

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКНК
_____ Д.П. Зегжда
«17» июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Вычислительная математика»

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.02 Информационные системы и технологии
Наименование ООП	09.03.02_02 Информационные системы и технологии
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ А.А. Ефремов

«26» марта 2024 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания

высшей школы "ВШКТиИС"

от «26» марта 2024 г. № 1

РПД разработали:

Доцент, к.т.н., доц. В.А. Сушников

Профессор, д.т.н., проф. С.М. Устинов

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. знание студентами методов вычислительной математики, оперирующей с объектами, описываемыми алгебраическими, разностными, дифференциальными и интегральными уравнениями
2. умение выбирать методы решений, адекватные поставленной задаче, реализовать вычисления в виде алгоритмов для ЭВМ, анализировать погрешности используемых методов с учетом точности представления числовых данных в ЭВМ

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ИД-4 ОПК-1	Применяет модели и методы специальных разделов математики

Планируемые результаты изучения дисциплины

умения:

- Умеет решать математические задачи

навыки:

- Владеет знаниями по дополнительным разделам математики

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Вычислительная математика» не связана ни с одним модулем учебного плана.

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Алгоритмизация и программирование
- Факультатив по математике

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	60
Практические занятия	44
Самостоятельная работа	97
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Промежуточная аттестация (зачет)	8
Курсовое проектирование	16
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	252, ач
	7, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Текущий контроль	
Курсовые работы, шт.	1
Промежуточная аттестация	
Зачеты, шт.	2
Экзамены, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач
1.	Погрешности вычислений	4	2	6
2.	Разности, суммы, разностные уравнения	4	4	7
3.	Интерполяция функций и смежные вопросы	6	4	8
4.	Среднеквадратичная аппроксимация. Ортогонализация	4	2	8
5.	Дополнительные элементы теории матриц	6	4	8
6.	Системы линейных алгебраических уравнений. Разложения матриц	4	4	10
7.	Проблема собственных значений	6	4	10
8.	Нелинейные уравнение и системы	4	4	8
9.	Обыкновенные дифференциальные уравнения и введение в методы решения уравнений в частных производных	6	4	8
10.	Минимизация функций и ее приложения	4	4	8
11.	Численное интегрирование	6	4	8
12.	Введение в некорректно поставленные задачи	6	4	8
Итого по видам учебной работы:		60	44	97
Зачеты, ач				6
Экзамены, ач				10
Часы на контроль, ач				16
Курсовое проектирование		16		
Промежуточная аттестация (экзамен)		11		
Промежуточная аттестация (зачет)		8		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		252 / 7		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Погрешности вычислений	Источники и классификация погрешностей. Представление чисел в ЭВМ, абсолютная и относительная погрешности. Погрешности арифметических операций. Понятие машинного «эпсилон». Устойчивые и неустойчивые алгоритмы
2. Разности, суммы, разностные уравнения	Конечные разности, разделенные разности и их свойства. Таблица конечных разностей. Суммирование функций. Формула Абеля. Разностное уравнение, его порядок. Уравнение первого порядка. Решение линейных разностных уравнений с постоянными коэффициентами
3. Интерполяция функций и смежные вопросы	Аппроксимация функций. Критерии близости. Задача интерполирования. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Многочлены Чебышева. Остаточный член полинома. Выбор узлов интерполирования. Интерполирование по Эрмиту. Обратная задача интерполирования. Сплайн-интерполяция.
4. Среднеквадратичная аппроксимация. Ортогонализация	Среднеквадратичная аппроксимация (метод наименьших квадратов – МНК). Весовые коэффициенты и весовые функции. Понятие ортогональности. Метод ортогонализации Шмидта. Примеры ортогональных полиномов. Сингулярное разложение матрицы. Использование сингулярного анализа для выравнивания экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Понятие «эффективного» ранга матрицы. Псевдообратная матрица.
5. Дополнительные элементы теории матриц	Обратная матрица, собственные значения и векторы. Скалярное произведение и ортогональные матрицы. Матричный ряд. Норма матрицы. Функции матрицы и их свойства. Теорема Гамильтона-Кэли и формула Лагранжа-Сильвестра. Решение систем линейных дифференциальных и разностных уравнений в векторно-матричном виде. Устойчивость решений по Ляпунову.

