

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156344	Численные методы

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Механика и математическое моделирование 2. Прикладная математика	Код ОП 1. 01.03.03/33.01 2. 01.03.04/33.01
Направление подготовки 1. Механика и математическое моделирование; 2. Прикладная математика	Код направления и уровня подготовки 1. 01.03.03; 2. 01.03.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гредасова Надежда Викторовна	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	прикладной математики и механики
2	Осипов Сергей Иванович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	департамент математики, механики и компьютерных наук

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Численные методы

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль ориентирован на изучение основ численных методов использует знания, полученные по классическим разделам математики алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения. Цель данного модуля ознакомление студентов с современным состоянием и перспективами развития изучаемой области математических наук, формирование навыков эффективного использования основных известных методов направления для решения профессиональных задач.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Численные методы	7
ИТОГО по модулю:		7

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Алгебра и геометрия 2. Анализ функций одного и нескольких переменных
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Численные методы	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в конкретной области	З-1 - Демонстрировать понимание теоретических основ методов, используемых для проведения научных исследований в профильной области У-1 - Соотносить цель и задачи исследования с набором методов

	<p>профессиональной деятельности</p>	<p>исследования, выбрать необходимое сочетание цели и средств</p> <p>П-1 - Иметь опыт выполнения стандартных исследований с использованием серийного научного и технологического оборудования, стандартной методологии и методов исследований</p>
	<p>ОПК-3 - Способен систематизировать, анализировать и обобщать результаты научных исследований на основе информационной и библиографической культуры</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов анализа и обобщения результатов научных исследований</p> <p>З-3 - Демонстрировать понимание приемов и способов самостоятельного поиска и осмысления информации в соответствии с профессиональными задачами</p> <p>У-1 - Систематизировать и анализировать результаты экспериментов, наблюдений, измерений</p> <p>У-3 - Интерпретировать результаты собственных исследований, соотнося их с данными научной литературы, формулировать заключения и выводы по результатам исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт представления обобщенных результатов исследовательской деятельности и их оформления в виде текстовых, графических и иных материалов в соответствии с требованиями</p> <p>П-3 - Иметь опыт подготовки и оформления отчетов по лабораторным работам, практикам, научным исследованиям на основе информационной и библиографической культуры</p>
	<p>ОПК-4 - Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>З-2 - Демонстрировать понимание нормативных требований к информационной безопасности</p> <p>У-2 - Выбирать безопасные информационно-коммуникативные технологии для эффективного решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Иметь опыт использования информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в **очной** формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Численные методы

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кандоба Игорь Николаевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	вычислительной математики и компьютерных наук
2	Конончук Екатерина Александровна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	департамент математики, механики и компьютерных наук

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 7 от 29.09.2023 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кандоба Игорь Николаевич, Доцент, вычислительной математики и компьютерных наук
- Конончук Екатерина Александровна, Старший преподаватель, департамент математики, механики и компьютерных наук

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Теория погрешностей.	Типы погрешностей и их источники. Приближенные числа, характеристики их точности (абсолютная и относительная погрешности). Погрешность и позиционная запись числа. Погрешности арифметических операций. Определение погрешности значения функции по погрешности значения аргумента.
P2	Ускорение сходимости числовых рядов	Конечная сумма ряда как приближенное значение суммы ряда. Погрешность приближения. Понятие эталонного ряда. Метод Куммера ускорения сходимости числового ряда.
P3	Численные методы решения нелинейных уравнений	Методы локализации корней уравнения. Приближенные численные методы определения корней уравнения – методы дихотомии, подвижных и неподвижных хорд, касательных (Ньютона), парабол, простой итерации. Геометрическая интерпретация методов. Оценки погрешности и скорости сходимости методов. Достаточные условия сходимости методов.
P4	Численные методы линейной алгебры	Методы вычисления собственных векторов и собственных значений матриц. Метод Фаддеева-Леверея. Точные методы решения крамеровской системы линейных алгебраических уравнений – правило Крамера, метод исключения Гаусса, схема Гаусса с выбором главного

