

УОП 3+

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Handwritten signature and date 08/08/17

Н.В. Лобов

2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы в инженерных задачах»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей

Квалификация выпускника:

твердого топлива

Выпускающая кафедра:

инженер

Ракетно-космическая техника и

Форма обучения:

энергетические системы

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

5

Часов по рабочему учебному плану:

180

Виды контроля:

Экзамен: –

Дифф. зачет: 6


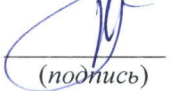
Курсовой проект: –

Курсовая работа: –

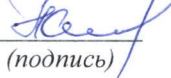
Учебно-методический комплекс дисциплины «Численные методы в инженерных задачах» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.


Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Термодинамика», «Уравнения математической физики», «Теплопередача», «Механика жидкости и газа», «Электротехника и электроника», «Автоматическое управление ракетными двигательными установками», «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях», «Научно-исследовательская работа студента» и программой учебной практики, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>В.В. Павлоградский</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Р.В. Бульбович</u> (инициалы, фамилия)

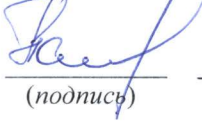

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «16» июня 2017 г., протокол № 19.

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «7» 07 2017 г., протокол № 10.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Н.Е. Чигодаев</u> (инициалы, фамилия)
-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
Начальник управления образовательных программ	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование теоретических знаний численных методов решения инженерных задач, приобретение умений и навыков реализации этих методов на одном из алгоритмических языков программирования и работы с интегрированными пакетами прикладных программ автоматизации инженерных расчетов, применяемых для решения технических задач.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает, расширяет и углубляет следующие профессиональные компетенции:

– способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1).

1.2 Задачи дисциплины:

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- **изучение** численных методов решения инженерных задач и вопросов устойчивости вычислительных алгоритмов;
- **формирование умения** самостоятельно реализовывать численные алгоритмы на одном из языков программирования для решения вычислительных задач;
- **формирование навыков** использования математических пакетов при проведении инженерных расчетов;
- **формирование навыков** применения различных численных методов при решении конкретных инженерных задач;

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- численные методы линейной алгебры;
- методы оптимизации;
- численные методы обработки экспериментальных данных;
- численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений;
- численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы в инженерных задачах» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

- роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;
- основные численные методы решения инженерных задач, используемых при разработке и проектировании объектов энергетического машиностроения;
- численные методы решения нелинейных уравнений;

- численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений;
- численные методы вычисления собственных значений и векторов;
- методы интерполирования;
- методы обработки экспериментальных данных;
- методы численного дифференцирования и интегрирования;
- методы оптимизации;
- численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных;
- условия устойчивости вычислительных алгоритмов;

• **уметь:**

- использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов профессиональной деятельности;
- корректно применять численные методы для решения математически формализованных задач на компьютерах;
- использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере;

• **владеть:**

- методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач;
- навыками выбора численных методов решения прикладных задач;
- навыками использования численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений;
- навыками решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений;
- навыками использования конечно-разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных;
- навыками решения практических задач анализа физических процессов.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности	Высшая математика, Физика, Теоретическая механика. Термодинамика, Уравнения математической физики, Теплопередача, Механика жидкости и газа, Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности).	Электротехника и электроника, Автоматическое управление ракетными двигателями установками, Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях, Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива, Научно-исследовательская работа студента.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.НИ-1.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-1

Код	Формулировка компетенции
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественно-научные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности.

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-1. Б1.В.02	Способность использовать методы математического моделирования и численные методы при решении инженерных задач.

