

8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473 «Росси

(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Кафедра Искусственного интеллекта, прикладной математики и программирования

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы

Уровень образования	бакалавриат
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Информационные системы и технологии в топливно-энергетическом комплексе
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года
Форма обучения	очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Численные методы» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 9 от 09.04.2024 г.

Разработчики рабочей программы учебной дисциплины:

1. Доцент А.М. Романенков
2. Старший преподаватель А.Т. Костоев

Заведующий кафедрой: А.В. Мокряков

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Численные методы» изучается в четвертом семестре.
Курсовая работа не предусмотрена.

1.1. Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Численные методы» относится обязательной части.

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам:

- Математический анализ, интегральные и дифференциальные исчисления;
- Линейная алгебра и алгебра матриц;
- Теория вероятности и математическая статистика в экологии и

теплоэнергетике.

Результаты обучения по учебной дисциплине, используются при изучении следующих дисциплин и практик:

- Математическое моделирование в теплофизике и теплоэнергетике.

Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при прохождении производственной практики и (или) выполнении выпускной квалификационной работы.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Целями изучения дисциплины «Численные методы» являются:

- освоение основных методов решения скалярных уравнений и систем линейных алгебраических уравнений;
- приобретение навыков анализа и выбора наиболее подходящего численного метода для решения математических задач;
- развитие умения применять физико-математический аппарат для решения профессиональных задач;
- формирование навыков разработки алгоритмов и программной реализации численных методов;
- способность применять системный подход и аналитические методы для решения математических задач;
- формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине.

Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

2.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	ИД-УК-1.5. Последовательное решение задач, выработка конкретных алгоритмов и четкое следование плану, выстраивание комбинаций, переключение между задачами, прослеживание причинно-следственных связей, связанности и целостности логических операций	– Демонстрирует понимание основных методов решения скалярных уравнений и систем линейных алгебраических уравнений; – Применяет различные численные методы для решения математических задач; – Анализирует и оценивает эффективность численных методов; – Применяет системный подход и аналитические методы при решении математических задач;
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	ИД-ОПК-3.1. Применение математического аппарата для решения профессиональных задач.	– Оценивает и анализирует результаты численных экспериментов.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

по очной форме обучения –	3	з.е.	96	час.
---------------------------	---	------	----	------

3.1. Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий

Структура и объем дисциплины									
Объем дисциплины по семестрам	форма промежуточной аттестации	всего, час	Контактная аудиторная работа, час				Самостоятельная работа обучающегося, час		
			лекции, час	практические занятия, час	лабораторные занятия, час	практическая подготовка, час	курсовая работа	самостоятельная работа обучающегося, час	промежуточная аттестация, час
4 семестр	зачет	96	18	36				42	
Всего:		96	18	36				42	

3.2. Структура учебной дисциплины для обучающихся по разделам и темам дисциплины:

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
УК-5: ИД-УК-1.5 ОПК-3: ИД-ОПК-3.1	Четвертый семестр						
	Тема 1.1. Методы решения скалярных уравнений. Понятие точного и приближенного метода. Теорема Больцано-Коши (о промежуточном значении). Метод дихотомии.	2					Самостоятельные проверочные работы.
	Тема 1.2. Метод простой итерации. Теорема о сходимости метода простой итерации. Достаточное условие сходимости метода простой итерации.	2					
	Тема 1.3. Метод Ньютона. Итерационный процесс для вычисления корня p -ой степени.	2					
	Тема 1.4. Метод Ньютона для нелинейных систем. Сходимость и скорость сходимости метода Ньютона.	2					
	Тема 1.5. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) при специальном виде матрицы коэффициентов (диагональная, треугольная). Оценка числа операций.	2					
	Тема 1.6. Норма матрицы. Число обусловленности матрицы. Теорема об оценке относительной погрешности.	2					
	Тема 1.7. Метод прогонки. Оценка числа операций.	2					
	Тема 1.8. Метод Гаусса.	2					
	Тема 1.9. Итерационные методы решения СЛАУ. Понятие приближенного решения. Явные и неявные методы. Каноническая форма итерационного процесса.	2					
	Практическое занятие №1.1. Методы решения скалярных уравнений. Понятие точного и приближенного метода. Теорема Больцано-Коши (о промежуточном значении). Метод дихотомии.		4				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Практическое занятие №1.2. Метод простой итерации. Теорема о сходимости метода простой итерации. Достаточное условие сходимости метода простой итерации.		4				
	Практическое занятие №1.3. Метод Ньютона. Итерационный процесс для вычисления корня р-ой степени.		4				
	Практическое занятие №1.4. Метод Ньютона для нелинейных систем. Сходимость и скорость сходимости метода Ньютона.		4				
	Практическое занятие №1.5. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) при специальном виде матрицы коэффициентов (диагональная, треугольная). Оценка числа операций.		4				
	Практическое занятие №1.6. Норма матрицы. Число обусловленности матрицы. Теорема об оценке относительной погрешности.		4				
	Практическое занятие №1.7. Метод прогонки. Оценка числа операций.		4				
	Практическое занятие №1.8. Метод Гаусса.		4				
	Практическое занятие №1.9. Итерационные методы решения СЛАУ. Понятие приближенного решения. Явные и неявные методы. Каноническая форма итерационного процесса.		4				
	Зачет с оценкой	х	х	х	х	х	Зачет с оценкой по билетам
	ИТОГО за семестр	18	36			42	
	ИТОГО за весь период	18	36			42	