<p>6. Системы линейных алгебраических уравнений. Разложения матриц</p>	<p>Точные и итерационные методы. Явление плохой обусловленности. Метод Гаусса. LU-разложение матрицы и его модификации. QR-разложение матриц. Преобразование вращения и преобразование отражения. Использование ортогонально-треугольной факторизации для решения линейных систем. Метод последовательных приближений. Разреженные матрицы и их хранение в памяти ЭВМ. Сходимость одношаговых итерационных методов, оценка скорости сходимости. Многочлены Чебышева и нестационарные методы с чебышевским набором параметров. Итерационные методы вариационного типа. Методы минимальных невязок, минимальных поправок, скорейшего спуска, сопряженных градиентов.</p>
<p>7. Проблема собственных значений</p>	<p>Методы решения частичной проблемы собственных значений (степенной метод, обратный степенной метод без сдвигов и со сдвигами). QR-разложение. QR-алгоритм для решения полной проблемы собственных значений. Преобразования Хаусхолдера и Гивенса для приведения матрицы к форме Хессенберга.</p>
<p>8. Нелинейные уравнение и системы</p>	<p>Методы бисекции, секущих, простых итераций, обратной квадратичной интерполяции. Метод последовательных приближений. Метод Ньютона.</p>
<p>9. Обыкновенные дифференциальные уравнения и введение в методы решения уравнений в частных производных</p>	<p>Задача Коши. Методы ломаных Эйлера, метод трапеций. Методы Адамса. Локальная и глобальная погрешности, степень точности (порядок аппроксимации) метода. Методы Рунге-Кутты. Область устойчивости метода. Явление жесткости и примеры жестких систем. Особенности реализации неявных методов (процедура Гира). Принцип квазистационарности производных. Краевые задачи. Метод стрельбы, конечноразностный метод (с методом прогонки). Проекционные методы коллокации, Галеркина, конечных элементов. Метод прямых, жесткость возникающих уравнений. Метод сеток. Особенности решения систем аппроксимирующих уравнений высокой размерности.</p>

<p>10. Минимизация функций и ее приложения</p>	<p>Одномерный поиск. Метод деления отрезка пополам, золотого сечения, последовательной параболической интерполяции. Локальный и глобальный минимум. Задача многомерного поиска и ее связь с другими задачами численного анализа. Методы покоординатного спуска, градиентного спуска, Ньютона. Квадратичная функция и ее линии уровня. Явление овражности, примеры овражных функций. Недостатки традиционных методов при минимизации овражных функций. Уравнение линии спуска. Связь явлений жесткости и овражности. Плохое масштабирование, комплексы параметров (агрегаты) и численная методика их выявления. Барьерные и штрафные в задачах условной минимизации. Задача параметрической идентификации математических моделей.</p>
<p>11. Численное интегрирование</p>	<p>Методы численного интегрирования, их достоинства и недостатки. Квadrатурные формулы Ньютона-Котеса. Составные квадратурные формулы. Адаптивные квадратурные формулы. Применение на практике в соответствии с требованиями задачи. Численное дифференцирование. Формулы для первой и второй производных. Влияние вычислительной погрешности на точность.</p>
<p>12. Введение в некорректно поставленные задачи</p>	<p>Понятие устойчивой и корректно поставленной задачи. Примеры некорректно поставленных задач, регуляризирующие алгоритмы для их решения. Комплексы параметров в задачах минимизации функций, решение систем алгебраических и дифференциальных уравнений, задача численного дифференцирования в некорректной постановке.</p>

5. Образовательные технологии

В рамках дисциплины "Вычислительная математика" используется сочетание традиционных образовательных технологий (лекции и практические занятия) и информационно-коммуникационных технологий, в том числе, с использованием системы дистанционного обучения СПбПУ (dl.spbstu.ru).

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Решение систем линейных алгебраических уравнений. Разложение матриц	12
2.	Интерполяция и квадратурные формулы	12
3.	Решение нелинейных уравнений и систем	10
4.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	10
Итого часов		44

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

В целях поддержки самостоятельной работы студентов в среде дистанционного обучения СПбПУ размещены все необходимые учебно-методические материалы, посвященные темам, рассматриваемым в учебном курсе.