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности; – основные численные методы решения инженерных задач, используемых при разработке и проектировании объектов энергетического машиностроения; – численные методы решения нелинейных уравнений; – численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений; – численные методы вычисления собственных значений и векторов; – методы интерполирования; – методы обработки экспериментальных данных; – методы численного дифференцирования и интегрирования; – методы оптимизации; – численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных; – условия устойчивости вычислительных алгоритмов. 	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий, Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Контрольные вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к дифф. зачету.</p>

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов профессиональной деятельности; – корректно применять численные методы для решения математически формализованных задач на компьютерах; – использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач расчётно-графических работ.</p>	<p>Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Расчётно-графические работы. Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к дифф. зачету.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач; – навыками выбора численных методов решения прикладных задач; – навыками использования численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений; – навыками решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений; – навыками использования конечно-разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных; – навыками решения практических задач анализа физических процессов. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач расчётно-графических работ.</p>	<p>Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Расчётно-графические работы. Отчеты по лабораторным работам. Практические задания к дифф. зачету.</p>

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	Аудиторная (контактная) работа	90
	– лекции (Л)	32
	– практические занятия (ПЗ)	18
	– лабораторные работы (ЛР)	36
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	90
	– изучение теоретического материала	26
	– подготовка к аудиторным занятиям	17
	– подготовка отчётов по лабораторным работам	17
	– выполнение расчетно-графических работ	30
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Дифф. зачет
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	180
	в зачётных единицах (ЗЕ)	5

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕТ	
			Аудиторная работа					Итого-вый контроль	Самостоя-тельная работа				Трудо-ёмкость, ч / ЗЕТ
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	1	Введение	1	1							1		
		1	6	2	2	2			6	12			
		2	10	4	2	4			12	22			
		3	6	2	2	2			6	12			
		4	6	2	2	2			6	12			
	Итого по модулю:		30	11	8	10	1		30	60/1,67			
2	2	5	4	2		2			4	8			
		6	6	2	2	2			6	12			
		7	3	1		2			4	7			
		8	6	2	2	2			6	12			
		9	12	4	2	6			12	24			
	Итого по модулю:		32	11	6	14	1		32	64/1,78			
3	3	10	9	3	2	4			10	19			
		11	7	3	2	2			8	15			
		12	10	4		6			10	20			
		Итого по модулю:		28	10	4	12	2		28	56/1,55		
Промежуточная аттестация								дифф. зачет		–			
Всего:			90	32	18	36	4		90	180/5			

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Численные методы алгебры

Раздел 1. Численные методы алгебры

Л – 11 ч; ПЗ – 8 ч; ЛР – 10 ч; СРС – 30 ч.; КСР – 1 ч.

Введение

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Основы математического моделирования. Основные понятия и определения математического моделирования. Классификация математических моделей. Этапы

построения математических моделей. Методы исследования математических моделей.

Роль и место численных методов в научных исследованиях и в сфере профессиональной деятельности по выбранной специальности. Классификация численных методов. Общая характеристика современных численных методов и САЕ-программ, построенных на их основе. Примеры инженерных задач, приводящих к применению численных методов.

Понятие и актуальность численных методов. Числа с плавающей точкой. Погрешности вычислений на современных компьютерах (исчезновение, переполнение, округление). Примеры некорректных округлений. Неустойчивость вычислительных алгоритмов. Примеры неустойчивых алгоритмов.

Тема 1. Решение нелинейных уравнений

Классификация нелинейных уравнений. Отделение корней. Методы половинного деления, хорд, простой итерации, Ньютона (метод касательных), метод секущих, метод Мюллера (метод парабол), метод Стеффенсена (основные соотношения, условия сходимости и геометрическая интерпретация методов).

Определение корней алгебраических уравнений. Свойства алгебраических уравнений. Метод Лина для комплексных корней. Определение корней полинома методом Бэрстоу.

Использование программы Mathcad для решения нелинейных уравнений.

Тема 2. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Классификация численных методов линейной алгебры.

Прямые методы решения системы линейных уравнений: метод Крамера, метод исключения Гаусса, метод исключения Гаусса с выбором главного элемента, метод исключения Гаусса-Жордана, метод квадратного корня, метод Холецкого. Решение системы линейных уравнений методом прогонки.

