

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 05.11.2024 16:24:35  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«21» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ**

Направление подготовки

**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

Направленность программы бакалавриата

**Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **ресурсосберегающих технологий**

Санкт-Петербург

2021

**Б1.В.02**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		С. П. Федоров

Рабочая программа дисциплины «Математические методы вычислений и оптимизации»  
обсуждена на заседании кафедры ресурсосберегающих технологий  
протокол от «14» мая 2021 № 5  
Заведующий кафедрой

Н. В. Кузичкин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от «18» мая 2021 № 10

Председатель

М. В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки		Д.А.Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2. Занятия лекционного типа	6
4.3. Занятия семинарского типа	7
4.3.1. Семинары, практические занятия	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	8
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	9
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
10.1. Информационные технологии	10
10.2. Программное обеспечение	10
10.3. Базы данных и информационно-справочные системы	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-3</b> Способен использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и контроля качества веществ и материалов	<b>ПК-3.1</b> Применение численных методов для анализа и оптимизации химико-технологических систем	<b>Знать:</b> подходы к решению прикладных задач по методам вычислительной математики при помощи ресурсов программного обеспечения (ЗН-1) <b>Уметь:</b> проводить корректную оценку погрешности численного решения (У-1) <b>Владеть:</b> методами решения различных прикладных задач численного анализа (Н-1)
	<b>ПК-3.2</b> Применение методов математического анализа и моделирования для решения задач теоретического и экспериментального исследования	<b>Знать:</b> базовые методики исследования технологических процессов (ЗН-2) <b>Уметь:</b> применять методы математического моделирования в исследовательских задачах (У-2) <b>Владеть:</b> навыком моделирования технологических процессов (Н-2)
<b>ПК-7</b> Способен осуществлять научное руководство проведением исследований по отдельным задачам, планировать экспериментальные исследования, обрабатывать и анализировать полученные результаты	<b>ПК-7.1</b> Работа с большими данными, характеризующими производственные объекты	<b>Знать:</b> методы и алгоритмы поиска корней и экстремумов функций, решения систем алгебраических уравнений, численного дифференцирования, вычисления определенных интегралов, решения обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями, аппроксимации данных по методу наименьших квадратов((ЗН-3) <b>Уметь:</b> правильно применять методы вычислительной математики для решения типовых практических задач (У-3). <b>Владеть:</b> знаниями основ математической теории численных методов (Н-3).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на 3 курсе.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в процессе освоения дисциплин «Математика», «Общая химическая технология», «Введение в информационные технологии».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Математические методы вычислений и оптимизации» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5 / 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>16</b>
занятия лекционного типа	<b>4</b>
занятия семинарского типа, в т.ч. на практ.подготовку	12 (12)
семинары, практические занятия	12 (12)
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>160</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Контр.раб. (3)
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет (4)</b>

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Предмет и математические основы дисциплины. Численное дифференцирование и интегрирование	1	2	-	40	ПК-7	ПК-7.1
2.	Поиск корней функций. Решение систем нелинейных уравнений	1	2	-	40	ПК-7	ПК-7.1
3.	Решение дифференциальных уравнений с начальными условиями	1	4	-	40	ПК-3	ПК-3.1
4.	Поиск экстремумов функций. Обработка данных: метод наименьших квадратов	1	4	-	40	ПК-3	ПК-3.2

### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1.	<u>Предмет и математические основы дисциплины. Численное дифференцирование и интегрирование</u> Задачи численного анализа, сведение к проблеме приближенного вычисления пределов, способы оценки погрешности. Приближение функции отрезком степенного ряда. Вычисление первой и второй производных: вывод и анализ конечно-разностных формул, порядок аппроксимации, погрешность. Вычисление определенных интегралов, сопоставление и ранжирование вариантов квадратурных формул.	1	ЛВ
2.	<u>Поиск корней функций. Решение систем нелинейных уравнений</u> Постановка задачи поиска корня функции. Метод простой итерации, условие сходимости. Метод Ньютона, особенности реализации. Метод дихотомии. Сопоставление методов, возможности обобщения на многомерный случай. Системы линейных уравнений, трудоемкость метода Гаусса. Системы нелинейных алгебраических уравнений, особенности реализации метода Ньютона – Рафсона.	1	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3.	<u>Решение дифференциальных уравнений с начальными условиями</u> Постановка задачи для дифференциального уравнения первого порядка. Простой и модифицированный методы Эйлера. Устойчивость, порядок аппроксимации, погрешность численного решения. Практические способы выбора шага интегрирования. Сравнение двух вариантов метода Эйлера, их обобщение на решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.	1	ЛВ
4.	<u>Поиск экстремумов функций. Обработка данных: метод наименьших квадратов</u> Постановка задач, обобщенный алгоритм многомерной оптимизации. Одномерный поиск: методы нулевого и первого порядка. Условная оптимизация. Обработка экспериментальных данных, метод наименьших квадратов, вероятностная трактовка.	1	ЛВ

