

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 23.12.2025 13:42:26  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Разработка программно-  
информационных систем»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**  
для подготовки бакалавров  
по направлению  
09.03.04 «Программная инженерия»  
по профилю  
**«Разработка программно-информационных систем»**

Санкт-Петербург

2025

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

доцент, к.ф.-м.н. Солнышкин С.Н.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМ  
17.01.2025, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 28.01.2025, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## **1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	АМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	3
Семестр	6

## **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
Всего (академ. часов)	108

## **Вид промежуточной аттестации**

Дифф. зачет (курс) 3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

В курсе изучаются теоретические основы численных методов и оценивания погрешностей этих методов. Изучаются методы аппроксимации функций (интерполяция, наилучшее равномерное приближение, метод наименьших квадратов, сплайны), численное дифференцирование и интегрирование. Рассматриваются основные методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем уравнений (одношаговые и многошаговые). Кроме того, изучаются методы приближённого решения нелинейных алгебраических уравнений и систем уравнений, а также поиска экстремумов функций нескольких переменных. Практические работы предназначены для реализации этих методов на компьютере, оценки фактически достигаемой точности и её соответствия теории.

## **SUBJECT SUMMARY**

### **«COMPUTATIONAL MATHEMATICS»**

The course deals with the modeling of dynamical systems on a computer. We study the theory of numerical methods and error analysis. We study explicit and implicit, single-step and multi-step methods of numerical integration. We study the methods of numerical and automatic differentiation. We study the numerical linear algebra methods for solving systems of linear and nonlinear equations and apply them to solve inverse modeling problems. We study how to take into account random and systematic errors and outliers in experimental data. We solve practical tasks of dynamical systems modeling on a computer. Practical classes contain elements of scientific research.

### **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

#### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цель дисциплины: рассмотрение методологии математического подхода к анализу естественнонаучных задач и проблем из других областей.
2. В рамках заявленной цели решаются задачи, связанные с изучением теоретических основ вычислений, применением методов анализа погрешностей вычислений, а именно:
  - изучение основных алгоритмов типовых численных методов решения математических задач, таких как восстановление функциональных зависимостей на основе экспериментальных данных, решение линейных и нелинейных уравнений и систем, решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем;
  - формирование мышления студентов при решении практических задач математическими методами, умения ставить задачи и анализировать полученные результаты;
  - освоение основных приёмов работы в многофункциональных системах инженерных и научных расчетов.
3. В ходе обучения учащиеся получают знания об особенности математических вычислений на ЭВМ, понятия корректности и обусловленности вычислительных задач, методов и алгоритмов; о методах решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений, методах решения задач линейной алгебры, численных методов дифференцирования; о возможности вычислительных средств при решении задач вычислительной математики. Знания анализа влияния погрешностей исходных данных на результат решения вычислительных задач.
4. В ходе обучения развиваются умения применять на практике численные методы решения математических задач; умения выбирать для реализации числен-

ные методы, удовлетворяющие требованиям по быстродействию и точности решения.

5. Формирование навыков применения численных методов решения основных задач вычислительной математики.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Дискретная математика и теоретическая информатика»
3. «Информационные технологии»
4. «Математическая логика и теория алгоритмов»
5. «Физические основы информационных технологий»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Обработка аудиосигналов»
2. «Производственная практика (научно-исследовательская работа)»
3. «Производственная практика (преддипломная практика)»

### **3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-0	Способен разрабатывать информационные модели и применять их для решения задач профессиональной деятельности
ПК-0.1	<i>Знает современные виды информационных моделей, применяемых при решении задач профессиональной деятельности</i>
ПК-0.2	<i>Создает и модифицирует информационные модели для решения задач профессиональной деятельности</i>
ПК-0.3	<i>Применяет информационные модели для решения задач профессиональной деятельности</i>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание разделов дисциплины**

#### **4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Лек, ач</b>	<b>Пр, ач</b>	<b>ИКР, ач</b>	<b>СР, ач</b>
1	Аппроксимация функций	10	12		14
2	Численное дифференцирование и интегрирование	8	10		10
3	Численное решение дифференциальных уравнений и систем	8	6		8
4	Решение нелинейных уравнений и систем, элементы оптимизации	7	6		7
5	Заключение	1		1	
	Итого, ач	34	34	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				108/3