Итерационные методы решения систем линейных уравнений: метод простых итераций (метод Якоби), метод Гаусса-Зейделя. Метод последовательной верхней релаксации. Условия сходимости итерационных методов и оценка погрешностей. Приведение системы линейных уравнений к виду, удобному для итераций.

Вычисление определителя матрицы методом исключения Гаусса. Применение метода исключения Гаусса для вычисления обратной матрицы.

Хорошо и плохо обусловленные системы линейных алгебраических уравнений. Нормы векторов и матриц. Вычисление числа обусловленности системы линейных алгебраических уравнений.

Тема 3. Вычисление собственных значений и собственных векторов матрицы

Задачи на собственные значения.

Методы решения проблемы собственных значений и векторов. Полная проблема собственных значений.

Итерационные методы решения. Нахождение наибольшего собственного значения методом итераций. Нахождение наименьшего собственного значения методом итераций. Нахождение промежуточных собственных значений методом итераций.

Использование программы Mathcad для вычисления собственных значений и векторов.

Тема 4. Решение систем нелинейных уравнений

Методы решения систем нелинейных уравнений: метод простых итераций, метод Ньютона. Условия сходимости методов.

Использование программы Mathcad для решения систем нелинейных уравнений.

Модуль 2. Численное решение задач математического анализа

Раздел 2. Численное решение задач математического анализа

Л – 11 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 14 ч; СРС – 32 ч.; КСР – 1 ч.

Тема 5. Численное дифференцирование

Постановка задачи численного дифференцирования. Численное дифференцирование путем конечно разностной аппроксимации производной. Численное дифференцирование с использованием интерполяционного полинома Лагранжа. Численное дифференцирование с помощью сплайнов. Приближенное вычисление быстрого преобразования Фурье.

Тема 6. Численное интегрирование

Постановка задачи приближенного интегрирования. Виды погрешностей при вычислении интегралов. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула прямоугольников, вывод погрешности формулы прямоугольников. Интегрирование по методу трапеций. Интегрирование по методу Симпсона. Формулы интегрирования Ньютона-Котеса старших порядков. Интегрирование по методу Ромберга. Квадратурная формула Гаусса. Интегрирование с помощью степенных рядов. Правило Рунге оценки погрешности численного интегрирования. Вычисление интегралов с заданной точностью.

Интегралы от разрывных функций. Интегралы с бесконечными пределами. Вычисление несобственных интегралов.

Вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло. Вычисление кратных интегралов методом Монте-Карло.

Тема 7. Интерполирование

Постановка задачи интерполирования. Интерполирование для случая равноотстоящих узлов. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона. Интерполяционные формулы Гаусса, Стирлинга, Бесселя. Интерполяционная формула Лагранжа. Схема Эйткена. Интерполирование с помощью полиномов Чебышева. Обратное интерполирование. Нахождение корней уравнения методом обратного интерполирования. Экстраполяция.

Сглаживание кривых с помощью сплайнов. Другие задачи интерполирования (тригонометрическая интерполяция, дробно-линейная).

Функции двух переменных.

Тема 8. Статистическое моделирование и обработка экспериментальных данных

Случайные числа и их получение. Доверительный интервал. Моделирование нормальной случайной величины. Сравнение величин. Нахождение стохастической зависимости.

Метод наименьших квадратов на примере линейной функции и квадратного трехчлена. Подбор эмпирических формул. Ортогональные полиномы.

Тема 9. Методы оптимизации

Основы теории оптимизации. Проектные параметры. Целевая функция. Классификация задач оптимизации.

Одномерная оптимизация функций. Классификация методов одномерного поиска. Интервал неопределенности. Методы исключения интервалов: метод половинного деления, метод золотого сечения, метод Фибоначчи. Методы точечного оценивания. Методы с использованием производных. Сравнение методов одномерного поиска.

Многомерная минимизация функции. Стационарная точка. Матрица Гессе. Классификация методов многомерного поиска. Методы прямого поиска: метод покоординатного спуска, симплекс-метод, методы случайного поиска. Градиентные методы: метод градиентного спуска. Методы второго порядка. Рекомендации по выбору алгоритмов оптимизации функций многих переменных.