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	В т.ч. на пр.подготовку	Инновационная форма
1	Теоретическое и экспериментальное исследование формул численного дифференцирования, решение модельных задач.	1	1	МК
1	Теоретическое и экспериментальное исследование формул численного интегрирования, решение модельных задач.	1	1	МШ
2	Поиск корней модельных функций методами Ньютона и дихотомии, анализ результатов.	1	1	Т
2	Решение модельных систем нелинейных уравнений методом Ньютона-Рафсона, анализ результатов	1	1	Т
3	Решение модельного дифференциального уравнения первого порядка методами Эйлера. Анализ результатов.	2	2	Т
3	Решение модельных систем дифференциальных уравнений первого порядка методами Эйлера.	2	2	МШ
4	Оптимизация тестовых функций, обработка данных по методу наименьших квадратов.	4	4	МГ

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Предел последовательности и функции. Степенной ряд Тейлора, остаточный член. Интегральная сумма Римана, определенный интеграл.	40	Контр.раб. №1
2	Частные производные, матрица Якоби.	40	Контр.раб. №2
3	Обыкновенные дифференциальные уравнения: приложения в физике и химии.	40	Контр.раб. №3
4	Линейная алгебра: решение систем линейных уравнений методом Гаусса-Зейделя, сходимость. Теория вероятности: частота, вероятность, независимые величины, дисперсия суммы.	40	Устный опрос

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета. Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1	
1.	Поиск корня функции: метод простой итерации, условие сходимости.
2.	Решение обыкновенного дифференциального уравнения: метод Эйлера.

Контрольные работы представляют собой расчетные задачи и выполняются по индивидуальным вариантам. Пример варианта контрольных работ:

Контрольная работа №1	
Вариант 1	
$\frac{dx}{dt} = -3x - 5$	$x(0) = 5,1$
=====	
$\frac{dx}{dt} = -4x + 3,1y - z + 5$	$x(0) = 1,1$
$\frac{dy}{dt} = 2x - 5,1y - z + 7$	$y(0) = 2,1$

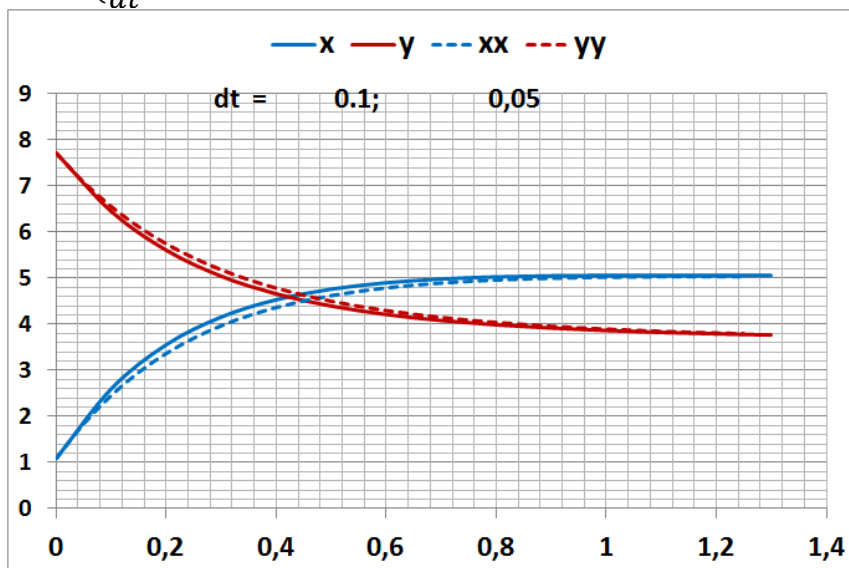


$$\frac{dz}{dt} = -x + 0,5y - 2z - 4,2 \quad z(0) = 0,3$$

Контрольная работа №2

Вариант 1

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -2,91 \cdot x + 0,93 \cdot y + 11,1 & x(0) = 1,1 \\ \frac{dy}{dt} = 1,05 \cdot x - 2,11 \cdot y + 2,41 & y(0) = 7,69 \end{cases}$$



Контрольная работа №3

Вариант 1

$$\begin{aligned} xy + x &= 3,7 \\ x^2 + y^2 &= 7 \end{aligned}$$

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка за зачет «зачтено».

**7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

**а) печатные издания:**

1. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : Учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова; под ред. Б. П. Демидовича. - 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0799-6
2. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : Учебное пособие для вузов / Г. И. Марчук. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-0892-4
3. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров и др. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. - 77 с.

4. Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе Mathcad / В. А. Охорзин. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. - 348 с. - ISBN 978-5-8114-0814-6.

#### **б) электронные учебные издания:**

1. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. ресурсосберегающих технологий. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. - 77 с.
2. Бояршинов, М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие / М. Г. Бояршинов. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 421 с. — ISBN 978-5-398-00056-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160826> (дата обращения: 07.04.2021). — Режим доступа: по подписке

### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Математические методы вычислений и оптимизации» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

#### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

#### **10.2. Программное обеспечение**

Программы Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint), операционная

система MS Windows. MathCad. Специализированные моделирующие программные пакеты ASPEN®.

### **10.3. Базы данных и информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека e-library.ru –<http://elibrary.ru>

### **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для ведения лекционных занятий используется аудитория на необходимое количество посадочных мест, оснащенная демонстрационным оборудованием; для ведения практических занятий используется компьютерный класс, оснащенный объединенными в сеть персональными компьютерами, оборудованием и техническими средствами обучения на необходимое количество посадочных мест.

### **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Математические методы вычислений и оптимизации»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и контроля качества веществ и материалов	Промежуточный
<b>ПК-7</b>	Способен осуществлять научное руководство проведением исследований по отдельным задачам, планировать экспериментальные исследования, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.1</b> Применение численных методов для анализа и оптимизации химико-технологических систем	<b>Объясняет</b> подходы к решению прикладных задач по методам вычислительной математики при помощи ресурсов программного обеспечения (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №№1-5 к зачету	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, может объяснить их смысл	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения, может пояснить основные принципы применяемых методик
	<b>Умеет</b> проводить корректную оценку погрешности численного решения (У-1)	Корректное выполнение и анализ результатов практических работ	Перечисляет правила оценки погрешности при использовании численных методов	Перечисляет и применяет правила оценки погрешности при использовании численных методов	Перечисляет и применяет правила оценки погрешности при использовании численных методов, дает оценку полученного результата
	<b>Способен пользоваться</b> методами решения различных прикладных задач численного анализа (Н-1)	Корректное выполнение практических работ	Имеет представление о принципах о решения задач методами численного анализа, выполняет типовые расчеты	Способен осуществлять выбор методики и выполнять расчет задачи численными методами	Способен о формулировать постановку задачи численного анализа, осуществлять выбор методики и выполнять расчет

Код и наименование	Показатели сформированности	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
<b>ПК-3.2</b> Применение методов математического анализа и моделирования для решения задач теоретического и экспериментального исследования	<b>Называет</b> базовые методики исследования технологических процессов (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №№6-10 к зачету	Перечисляет основные принципы исследования технологических процессов	Перечисляет основные подходы, используемые при исследовании технологических процессов	Перечисляет основные подходы, используемые при исследовании технологических процессов, может дать пояснения на примере произвольного технологического процесса
	<b>Способен</b> применять методы математического моделирования в исследовательских задачах (У-2)	Корректные выводы по результатам практических работ	Выполняет расчеты по заданным параметрам и описанной методике	Ориентируется в методиках моделирования, подбирает данные для расчета по указанной методике, рассчитывает погрешность	Способен осуществить выбор методики моделирования, выбрать исходные данные и оценить адекватность полученного результата
	<b>Владеет</b> навыком моделирования технологических процессов (Н-2)	Корректное выполнение контрольной работы №1, №2	Имеет представление о принципах построения математических моделей на основе данных о реальном объекте	Имеет навык математических моделей на основе данных о реальном объекте	Уверенно владеет навыком построения математических моделей на основе данных о реальном объекте
<b>ПК-7.1</b> Работа с большими данными, характеризующ	<b>Знает</b> методы и алгоритмы поиска корней и экстремумов функций, решения систем алгебраических уравнений, численного диффе-	Правильные ответы на вопросы №№11-20 к зачету	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, может	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие

Код и наименование	Показатели сформированности	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			объяснить их смысл	их определения	их определения, может пояснить основные принципы применяемых методик
ими производственные объекты	ренцирования, вычисления определенных интегралов, решения обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями, аппроксимации данных по методу наименьших квадратов((ЗН-3)				
	<b>Способен</b> правильно применять методы вычислительной математики для решения типовых практических задач (У-3).	Корректные выводы по результатам практических работ	Имеет понятие о применении методик обработки данных для анализа технологических процессов	Способен применять методики обработки данных для анализа технологических процессов	Способен выбирать и применять методики обработки данных для анализа технологических процессов
	<b>Владеет</b> инструментарием математической теории численных методов (Н-3).	Корректное выполнение контрольной работы №3	Имеет представление о численных методах обработки данных, может выполнить типовой расчет	Способен пользоваться стандартизованным инструментарием обработки данных	Способен самостоятельно формулировать простые алгоритмы для обработки данных

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

- шкала оценивания на зачете: «зачет» / «незачет».