#### **4.1.2 Содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	Аппроксимация функций	Интерполяция, многочлены Лагранжа и Ньютона, погрешность. Интерполирующие сплайны. Наилучшее равномерное приближение, теоремы Валле-Пуссена и Чебышёва, алгоритм Ремеза. Метод наименьших квадратов, дискретное преобразование Фурье.
2	Численное дифференцирование и интегрирование	Разностные производные, основанные на интерполяции. Квадратурные формулы, связь между алгебраическим порядком точности и оценкой погрешности. Интерполяционные квадратурные формулы, их погрешность. Формулы Ньютона-Котеса, формулы Гаусса. Асимптотическое поведение погрешности составных формул. Правило Рунге для практической оценки погрешности.
3	Численное решение дифференциальных уравнений и систем	Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Метод Эйлера, локальная и глобальная погрешности. Проявления численной неустойчивости в многошаговых методах. Численное решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высших порядков.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
4	Решение нелинейных уравнений и систем, элементы оптимизации	Методы половинного деления, хорд и секущих. Метод Ньютона для одного уравнения и для системы уравнений, сверхлинейная (квадратичная) сходимость. Метод Ньютона для поиска экстремумов. Метод градиентного спуска и его модификации, линейная сходимость, оценка скорости сходимости через свойства матрицы Гессе.
5	Заключение	Обзор приложений в профессиональной деятельности.

#### **4.2 Перечень лабораторных работ**

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### **4.3 Перечень практических занятий**

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Разработка программы численного интегрирования	10
2. Особенности машинной арифметики, точность вычислений на ЭВМ	4
3. Решение системы линейных уравнений	10
4. Нахождение параметров динамической системы методом наименьших квадратов	10
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники,

учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	7
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	12
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>39</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Зализняк, Виктор Евгеньевич. Численные методы. Основы научных вычислений [Электронный ресурс] : Учебник и практикум для вузов / Зализняк В. Е., 2020. -356 с	неогр.
2	Пирумов, Ульян Гайкович. Численные методы [Электронный ресурс] : Учебник и практикум для вузов / под ред. Пирумова У. Г., 2021. -421 с	неогр.
3	Никитин, Алексей Антонович. Математический анализ. Углубленный курс [Электронный ресурс] : Учебник и практикум для вузов / Никитин А. А., Фомичев В. В., 2021. -460 с	неогр.
4	Немирко, Анатолий Павлович. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных [Текст] / А. П. Немирко, Л. А. Манило, А. Н. Калининченко, 2017. -246 с.	36
Дополнительная литература		
1	Численные методы решения дифференциальных уравнений. Одношаговые методы [Текст] : метод. указания по дисциплине "Численные методы" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 1996. -23 с.	9
2	Поршнев С. В. Вычислительная математика. Курс лекций [Электронный ресурс] / С. В. Поршнев, 2014. -320 с.	неогр.

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Ordinary Differential Equations <a href="https://sites.math.washington.edu/~burke/crs/555/555_notes/exist.pdf">https://sites.math.washington.edu/~burke/crs/555/555_notes/exist.pdf</a>
2	Дифференцирование функций многих переменных <a href="http://math.nsc.ru/~matanalyse/potapov/lekcii17_3.pdf">http://math.nsc.ru/~matanalyse/potapov/lekcii17_3.pdf</a>
3	IEEE-754 Floating Point Converter <a href="https://www.h-schmidt.net/FloatConverter/IEEE754.html">https://www.h-schmidt.net/FloatConverter/IEEE754.html</a>
4	Taylor Series, Rate of Convergence, Condition Number, Stability <a href="https://courses.engr.illinois.edu/cs357/su2013/lectures/lecture02.pdf">https://courses.engr.illinois.edu/cs357/su2013/lectures/lecture02.pdf</a>
5	Numerical Solution of Kepler's equation <a href="https://www.csun.edu/~hcmth017/master/node16.html">https://www.csun.edu/~hcmth017/master/node16.html</a>

<b>№ п/п</b>	<b>Электронный адрес</b>
6	How does C compute sin() and other math functions? <a href="https://stackoverflow.com/a/2285277">https://stackoverflow.com/a/2285277</a>
7	Linear Systems of Algebraic Equations <a href="http://www.cfm.brown.edu/people/dobrush/am34/sage/LU.html">http://www.cfm.brown.edu/people/dobrush/am34/sage/LU.html</a>
8	Iterative Linear Solvers <a href="https://graphics.stanford.edu/courses/cs205a-13-fall/assets/notes/chapter10.pdf">https://graphics.stanford.edu/courses/cs205a-13-fall/assets/notes/chapter10.pdf</a>
9	Ill-conditioned Matrices <a href="https://emtiyaz.github.io/pcml15/illconditioned.pdf">https://emtiyaz.github.io/pcml15/illconditioned.pdf</a>
10	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений <a href="https://intuit.ru/studies/courses/1012/168/lecture/4592">https://intuit.ru/studies/courses/1012/168/lecture/4592</a>
11	Numerical Differentiation <a href="http://www2.math.umd.edu/~dlevy/classes/amsc466/lecture-notes/differentiation-chap.pdf">http://www2.math.umd.edu/~dlevy/classes/amsc466/lecture-notes/differentiation-chap.pdf</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=21229>

## **6 Критерии оценивания и оценочные материалы**

### **6.1 Критерии оценивания**

Для дисциплины «Численное моделирование» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### **Дифференцированный зачет**

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	0 – 51	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	52 – 67	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	68 – 84	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	85 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному

## **Особенности допуска**

Допуск до дифференцированного зачета осуществляется по итогам текущего контроля:

- 1) посещение (не менее 80%) и работа на лекционных занятиях;
- 2) выполнение, сдача в срок отчетов и их защита по практическим работам (набрано за работу в семестре не менее 25 баллов).

