представить уравнение в следующем виде:  $x=f(x)$

7

Под ошибкой или погрешностью  $\Delta a$  приближенного числа  $a$  обычно понимается разность между соответствующим точным числом  $A$  и данным приближением, т.е. \*

(Баллов: 1)

- ☐  $\Delta a = A/a$
- ☐  $\Delta a = A + a$
- ☐  $\Delta a = A - a$

8

... определение промежуточных значений функции по известному дискретному набору значений функции \*

(Баллов: 1)

Введите ответ

9

Задача интерполяции - найти функцию  $F(x)$ , принимающую в точках  $x_i$  те же значения  $y_i$ . Здесь  $x_i$ -это... \*

(Баллов: 1)

- ☐ значения интерполяции
- ☐ узлы интерполяции
- ☐ условия интерполяции

10

На каждом интервале  $[x_i, x_{i+1}]$  строится отдельный интерполяционный полином невысокой степени это ... \*

(Баллов: 1)

- ☐ глобальная интерполяция
- ☐ главная интерполяция
- ☐ локальная интерполяция

11

Формула интерполяции описывает \*

(Баллов: 1)

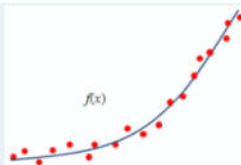
$$l_j(x) = \prod_{i=0, i \neq j}^n \frac{(x - x_i)}{(x_j - x_i)} = \frac{\prod_{i=0, i \neq j}^n (x - x_0 - ih)}{h^n \prod_{i=0, i \neq j}^n (j - i)}$$

Введите ответ

12

На рисунке демонстрируется принцип \*

(Баллов: 1)



- ☐ Аппроксимация
- ☐ Интерполяция
- ☐ Экстраполяция

Отправить

1

К численным методам вычисления определённых интегралов НЕ ОТНОСЯТСЯ  
(Баллов: 1)

- ☐ метод прямоугольников
- ☐ метод трапеций
- ☐ метод парабол
- ☐ метод Ньютона

2

... - определение значений функции за пределами первоначально известного интервала  
(Баллов: 1)

- ☐ Интерполяция
- ☐ Аппроксимация
- ☐ Экстраполяция

3

Функция  $f(x)$  интерполируется на всем интервале  $[a; b]$  с помощью единого интерполяционного полинома - это ... интерполяция  
(Баллов: 1)

Введите ответ

4

На рисунке представлена формула дифференцирования ...  
(Баллов: 1)

$$f'_i = \frac{f_{i+1} - f_i}{(x_{i+1} - x_i)} \quad f'(x_0) = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Введите ответ

5

На рисунке представлена формула дифференцирования двухсторонней разности.  
(Баллов: 1)

$$f'_i = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{(x_{i+1} - x_{i-1})}$$

- ☐ Да
- ☐ Нет

6

Формула численного интегрирования соответствует ....  
(Баллов: 1)

$$\int_a^b f(x) dx \approx \sum_{j=1}^N \frac{f(x_j) + f(x_{j-1})}{2} h$$

- ☐ Методу трапеций
- ☐ Методу прямоугольников
- ☐ Методу парабол
- ☐ Ни одному из перечисленных

7

Разностная схема – это..  
(Баллов: 1)

- ☐ Структурная схема, построенная для разностей каких-либо величин, характеризующих процесс или объект
- ☐ Конечная система алгебраических уравнений, поставленная в соответствие какой-либо дифференциальной задаче, содержащей дифференциальные уравнения и дополнительные условия
- ☐ Бесконечная система алгебраических уравнений, поставленная в соответствие какой-либо дифференциальной задаче, содержащей дифференциальные уравнения

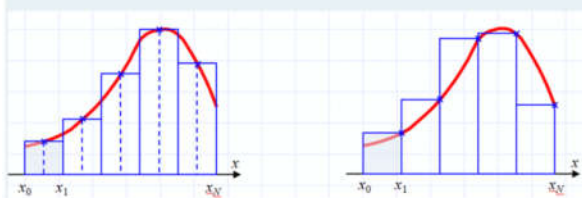
8

Установите соответствие  
(Баллов: 1)

	определение промежуточных значений функции по известному дискретному набору значений функции	определение значений функции за пределами первоначально известного интервала	определение в явном виде параметров функции, описывающей распределение точек
Интерполяция	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Аппроксимация	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Экстраполяция	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9

На каком рисунке представлен метод интегрирования "Правых прямоугольников"  
(Баллов: 1)



- ☐ а  
☐ б

10

Какая формула соответствует численному методу вычисления определённых интегралов  
- Метод средних прямоугольников?  
(Баллов: 1)

$$I \approx \sum_{j=1}^N h \cdot f(x_{j-1}) \quad I \approx \sum_{j=1}^N f(x_{j-0.5}) \cdot h \quad I \approx \sum_{j=1}^N h \cdot f(x_j)$$

$x_{j-0.5} = x_j - 0.5h$

- ☐ а  
☐ б  
☐ в

### По результатам тестирования выставляется:

- 11 баллов, если правильно выполнено не менее 95% заданий.
- 10 баллов, если правильно выполнено 85-94% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено 75-84% заданий.
- 8 баллов, если правильно выполнено 65-74% заданий.
- 7баллов, если правильно выполнено 50-64% заданий.

### Выполнение и защита Лабораторных работ

1. Численное решение нелинейных уравнений. Применение ЭВМ для решения задач.
2. Приближение функций и аппроксимация Интерполяция и экстраполяция методами Ньютона, Лагранжа и методом наименьших квадратов. Вычисление погрешности аппроксимации. Сплайн-интерполяция.
3. Вычисление интегралов с помощью многократных методов прямоугольников, трапеций и Симпсона. Решение задачи Коши методом Рунге-Кутта.
4. Расчет температурного поля с применением численного дифференцирования с граничными условиями первого рода в стационарном режиме .

### За выполнение Лабораторных работ выставляется:

- 10 баллов, если все задания выполнены верно, но студент не может объяснить хода работы;
- 11-19 баллов, если при выполнении допущены ошибки, либо при отчете студент допускает ошибки в ответах на вопросы;
- 20 баллов, если допущены ошибки, не влияющие на корректность результата.