Методы условной оптимизации. Метод штрафных функций.

Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.

Модуль 3. Численное решение дифференциальных уравнений

Раздел 3. Численное решение дифференциальных уравнений

Л – 10 ч; ПЗ – 4 ч; ЛР – 12 ч; СРС – 28 ч.; КСР – 2 ч.

Тема 10. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задача Коши и краевая задача. Классификация методов решения задачи Коши. Погрешности методов.

Одношаговые методы: метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, метод Рунге-Кутты. Модификация Гилла для метода Рунге-Кутты. Автоматический выбор шага. Численное решение задачи Коши для систем дифференциальных уравнений. Общая характеристика одношаговых методов. Правило Рунге оценки погрешности в методах Рунге-Кутты. Численное решение ОДУ высших порядков.

Методы прогноза и коррекции (многошаговые методы). Краткая характеристика методов прогноза и коррекции. Метод Адамса. Метод Адамса-Башфорта. Метод Хэмминга.

«Жесткие» задачи. Численное решение «жестких» дифференциальных уравнений.

Тема 11. Решение краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений

Методы решения краевой задачи. Метод «стрельбы».

Конечно-разностные методы решения краевой задачи. Конечно-разностное представление производных. Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки.

Использование программы Mathcad для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Тема 12. Решение дифференциальных уравнений в частных производных

Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Задачи математической физики, приводящие к уравнениям в частных производных. Сетки, применяемые при представлении дифференциальных уравнений в частных производных в конечно-разностной форме. Представление частных производных в

конечно-разностном виде. Ошибка аппроксимации. Виды шаблонов. Сходимость и устойчивость разностных схем.

Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа. Решение смешанной задачи для уравнения гиперболического типа (волновое уравнения). Решение смешанной задачи для уравнения параболического типа (уравнения теплопроводности). Понятие устойчивости разностных методов. Явные и неявные схемы и их устойчивость.

Общие рекомендации по решению дифференциальных уравнений в частных производных. Сравнение характеристик методов конечных разностей и конечных элементов.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	1	Решение нелинейных уравнений с использованием методов половинного деления, хорд, простой итерации, Ньютона – 2 час.
2	2	Решение системы линейных уравнений методом исключения Гаусса с выбором главного элемента – 2 час.
3	3	Вычисление собственных значений и собственных векторов симметричной положительно определенной матрицы – 2 час.
4	4	Решение системы нелинейных уравнений методом простой итерации и методом Ньютона – 2 час.
5	6	Численное интегрирование с использованием метода Гаусса – 2 час.
6	8	Приближение экспериментальных кривых двухпараметрическими зависимостями с использованием метода наименьших квадратов – 2 час.
7	9	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом – 2 час.
8	10	Решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с использованием метода Эйлера – 2 час.
9	11	Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки – 2 час.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	1	Исследование численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений – 2 час.
2	2	Вычисление обратной матрицы – 2 час.
3	2	Решение системы линейных уравнений итерационным методом Гаусса-Зейделя – 2 час.
4	3	Решение собственной задачи – 2 час.
5	4	Исследование численных методов решения систем нелинейных уравнений – 2 час.
6	5	Численное дифференцирование – 2 час.
7	6	Исследование методов численного интегрирования – 2 час.
8	7	Методы интерполяции: линейная, Лагранжа и сплайн-интерполяция – 2 час.
9	8	Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов – 2 час.
10	9	Одномерные методы оптимизации: метод половинного деления и метод золотого сечения – 2 час.
11	9	Многомерные методы оптимизации: методы покоординатного и градиентного спуска – 2 час.
12	9	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом – 2 час.
13	10	Исследование численных методов решения задачи Коши – 2 час.
14	10	Исследование динамического поведения системы с одной степенью свободы – 2 час.
15	11	Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки – 2 час.
16	12	Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом сеток – 2 час.
17	12	Решение смешанной задачи для уравнения гиперболического типа методом сеток – 2 час.
18	12	Решение смешанной задачи для уравнения параболического типа методом сеток – 2 час.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.