3.3. Краткое содержание учебной дисциплины

№ пп	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
Тема 1.1	Методы решения скалярных уравнений. Понятие точного и приближенного метода. Теорема Больцано-Коши (о промежуточном значении). Метод дихотомии.	Понятие методов решения скалярных уравнений: Аналитические методы vs численные методы. Примеры аналитических методов (формулы решения уравнений). Примеры численных методов (методы итерации, метод дихотомии). Точный и приближенный методы: Определение точного и приближенного метода. Отличия и применение в решении уравнений. Теорема Больцано-Коши о промежуточном значении: Формулировка теоремы. Применение теоремы в контексте решения уравнений. Метод дихотомии: Описание метода. Принцип работы. Примеры применения.
Тема 1.2	Метод простой итерации. Теорема о сходимости метода простой итерации. Достаточное условие сходимости метода простой итерации.	Метод простой итерации: Описание метода. Итерационный процесс. Теорема о сходимости метода простой итерации: Формулировка теоремы. Условия сходимости. Достаточное условие сходимости метода простой итерации: Описание достаточного условия сходимости. Применение к различным типам уравнений.
Тема 1.3	Метод Ньютона. Итерационный процесс для вычисления корня p -ой степени.	Метод Ньютона: Описание метода. Принцип работы. Итерационный процесс для вычисления корня p -ой степени: Общий алгоритм. Примеры применения.
Тема 1.4	Метод Ньютона. Итерационный процесс для вычисления корня p -ой степени.	Метод Ньютона: Описание метода. Принцип работы. Формулировка итерационной формулы. Итерационный процесс для вычисления корня p -ой степени: Описание алгоритма. Примеры применения. Условия сходимости и оценка скорости сходимости.
Тема 1.5	Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) при специальном виде матрицы коэффициентов (диагональная, треугольная). Оценка числа операций.	Точные методы решения СЛАУ: Общее понятие и принцип работы. Специальный вид матрицы коэффициентов: диагональная, треугольная. Оценка числа операций: Алгоритмы решения систем с диагональной и треугольной матрицами. Анализ сложности алгоритмов. Сравнение эффективности различных методов.