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы к экзамену

##### а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:

1. Дифференциальное уравнение первого порядка: постановка задачи, метод Эйлера.
2. Дифференциальное уравнение первого порядка. Метод Эйлера: устойчивость, погрешность, выбор шага.
3. Дифференциальное уравнение первого порядка. Модифицированный метод Эйлера, сравнение с простым методом Эйлера.
4. Дифференциальное уравнение произвольного порядка: начальные условия, сведение к системе дифференциальных уравнений первого порядка.
5. Система дифференциальных уравнений первого порядка: метод Эйлера.
6. Постановка задач безусловной и условной оптимизации, общий алгоритм решения многомерных задач.
7. Оптимизация: одномерный поиск, методы нулевого порядка.
8. Оптимизация: одномерный поиск, методы первого порядка.
9. Оптимизация: выбор направления одномерного поиска – метод градиента.
10. Обработка экспериментальных данных: метод наименьших квадратов.

##### б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-7:

11. Численный анализ: способы задания числовой последовательности, анализ асимптотического поведения, практическая оценка предела и погрешности.
12. Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих узлов. Производная первого порядка: сравнение погрешностей различных формул.
13. Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих узлов. Вывод формулы второй производной, порядок аппроксимации, погрешность.
14. Численное интегрирование. Сравнение погрешностей формулы левых прямоугольников и формулы трапеций.
15. Численное интегрирование. Сравнительный анализ формулы средних прямоугольников и формулы трапеций.
16. Поиск корня функции. Метод простой итерации: условие сходимости, оценка погрешности.
17. Поиск корня функции. Метод Ньютона: вывод формулы, особенности реализации.
18. Метод дихотомии: условия применения, скорость сходимости.
19. Решение систем линейных уравнений: расчет трудоемкости метода Гаусса.
20. Решение систем нелинейных уравнений: метод Ньютона-Рафсона.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к ответу на вопрос – до 30 мин.

#### 3.2 Примерные задания для выполнения контрольных работ

##### 3.2.1 Контрольная работа №1

$$\frac{dx}{dt} = -3x - 5 \quad x(0) = 5,1$$

$$\frac{dx}{dt} = -4x + 3,1y - z + 5 \quad x(0) = 1,1$$

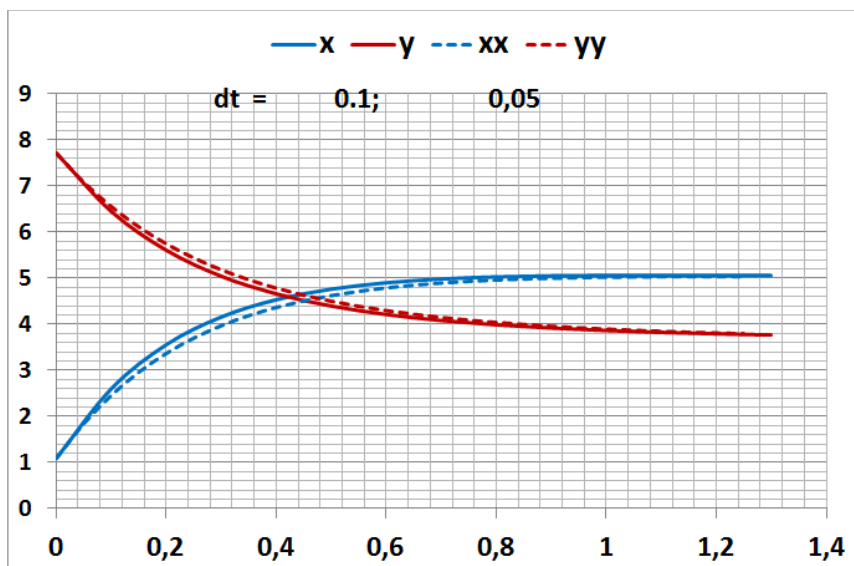
$$\frac{dy}{dt} = 2x - 5,1y - z + 7 \quad y(0) = 2,1$$

$$\frac{dz}{dt} = -x + 0,5y - 2z - 4,2 \quad z(0) = 0,3$$

##### 3.2.2 Контрольная работа №2

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -2,91 \cdot x + 0,93 \cdot y + 11,1 & x(0) = 1,1 \\ \frac{dy}{dt} = 1,05 \cdot x - 2,11 \cdot y + 2,41 & y(0) = 7,69 \end{cases}$$





3.2.3 Контрольная работа №3

$$xy + x = 3,7$$

$$x^2 + y^2 = 7$$

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