Подготовлены и доступны в электронном виде описания практических и курсовой работ, что позволяет студентам предварительно ознакомиться с содержанием работы и самостоятельно ее выполнить.

В форумах дистанционных курсов осуществляется интерактивная поддержка дисциплины, консультации и ответы на вопросы

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
самостоятельное изучение разделов дисциплины	30
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	33
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Итого текущей СР:	97
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-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
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
Итого творческой СР:	0
Общая трудоемкость СР:	97

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=41>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Устинов С.М., Зимницкий В.А. Вычислительная математика: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2009.	2009	ИБК СПбПУ
2	Устинов С.М. Математические модели, 2020. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/s20-57.pdf	2020	ЭБ СПбПУ

Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Кирсаяев А.Н., Куприянов В.Е. Вычислительная математика, 2011. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/local/2142.pdf	2011	ЭБ СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. [Электронный ресурс] Кузнецова Л.В. Вычислительная математика. Решение практических заданий: электронное учебное пособие: учебное пособие, 2024: <https://elib.spbstu.ru/dl/5/tr/2024/tr24-105.pdf>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Свободно распространяемый текстовый редактор OpenOffice

Пакет прикладных математических программ MATLAB (или аналог Scilab)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В лекционной аудитории должна быть доска, мультимедийный проектор, экран.

При выполнении лабораторных и курсовых работ используется учебный компьютерный класс с ПК общего назначения.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Вычислительная математика» предусмотрены следующие формы аттестации: зачёт, экзамен. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

Текущий контроль успеваемости

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Неудовлетворительно - Обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответил на все вопросы билета и дополнительные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена.

Удовлетворительно - Обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустил погрешность в ответе на теоретические вопросы, но обладал необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя..

Хорошо - Обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполнил предусмотренные задания, усвоил основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показал систематический характер знаний по дисциплине, ответил на все вопросы билета, но допустил при этом непринципиальные ошибки.

Отлично - Обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответил не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

Промежуточная аттестация может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, включая критерии выставления оценки.

1. Форма проведения экзамена:

1. *тестирование*

2. *устное собеседование*

2. Форма проведения зачета, зачета с оценкой, курсовой работы (проекта)

1. *портфолио*

2. *устное собеседование*

3. Правила проведения промежуточной аттестации с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

Проводится так же, как и в случае очной формы обучения с использованием дистанционных технологий в системе MS Teams. При выставлении оценки «зачтено» учитываются результаты устного собеседования, а также результаты обучения в текущем семестре.

4. Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по дисциплине

Получение зачета заслуживает студент, проделавший необходимое число индивидуальных заданий и курсовую работу, участвующий в обсуждениях результатов выполненной работы, понимающий процесс выполнения работы, готовый повторить выполненное задание и умеющий ответить на вопросы по лекционному курсу, связанные с применением конкретных методов.

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено
90 и более	Отлично/зачтено

11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале <https://etk.spbstu.ru>

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Особенностью учебного процесса по дисциплине «Вычислительная математика» является высокая степень индивидуализации обучения, обусловленная персональным характером заданий, предусмотренных программой.

Кроме сведений, получаемых на практических занятиях, часть необходимой информации приобретается студентами при использовании учебно-методической и справочной литературы в процессе самостоятельной работы (согласно методическим указаниям, представляемым преподавателем на предшествующих практических занятиях).

Компоновка тем осуществляется в соответствии с принципами, обеспечивающими студентам полное понимание материала, включая основополагающие результаты, полученные учеными в области вычислительной математики и численных методах.

Методы решения задач, рассматриваемые в рамках дисциплины «Вычислительная математика», могут быть применены в других дисциплинах, таких как "Теория автоматического управления", "Системный анализ и принятие решений", "Введение в функциональный анализ" и пр.

При изучении дисциплины особое значение отводится самостоятельной работе студента. Формы и методы самостоятельной работы студента во многом зависят от самого студента. Однако не будет лишним использовать данные рекомендации. Они позволят повысить качество подготовки к занятиям.

13. 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.