Тема 1.6	Норма матрицы. Число обусловленности матрицы. Теорема об оценке относительной погрешности.	Норма матрицы: Определение нормы матрицы. Различные виды норм, такие как евклидова норма, максимальная норма и др. Свойства нормы матрицы. Число обусловленности матрицы: Определение числа обусловленности. Значение числа обусловленности для оценки устойчивости решений систем линейных уравнений. Теорема об оценке относительной погрешности: Формулировка теоремы. Применение в контексте числа обусловленности матрицы. Значение для анализа точности численных вычислений.
Тема 1.7	Метод прогонки. Оценка числа операций.	Метод прогонки: Описание метода. Применение к решению систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей. Процесс прогонки: прямой и обратный ход. Оценка числа операций: Анализ сложности алгоритма метода прогонки. Оценка количества необходимых арифметических операций. Сравнение эффективности метода прогонки с другими методами решения СЛАУ.
Тема 1.8	Метод Гаусса.	Описание метода Гаусса: Общее описание метода. Принцип работы. Прямой ход: Преобразование матрицы системы к верхнетреугольному виду. Элементарные преобразования строк. Обратный ход: Нахождение решения системы с верхнетреугольной матрицей. Нахождение значений неизвестных. Примеры применения: Пример решения системы уравнений методом Гаусса. Оценка числа операций: Анализ сложности алгоритма. Оценка количества необходимых арифметических операций.
Тема 1.9	Итерационные методы решения СЛАУ. Понятие приближенного решения. Явные и неявные методы. Каноническая форма итерационного процесса.	Понятие приближенного решения. Явные и неявные методы: Описание явных и неявных итерационных методов решения СЛАУ. Различия между ними и их особенности. Каноническая форма итерационного процесса: Представление итерационного процесса в канонической форме. Описание шагов итерационного метода в канонической форме. Примеры итерационных методов: Примеры популярных итерационных методов, таких как метод простой итерации, метод Зейделя и др.

		Преимущества и недостатки итерационных методов: Обсуждение преимуществ и недостатков использования итерационных методов по сравнению с прямыми методами.
--	--	---

3.4. Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию. Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

- изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;
- выполнение самостоятельных проверочных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра.

3.5. Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

При реализации программы учебной дисциплины электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции.

Уровни сформированности компетенций	Итоговое количество баллов в 100-балльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Оценка в пятибалльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Показатели уровня сформированности профессиональных компетенций
			УК-5: ИД-УК-1.5 ОПК-3: ИД-ОПК-3.1
высокий		отлично	Обучающийся: – исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет связывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения; – демонстрирует высокий уровень решения задач численных методов; – свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе; – дает развернутые, исчерпывающие, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные.
повышенный		хорошо	Обучающийся: – достаточно подробно, грамотно и по существу излагает изученный материал, приводит и раскрывает в тезисной форме основные понятия; – демонстрирует достаточно хороший уровень решения задач численных методов; – достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе; – дает ответы на поставленные вопросы, отражающие знания теоретического материала, при этом, не допуская существенных неточностей.
базовый		удовлетворительно	Обучающийся: – демонстрирует теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения образовательной программы; – демонстрирует базовый уровень решения задач численных методов; – дает ответы, отражающие знания на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения.

низкий		неудовлетворительно	Обучающийся: – демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материала, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; – не способен самостоятельно решать задачи численных методов; – дает ответы, отражающие отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.
--------	--	---------------------	---

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Численные методы» проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине, указанных в разделе 2 настоящей программы.

5.1. Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
1	Самостоятельные проверочные работы	Самостоятельная проверочная работа №1. Локализируйте корни заданных уравнений и напишите программу, в которой методом простой итерации, методом дихотомии и методом Ньютона находится приближение к данным корням с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$. Программа должна выводить номер итерации и текущее приближение к корню. Сравните число итераций для каждого из методов. $\sin x - 2x^2 + 0,5 = 0$; $\sqrt{1-x^2} - e^x + 0,1 = 0$; $x^6 - 5x^3 - 2 = 0$; $\ln x - \frac{1}{1+x^2} = 0$; $3^x - 5x^2 + 1 = 0$. Самостоятельная проверочная работа №2. Во всех заданиях точность $\varepsilon = 10^{-k}$, где k – параметр вашей программы.