По итогам работы в семестре возможно максимально получить 50 баллов (выполнение и защита одной работы -10 баллов, дополнительные успехи -10 баллов). На дифференцированном зачете можно получить 50 баллов (ответ на вопрос в билете -20 баллов, ответы на дополнительные вопросы по билету -10 баллов).

Оценка промежуточной аттестации является рейтинговой и зависит от суммы баллов, набранных студентом по итогам работы в семестре и сдачи дифференцированного зачета (максимальная сумма 100 баллов).

## **6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Вопросы к дифф.зачету**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание</b>
1	Пусть задана СЛАУ $Ax = b$ и есть предобуславливатель $M^{-1}$ . Выведите метод градиентного спуска для решения этой СЛАУ с этим предобуславливателем.
2	Вычислите число $3/7$ в формате float (32 бита, приведите все биты и вывод) и вычислите ошибку представления.
3	Какие из изученных вами численных методов годятся для нахождения корня уравнения $x^5 + x + a = 0$ и почему? Какие не годятся и почему? При ответе не предполагайте, что хорошее начальное приближение дано.
4	Какой порядок сходимости имеет метод Ньютона вычисления обратного квадратного корня вблизи него? Докажите ответ.
5	Приведите 2 шага решения системы уравнений $\begin{cases} x-y = 1, \\ x^2 + y^2 = 13 \end{cases}$ методом Ньютона. Начальное приближение можно выбрать любым, кроме нуля и решения системы.

6	Для следующей процедуры: double scalarprod (double x[], double y[], double n) \text{braceleft} double sum = 0; for (int i = 0; i < n; i++) \text{braceleft} prod = x[i] * y[i]; sum += prod;\text{braceright} return sum; \text{braceright} напишите такую же, но с автодифференцированием по времени (считайте, что $dx_{dt}$ и $dy_{dt}$ передаются в вашу функцию).
7	Рассмотрите процедуры символьного и численного дифференцирования функции $\text{sqrt}(x)$ . Как обеспечить численную устойчивость при вычислении числовой производной? Каким методом лучше вычислять символьную производную, если в вашем распоряжении лишь четыре действия арифметики?
8	Докажите, имея в распоряжении только формулу Тейлора, что метод трёх восьмых имеет порядок 4 (взмите автономное дифференциальное уравнение одной переменной).
9	Докажите, имея в распоряжении только формулу Тейлора, что метод Ралстона порядка 2 имеет порядок 2 (взмите неавтономное дифференциальное уравнение с одной переменной).
10	Рассчитайте число обусловленности функции $\text{hypot}(a, b) = \sqrt{a^2 + b^2}$ . Норму можно использовать любую.
11	Продемонстрируйте разложение Холецкого матрицы $A = ([25 15 -5] [15 18 0] [-5 0 11])$ (в квадратных скобках записаны строки) без выделения дополнительной памяти. Не опускайте промежуточные шаги.
12	Постройте LU-разложение матрицы $A = ([-1 4 1] [1 -2 2] [-2 8 3])$ (в квадратных скобках записаны строки). Решите с его помощью СЛАУ $Ax = b$ , где $b = (4, 2, 10)^T$ . Не опускайте промежуточные шаги.
13	Решите дифференциальное уравнение гравитационной системы двух материальных точек с массами $m_1$ и $m_2$ , изначально находящихся в состоянии покоя на расстоянии $L$ . На всей ли оси времени существует решение?
14	Постройте интерполяционные многочлены Лагранжа, Ньютона в прямой и обратной форме для точек $[-2, 4, -1, 5, 1, 4, 2, -1]$ . Расскажите о сильных и слабых сторонах каждого представления.
15	Превратите дифференциальное уравнение $x''' = f(t, x, x'')$ в систему ОДУ первого порядка. Какова размерность получившейся системы?
16	Выполните метод Адамса-Башфорта 3го порядка, не пользуясь производящими функциями.
17	Найдите число обусловленности матрицы $A = ([1 3 1] [1 2 3] [3 9 5])$ (в квадратных скобках записаны строки). Норму выбирайте любую.
18	Докажите, что интерполяционный многочлен Ньютона проходит через заданные точки, для частного случая равноотстоящих точек (без общего случая).
19	Выполните метод Адамса-Мултона 3го порядка, не пользуясь производящими функциями.
20	Приведите и докажите асимптотическую локальную ошибку $k$ -шагового метода Адамса-Мултона.
21	Докажите правильность оптимизированной формулы корректора Адамса-Мултона: $x_{n+1} = h \gamma_k \nabla^k f_{n+1}$ . 2. Постройте интерполяционные многочлены Ньютона в прямой и обратной форме для точек $[-2, 4, -1, 5, 2, -1]$ .
22	Какой смысл может иметь схема РЕС в методе Адамса-Мултона по сравнению с РЕС? Ведь $x_{n+1}$ уже зафиксирован после РЕС.