2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.

3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	2
2	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
	Выполнение расчетно-графической работы	4
3	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	2
4	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	2
5	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	1
6	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	2
7	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	1

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
8	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	1
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	1
	Выполнение расчетно-графической работы	2
9	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
	Выполнение расчетно-графической работы	4
10	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
	Выполнение расчетно-графической работы	4
11	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
	Выполнение расчетно-графической работы	2
12	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к аудиторным занятиям	2
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
	Выполнение расчетно-графической работы	4
	Итого в ч./ в ЗЕ	90/2,5

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Определение корней алгебраических уравнений. Свойства алгебраических уравнений. Метод Лина для комплексных корней. Определение корней полинома методом Бэрстоу.

Тема 2. Решение систем линейных алгебраических уравнений с использованием методов квадратного корня и схемы Холецкого. Решение системы линейных уравнений методом прогонки.

Тема 6. Численное интегрирование. Вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло. Вычисление кратных интегралов методом Монте-Карло.

Тема 7. Интерполирование с помощью полиномов Чебышева. Обратное интерполирование. Нахождение корней уравнения методом обратного интерполирования. Другие задачи интерполирования (тригонометрическая интерполяция, дробно-линейная). Функции двух переменных.

Тема 10. Модификация Гилла для метода Рунге-Кутты. Методы прогноза и коррекции (метод Адамса-Башфорта, метод Хэмминга). «Жесткие» задачи. Численное решение «жестких» дифференциальных уравнений.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

1. Численное решение нелинейного уравнения.
2. Численное решение системы линейных алгебраических уравнений.
3. Вычисление собственных значений и собственных векторов матрицы.
4. Численное решение системы нелинейных уравнений.
5. Исследование методов интерполяции.
6. Приближение экспериментальных кривых двухпараметрическими зависимостями с использованием метода наименьших квадратов.
7. Численное дифференцирование.
8. Численное интегрирование.
9. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.
10. Численное решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения.
11. Исследование динамического поведения системы с одной степенью свободы.
12. Решение уравнения теплопроводности методом конечных разностей.

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

В процессе изучения дисциплины используются инновационные технологии для проведения лекционных занятий и лабораторных работ.

Лабораторные работы и практические занятия основываются на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Самостоятельная работа направлена на изучение студентами теоретического материала, подготовку к лабораторным работам, написание отчетов и др. для приобретения новых теоретических знаний и практических умений.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- контрольная работа и опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1,2,3);
- защита лабораторных работ (модуль 1,2,3);
- защита расчетно-графических работ (модуль 1,2,3).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Экзамен

Не предусмотрен.

2) Дифференцированный зачет

Условием допуска до зачета является выполнение и сдача всех планируемых лабораторных и расчетно-графических работ по решению задач. Дифференцированный зачет по дисциплине проводится в форме собеседования. Студент должен ответить на два теоретических вопроса и выполнить одно практическое задание. Оценка выставляется с учётом результатов промежуточной аттестации и сдачи лабораторных и расчетно-графических работ.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	ГР	ПЗ	ЛР	Дифф. зачет
Усвоенные знания						
Знает: – роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;	+	+				+
– основные численные методы решения инженерных задач, используемых при разработке и проектировании объектов энергетического машиностроения;	+	+				+

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	ГР	ПЗ	ЛР	Дифф. зачет
– численные методы решения нелинейных уравнений;	+	+				+
– численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений;	+	+				+
– численные методы вычисления собственных значений и векторов;	+	+				+
– методы интерполирования;	+	+				+
– методы обработки экспериментальных данных;	+	+				+
– методы численного дифференцирования и интегрирования;	+	+				+
– методы оптимизации;						
– численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных;	+	+				+
– условия устойчивости и корректности вычислительных алгоритмов.	+	+				+
Освоенные умения						
Умеет: – использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов профессиональной деятельности;					+	+
– корректно применять численные методы для решения математически формализованных задач на компьютерах;				+	+	+
– использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере.			+	+	+	+
Приобретенные владения						
Владеет: – методологией математического моделирования и вычислительной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач;				+	+	+
– навыками выбора численных методов решения прикладных задач;					+	+
– навыками использования численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений;			+	+	+	+