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
		6. Локализируйте корни заданных уравнений и напишите программу, в которой методом простой итерации находится приближение к данным корням с точностью ε. Программа должна выводить номер итерации и текущее приближение к корню. $x^3 + x^2 - x + \frac{1}{2} = 0$; $\frac{e^x}{A} = x + 1$, где $A > 0$; $x^3 - 20x + 1 = 0$; $2^x + x^2 - 2 = 0$; $x \ln(x + 2) - 1 + x^2 = 0$; $\frac{x^3}{A} = A \cos x$, где $A > 1$. 7. Найдите приближенное решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона. Приближенное решение следует искать с точностью ε. В качестве начального приближения стоит взять точку, которая недалеко отстоит от корня системы. Для поиска такой точки следует построить графики уравнений системы и на основе графиков выбрать нужное начальное приближение. Вашу систему (для двумерного случая) можно записать в векторном виде: $F(x, y) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \text{где } F(x, y) = \begin{pmatrix} f(x, y) \\ g(x, y) \end{pmatrix}.$ Пусть $X_0 = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$ – начальное приближение к решению вашей системы, а $X_n = \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix}$ – последовательность векторов, которая получена по итерационной формуле Ньютона. В качестве критерия останова итерационного процесса следует использовать правило: $(\ F(x_n, y_n)\ _2 < \varepsilon) \&\& (\ X_n - X_{n-1}\ _2 < \varepsilon).$ а. Для разных значений параметров A, α, β найдите приближенное решение нелинейной системы: $\begin{cases} \operatorname{tg}(xy + A) = x^2 \\ \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} = 1 \end{cases}.$ Приведите расчеты для следующих значений параметров: $A = 0,2; \alpha^2 = \frac{1}{0,6}; \beta^2 = \frac{1}{2}$; $A = 0,4; \alpha^2 = \frac{1}{0,8}; \beta^2 = \frac{1}{2}$; $A = 0,3; \alpha^2 = \frac{1}{0,2}; \beta^2 = \frac{1}{3}$;

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
		iv. $A = 0; \alpha^2 = \frac{1}{0,6}; \beta^2 = \frac{1}{2}.$ b. Найдите приближенное решение системы: $\begin{cases} x_1^2 + x_2^2 - 2 = 0, \\ e^{x_1-1} + x_2^3 - 2 = 0. \end{cases}$ Самостоятельная проверочная работа №3. Методом Гаусса найдите решение СЛАУ: 1. $\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 = 4 \\ 4x_1 + 3x_2 - x_3 + 2x_4 = 6 \\ 8x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 12 \\ 3x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 2x_4 = 6 \end{cases}$ 2. $\begin{cases} x_1 + 7x_2 - 9x_3 - 8x_4 = -7 \\ -3x_1 - 18x_2 + 23x_3 + 28x_4 = 5 \\ -3x_2 + 6x_3 - x_4 = 8 \\ -x_1 - x_2 + x_3 + 18x_4 = -29 \end{cases}$ 3. $\begin{cases} 3x_1 - 3x_2 + 7x_3 - 4x_4 = 0 \\ -6x_1 + 9x_2 - 21x_3 + 9x_4 = 9 \\ 9x_1 - 12x_2 + 30x_3 - 22x_4 = -2 \\ 6x_1 + 6x_3 - 31x_4 = 37 \end{cases}$ 4. $\begin{cases} 9 \cdot x_1 - 5 \cdot x_2 - 6 \cdot x_3 + 3 \cdot x_4 = -8 \\ x_1 - 7 \cdot x_2 + x_3 = 38 \\ 3 \cdot x_1 - 4 \cdot x_2 + 9 \cdot x_3 = 47 \\ 6 \cdot x_1 - x_2 + 9 \cdot x_3 + 8 \cdot x_4 = -8 \end{cases}$ 5. $\begin{cases} -6 \cdot x_1 - 5 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 8 \cdot x_4 = 101 \\ 5 \cdot x_1 - x_2 - 5 \cdot x_3 - 4 \cdot x_4 = 51 \\ -6 \cdot x_1 + 5 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 = -53 \\ -7 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 + 8 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 = -63 \end{cases}$ I. Для заданных систем линейных алгебраических уравнений реализуйте метод поиска численного решения методами простой итерации и методом Зайделя. Разработайте приложение, которое для заданной точности ε_n найдет приближенное решение СЛАУ. Реализуйте метод расчета приближенного решения, который параметризуется точностью решения, методом вычисления и способом расчета нормы вектора. При демонстрации работы приложения для каждой системы выведите ее решение и число итераций для точности $\varepsilon_n = 10^{-n}$, где $n = 2, 3, 4, 5, 10, 12, 15$. Для вектора $X \in \mathbb{R}^n, n \in \mathbb{N}$ в качестве норм используйте следующие:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
		$\ X\ _{\infty} = \max_{i=1,\dots,n} x_i , \quad \ X\ _1 = \sum_{i=1}^n x_i , \quad \ X\ _{2l} = \left(\sum_{i=1}^n x_i^{2l} \right)^{\frac{1}{2l}}.$ 1. $\begin{cases} 12 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 - x_3 + 3 \cdot x_4 = -31 \\ 5 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 9 \cdot x_3 + x_4 = 90 \\ 6 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 - 21 \cdot x_3 - 7 \cdot x_4 = 119 \\ 8 \cdot x_1 - 7 \cdot x_2 + 3 \cdot x_3 - 27 \cdot x_4 = 71 \end{cases}$ 2. $\begin{cases} 28 \cdot x_1 + 9 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 7 \cdot x_4 = -159 \\ -5 \cdot x_1 + 21 \cdot x_2 - 5 \cdot x_3 - 3 \cdot x_4 = 63 \\ -8 \cdot x_1 + x_2 - 16 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 = -45 \\ -2 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + 8 \cdot x_4 = 24 \end{cases}$ 3. $\begin{cases} 21 \cdot x_1 + x_2 - 8 \cdot x_3 + 4 \cdot x_4 = -119 \\ -9 \cdot x_1 - 23 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3 + 4 \cdot x_4 = 79 \\ 7 \cdot x_1 - x_2 - 17 \cdot x_3 + 6 \cdot x_4 = -24 \\ 8 \cdot x_1 + 8 \cdot x_2 - 4 \cdot x_3 - 26 \cdot x_4 = -52 \end{cases}$ 4. $\begin{cases} 14 \cdot x_1 - 4 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3 + 3 \cdot x_4 = 38 \\ -3 \cdot x_1 + 23 \cdot x_2 - 6 \cdot x_3 - 9 \cdot x_4 = -195 \\ -7 \cdot x_1 - 8 \cdot x_2 + 21 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4 = -27 \\ -2 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 + 8 \cdot x_3 + 18 \cdot x_4 = 142 \end{cases}$