		<p>элемента, компактная схема Гаусса. Преимущества и недостатки. Оценки числа арифметических операций.</p> <p>Неустраняемая погрешность в решении системы линейных алгебраических уравнений.</p> <p>Чувствительность решения системы к возмущению значений ее параметров, число обусловленности системы.</p> <p>Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Критерий сходимости метода. Конструктивное достаточное условие сходимости. Оценки погрешности и скорости сходимости метода.</p> <p>Методы Якоби и Гаусса-Зейделя как частные случаи метода простой итерации. Критерии сходимости методов. Достаточные условия сходимости (свойства диагонального преобладания и неотрицательной определенности матрицы системы соответственно).</p>
P5	Численные методы решения систем нелинейных уравнений	<p>Методы простой итерации и Ньютона. Матрица Якоби отображения, понятие дифференцируемости отображения в точке, производных по Фреше и Гато.</p> <p>Достаточные условия сходимости методов простой итерации и Ньютона. Оценки погрешности и скорости сходимости.</p>
P6	Численная интерполяция	<p>Постановка задачи численной интерполяции. Понятие чебышевской на заданном множестве системы функций. Критерий существования и единственности решения задачи численной интерполяции.</p> <p>Интерполяционный многочлен Лагранжа. Процедура построения. Погрешность метода, набор интерполяционных узлов как корней многочлена</p> <p>Чебышева соответствующей степени, их свойства. Определение разделенных разностей, их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона, процедура построения.</p> <p>Численная интерполяция с кратными узлами. Постановка задачи. Разделенные разности с совпадающими узлами, их свойства.</p> <p>Интерполяционный многочлен Эрмита, процедура построения, погрешность.</p> <p>Сходимость интерполяционного процесса.</p>
P7	Численное дифференцирование	<p>Постановка задачи численной интерполяции. Понятие чебышевской системы функций.</p> <p>Существование и единственность решения задачи численной интерполяции.</p> <p>Интерполяционный многочлен Лагранжа. Процедура построения. Погрешность метода (погрешность интерполяционного многочлена), набор интерполяционных узлов как корней многочлена Чебышева соответствующей</p>

		<p>степени, их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Определение разделенных разностей, их свойства. Процедура построения интерполяционного многочлена. Его преимущества в практическом использовании.</p>
P8	Численное интегрирование	<p>Постановка задачи. Понятия квадратурной и интерполяционной квадратурной формулы численного интегрирования. Характеристическое свойство интерполяционной квадратурной формулы.</p> <p>Понятие алгебраической степени точности квадратурной формулы. Формулы Ньютона–Котеса.</p> <p>Погрешность квадратурных формул. Понятие квадратурного процесса, определение его сходимости. Необходимое и достаточное условие сходимости квадратурного процесса.</p> <p>Составные квадратурные формулы. Их погрешность. Примеры составных квадратурных формул (составные квадратурные формулы средних прямоугольников, трапеций и Симпсона).</p> <p>Неустраняемая погрешность составной квадратурной формулы, ее оценка, выводы.</p> <p>Метод Рунге практической оценки погрешности составных квадратурных формул. Формула Рунге. Понятие адаптивного квадратурного процесса.</p> <p>Вычисление интегралов с весом. Постановка задачи. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности (формула Гаусса). Алгоритм построения, его теоретическое обоснование. Понятие квадратурного процесса Гаусса, его сходимости.</p> <p>Вычисление интегралов с особенностями. Понятие особенности с точки зрения практического использования методов численного интегрирования. Аналитический, мультипликативный и аддитивный метод устранения особенности. Метод усечения устранения особенности.</p> <p>Методы вычисления кратных интегралов.</p>
P9	Численные методы решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка	<p>Постановка задачи. Понятие приближенного решения задачи Коши.</p> <p>Методы, основанные на разложении в ряд Тейлора в окрестности узла. Понятия локальной погрешности и погрешности на всем интервале (глобальной погрешности). Порядок точности на одном шаге и всем интервале, их связь.</p> <p>Методы Эйлера (явный, неявный) и Коши, их геометрическая интерпретация и порядок точности. Методы Рунге-Кутты второго и четвертого порядков точности на всем интервале. Их практическое использование.</p> <p>Разностные методы. Интерполяционные и экстраполяционные формулы Адамса. Процедура построения и порядок точности.</p> <p>Общий вид k-шагового разностного метода. Понятия алгебраической степени точности формулы метода, невязки и</p>