23	Пусть $f(a, b) = \sqrt{a * a - b * b}$ . Приведите пример катастрофического сокращения значащих битов для этой функции, рассчитайте для этого примера относительную ошибку.
24	Пусть известны $n$ обратных конечных разностей некоторой функции $f$ в точке $x_n$ . Допустим, появилась точка $x_{n+1}$ и известно значение $f$ в ней. Как вычислить $(n+1)$ обратных конечных разностей $f$ в точке $x_{n+1}$ ?
25	Приведите и докажите асимптотическую оценку локальной ошибки $k$ -шагового метода Адамса-Мултона.
26	Получите денормализованные числа одинарной точности четырьмя способами: $a + b$ , $a - b$ , $a * b$ , $a / b$ , где $a$ и $b$ -нормальные числа.
27	Решите систему дифференциальных уравнений Лотки-Вольтерры при заданных четырёх параметрах системы и двух начальных условиях, в предположении малого отклонения от стационарного состояния. Найдите его период и докажите периодичность.
28	Вычислите порядок сходимости ряда Тейлора функции $\tan(x)$ в окрестности нуля.

## Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### БИЛЕТ № 1

#### Дисциплина Численное моделирование ФКТИ

1. Пусть задана СЛАУ  $Ax = b$  и есть предобуславливатель  $M^{-1}$ . Выведите метод градиентного спуска для решения этой СЛАУ с этим предобуславливателем.

2. Докажите, имея в распоряжении только формулу Тейлора, что метод трёх восьмых имеет порядок 4 (возьмите автономное дифференциальное уравнение одной переменной).

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С.Н. Поздняков

## **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### **Примеры контрольных вопросов по теоретической части, задаваемые на коллоквиуме:**

#### ***Вопрос в виде задачи на использование теоретических знаний.***

Чайник за 10 минут остыл от 100 градусов до 80 градусов. Температура воздуха в комнате 15 градусов. За сколько минут чайник остынет от 100 градусов до 20 градусов? Скорость остывания тела пропорциональна разности температуры тела и окружающей среды. Ответ округлите до целого числа.

#### ***Вопрос в тестовом виде на использование теоретических знаний (возможен дистанционный формат).***

Локальная ошибка метода Рунге-Кутты 4-го порядка с шагом  $h$  составляет.

- $O(h^5)$
- $O(h^4)$
- $O(h^3)$
- Зависит от того, оптимально ли подобраны коэффициенты
- Зависит от того, явный метод или неявный
- У методов Рунге-Кутты не бывает локальных ошибок, только глобальные

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### **6.3 График текущего контроля успеваемости**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Введение, общие сведения об ОДУ Численные методы интегрирования систем ОДУ	
2		
3		
4		
5		
6		Практическая работа
7	Особенности машинной арифметики	
8		Практическая работа
9	Введение, общие сведения об ОДУ Численные методы интегрирования систем ОДУ Особенности машинной арифметики	Коллоквиум
10	Задача моделирования динамических систем	
11		
12		
13		
14		
15		Практическая работа
16	Задача моделирования динамических систем Заключение	Коллоквиум

### **6.4 Методика текущего контроля**

#### **На лекционных занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на итоговый коллоквиум.

#### **На практических занятиях**

В процессе обучения по дисциплине студент обязан выполнить 3 практические работы. Под выполнением практических работ подразумевается подготовка к работе, проведение компьютерного моделирования, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После выполнения первых двух и третьей практических работ предусматривается проведение коллоквиума на 9, 16 неделе, на которых осуществляется защита практических работ. Выполнение практических работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студен-

тами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после отладки программы компьютерного моделирования и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Практические работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по программному коду представленной компьютерной модели, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите практической работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученной модели и прогнозировать реакции модели на различные воздействия на исходный объект, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем практическим работам, по результатам которой студент получает допуск на аттестацию.

### **Самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, компьютер или ноутбук, экран, маркерная или меловая доска.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше, программа MatLab или Octave.
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, компьютер или ноутбук, экран, маркерная или меловая доска.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше, программа MatLab или Octave.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше. Система компьютерной математики Matlab или Octave

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>