5.2. Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
Самостоятельные проверочные работы	Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование правильных методов решения при незначительных вычислительных погрешностях (арифметических ошибках);		5
	Продemonстрировано использование правильных методов при решении задач		4

Наименование оценочного средства (контрольно- оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
	при наличии существенных ошибок в 1-2 из них;		
	Обучающийся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют;		3
	Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы.		2

5.3. Промежуточная аттестация:

Форма промежуточной аттестации	Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации:												
Зачет с оценкой: в устной и письменной форме по билетам	Билет №1. 1. Методы решения алгебраических уравнений. Понятие точного и приближенного метода. Теорема Больцано-Коши (о промежуточном значении). Метод дихотомии. 2. Семейство схем Рунге-Кутты решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. 3. Для решения уравнения $x^3 - x = 0$ применяют метод Ньютона. При каком начальном приближении и к какому корню он сходится?												
	Билет №2. 1. Метод простой итерации. Теорема о сходимости метода простой итерации. Достаточное условие сходимости метода простой итерации. 2. Метод Эйлера решения задачи Коши. Понятие разностной схемы. Явная и неявная разностная схема. Понятие шаблона разностной схемы. 3. Постройте интерполяционный многочлен Лагранжа для функции, заданной таблично. <table><tr><td>i</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>x_i</td><td>-2</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>y_i</td><td>2</td><td>1</td><td>-1</td></tr></table>	i	0	1	2	x_i	-2	0	1	y_i	2	1	-1
	i	0	1	2									
x_i	-2	0	1										
y_i	2	1	-1										
Билет №3. 1. Метод Ньютона для нелинейных систем. Сходимость и скорость сходимости метода Ньютона. 2. Интерполяционный многочлен Лагранжа.													

3 Исследовать на сходимость итерационный процесс:

$$x_{n+1} = 1 + \frac{x_n}{4} + \frac{7}{3(x_n - 5)}$$

5.4. Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины/модуля:

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
Зачет с оценкой	Обучающийся: – демонстрирует знания, отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; – свободно владеет научными понятиями; – свободно выполняет практические задания повышенной сложности, предусмотренные программой, демонстрирует системную работу с основной и дополнительной литературой. Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики.		5
	Обучающийся: – показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; – недостаточно логично построено изложение вопроса; – успешно выполняет предусмотренные в программе практические задания средней сложности, активно работает с основной литературой, – демонстрирует, в целом, системный подход к решению практических задач, к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы.		4
	Обучающийся:		3

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
	– показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки; – справляется с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой, допускает погрешности и ошибки при теоретических ответах и в ходе практической работы. Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер. Неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно.		
	Обучающийся: – обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. – на большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.		2

5.5. Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Четвертый семестр		
Текущий контроль:		
Самостоятельные проверочные работы		2 – 5
Промежуточная аттестация (зачет)		отлично хорошо
Итого за семестр (дисциплину) Зачет с оценкой		удовлетворительно неудовлетворительно

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:

- поиск и обработка информации с использованием сети Интернет;
- дистанционные образовательные технологии в случае производственной необходимости;
- применение электронного обучения в случае производственной необходимости.