		<p>погрешности разностного метода на одном шаге. Их связь. Метод неопределенных коэффициентов.</p> <p>Устойчивость k-шагового разностного метода. Понятия устойчивости решения разностного уравнения по Ляпунову и нуль-устойчивости разностного метода. Связь сходимости метода с его порядком точности и нуль-устойчивостью.</p> <p>Исследование зависимости свойств метода от уравнения и значения шага. Понятие жесткой системы. Определение области устойчивости разностного метода. Свойство A-устойчивости разностного метода. Примеры</p>
P10	Численные методы решения краевых задач для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка	<p>Постановка задачи. Понятие приближенного решения краевой задачи.</p> <p>Метод стрельбы. Его геометрическая интерпретация и вычислительная процедура.</p> <p>Метод разностной прогонки численного решения линейных краевых задач. Понятие порядка аппроксимации разностной схемы. Вычислительная процедура метода. Достаточные условия реализуемости и сходимости метода.</p> <p>Вариационные методы численного решения краевой задачи. Сведение краевой задачи к вариационной. Их связь, уравнение Эйлера.</p> <p>Метод Ритца для линейного уравнения. Достаточные условия существования и единственности решения вариационной задачи на конечно-мерном пространстве, его сходимости к решению на бесконечно-мерном пространстве.</p> <p>Методы Галеркина, наименьших квадратов, коллокаций.</p>
P11	Численные методы в теории приближения функций	<p>Постановка задачи. Понятие сплайнов различных степеней. Определение кубического интерполяционного сплайна, эффективные способы его построения. Экстремальное свойство кубического интерполяционного сплайна (теорема Холлидея).</p> <p>Применение сплайнов для численного решения различных задач, примеры.</p>
P12	Метод наименьших квадратов	<p>Задача обработки экспериментальных данных. Подход Гаусса для построения уравнения линейной регрессии.</p> <p>Общая постановка задачи интерполяции. Ее численное решение методом наименьших квадратов. Понятие МНК-решения переопределенной системы линейных алгебраических уравнений.</p> <p>Невырожденный и вырожденный случаи. Матрица Грамма.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной	Вид воспитательной	Технология воспитательной	Компетенция	Результаты обучения
----------------------------	--------------------	---------------------------	-------------	---------------------

деятельности	деятельности	деятельности		
Воспитание навыков жизнедеятельности в условиях глобальных вызовов и неопределенностей	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-4 - Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	З-2 - Демонстрировать понимание нормативных требований к информационной безопасности У-2 - Выбирать безопасные информационно-коммуникативные технологии для эффективного решения задач профессиональной деятельности П-2 - Иметь опыт использования информационно-коммуникационных технологий с учетом основных требований информационной безопасности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы

Электронные ресурсы (издания)

1. Пименов, В. Г., Меленцова, Ю. А.; Ч. 1 : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки", 010800 "Механика и математическое моделирование", 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии", 230700 "Прикладная информатика".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013; <http://hdl.handle.net/10995/45228> (Электронное издание)

2. Формалев, В. Ф.; Численные методы : учебник.; Физматлит, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69333> (Электронное издание)

3. Пименов, В. Г., Меленцова, Ю. А.; Ч. 2 : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки", 010800 "Механика и математическое моделирование", 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии", 230700 "Прикладная информатика".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014; <http://hdl.handle.net/10995/31219>

(Электронное издание)

4. Костомаров, Д. П.; Вводные лекции по численным методам : учебное пособие.; Логос, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89794> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Самарский, А. А.; Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2009 (1 экз.)
2. Бахвалов, Н. С.; Численные методы : [учебное пособие для студентов физико-математических специальностей вузов].; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2013 (1 экз.)
3. Киреев, В. И., Пантелеев, А. В.; Численные методы в примерах и задачах : учеб. пособие для студентов вузов.; Высшая школа, Москва; 2006 (2 экз.)
4. Вержбицкий, В. М.; Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. пособие для вузов.; Оникс 21 век, Москва; 2005 (2 экз.)
5. Вержбицкий, В. М.; Основы численных методов : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов "Прикладная математика".; Высшая школа, Москва; 2005 (20 экз.)
6. Волков, Е. А.; Численные методы : учеб. пособие [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2008 (11 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Общероссийский математический портал <http://www.mathnet.ru/>

Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://www.elibrary.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Google Chrome
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)</p> <p>Google Chrome</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Не требуется