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	ГР	ПЗ	ЛР	Дифф. зачет
– навыками решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений;			+	+	+	+
– навыками использования конечно-разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных;			+	+	+	+
– навыками решения практических задач, описывающих физические процессы.					+	+

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольных работ (оценка знаний);

КР – промежуточный (рубежный) контроль по модулю в форме контрольных работ (оценка знаний);

ГР – расчетно-графическая работа (оценка умений и владений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой и защитой отчёта (оценка владения);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений).

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Раздел:	Р1						Р2						Р3						
Лекции	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	32
Практ. занятия		2		2		2		2		2		2		2		2		2	18
Лаборат. работы	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
КСР						1							1						4
Изучение теор. мат.	2		2	2	2		2	2	2		2	2	2		2		2	2	26
Подготовка к ауд. зан.	1	1	1	1	1	1	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1		17
Подг. отчётов по ЛР	1	1	1	1	1	1	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1		17
Расч.-графич. работы	2	2	2		2	2		2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	30
Модуль:	М1						М2						М3						
Контрольные работы																			+
Дисциплин. контроль																			Дифф. зачет

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.02
Численные методы в инженерных задачах

(индекс и полное название дисциплины)

Блок 1. Дисциплины (модули)

(блок дисциплины)

x

базовая часть блока

вариативная часть блока

x

обязательная

по выбору студента

24.05.02

*(код направления/
специальности)*

**«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»,
специализация «Проектирование ракетных
двигателей твердого топлива»**

(полное название направления подготовки / специальности)

АРД / РД

*(аббревиатура направления/
специальности)*

Уровень
подготовки

x

специалист

бакалавр

магистр

Форма
обучения

x

очная

заочная

очно-заочная

2017
*год утверждения
учебного плана ОПОП*

Семестр(ы)

6

Количество групп

1

Количество студентов

25

Павлоградский Виктор Васильевич

(фамилия, инициалы преподавателя)

доцент

(должность)

Аэрокосмический

(факультет)

РКТЭС

(кафедра)

2-39-12-33

(контактная информация)

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,
необходимой для освоения дисциплины**

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Копченова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2009. - 367 с.	24
2	Волков Е.А. Численные методы: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 248 с.	100
3	Бахвалов Н.С. Численные методы: учебное пособие, М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2001, 2002, 2003, 2007, 2008. – 636 с.	2001 – 51 2002 – 3 2003 – 20 2007 – 1 2008 – 1
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Амосов А.А. Вычислительные методы для инженеров, М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 595 с.	190
2	Калиткин Н.Н. Численные методы: учебное пособие для вузов, Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. – 586 с.	1
3	Киреев В.И. Численные методы в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2008. – 480 с.	22
2.2 Периодические издания		
	Не предусмотрены	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
2.4 Официальные издания		
	Не предусмотрены	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на

06.06.2017

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена
 дополнительная литература обеспечена не обеспечена
 Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена
 дополнительная литература обеспечена не обеспечена
 Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Лабораторные работы и практические занятия	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Проведение численных расчетов
2	Лабораторные работы	Microsoft Excel	42661567	Проведение численных расчетов
3	Лабораторные работы	C++Builder	PO-398ESD	Разработка программ

8.4 Аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		Электронные лекции-презентации по дисциплине «Численные методы в инженерных задачах»

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п/п	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Мультимедийная аудитория	РКТЭС	304 к.Д АКФ	72	42
2	Компьютерный класс	РКТЭС	314 к.Д АКФ	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
2	Компьютеры	12	Оперативное управление	314 к.Д АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		