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении практических занятий.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.

Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов.

Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
119071, г. Москва, Малая Калужская улица, дом 1	
аудитории для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор; – проекционный экран.
аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор; – проекционный экран; – персональные компьютеры для обучающихся.
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся
читальный зал библиотеки	– компьютерная техника; подключение к сети Интернет.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, УП, МП и др.)	Издательство	Год издания	Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса	Количество экземпляров в библиотеке Университета
10.1 Основная литература, в том числе электронные издания							
1	Локтионов И. К., Мироненко Л. П., Турупалов В. В.	Численные методы	Учебник	М.: Инфра-Инженерия	2022	https://znanium.ru/catalog/document?id=417212#collection	—
2	Шевченко А. С.	Численные методы	Учебное пособие	М.: НИЦ ИНФРА-М	2022	https://znanium.ru/catalog/document?id=384029	—
3	Пантелеев А. В., Кудрявцева И. А.	Численные методы. Практикум	Учебное пособие	М.: НИЦ ИНФРА-М	2023	https://znanium.ru/catalog/document?id=427023	—
10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания							
1	Горбачев М. В., Макаров М. С.	Вычислительная математика: численные методы решения задач тепломассообмена	Учебно- методическая литература	Новосибирский государственный технический университет	2018	https://znanium.ru/catalog/document?id=397624	—
2	Пантина И. В., Синчуков А. В.	Вычислительная математика	Учебник	Синергия ПРЕСС	2012	https://znanium.ru/catalog/document?id=227728	—
3	Кремень Е. В., Кремень Ю. А., Расолько Г. А.	Численные методы : практикум в MathCad	Учебное пособие	Высшая школа	2019	https://znanium.ru/catalog/document?id=438895	—

11. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

11.1. Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

№ пп	Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы
1.	ЭБС «Лань» http://www.e.lanbook.com/
2.	«Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znanium.com/
3.	Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/
4.	Образовательная платформа «Юрайт» https://urait.ru/
5.	Электронные ресурсы «Polpred.com Обзор СМИ» https://www.polpred.com/
6.	Электронные ресурсы «Национальной электронной библиотеки» («НЭБ») https://rusneb.ru/
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы	
1.	Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX (включенная в научный информационный ресурс eLIBRARY.RU) https://www.elibrary.ru/
2.	База данных Springer eBooks Collections издательства Springer Nature. Платформа Springer Link: https://rd.springer.com/
3.	Электронный ресурс Freedom Collection издательства Elsevier https://sciencedirect.com/
4.	База данных научного цитирования Scopus издательства Elsevier https://www.scopus.com/
5.	База данных ORBIT IPBI (Platinum Edition) компании Questel SAS https://www.orbit.com/
6.	База данных Web of Science компании Clarivate Analytics https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search
7.	База данных CSD-Enterprise компании The Cambridge Crystallographic Data Center https://www.ccdc.cam.ac.uk/
8.	Научная электронная библиотека «elibrary.ru» https://www.elibrary.ru/
9.	База данных издательства SpringerNature https://link.springer.com/ https://www.springerprotocols.com/ https://materials.springer.com/ https://link.springer.com/search?facet-content-type=%ReferenceWork%22 http://zbmath.org/ http://npg.com/

11.2. Перечень программного обеспечения

№п/п	Программное обеспечение	Реквизиты подтверждающего документа/ Свободно распространяемое
1.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
2.	Microsoft Visual Studio	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
3.	Mathcad	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
4.	Matlab+Simulink	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019.

**ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ**

В рабочую программу учебной дисциплины внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

№ пп	год обновления РПД	характер изменений/обновлений с указанием раздела	номер протокола и дата заседания кафедры