

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Численные методы в инженерных задачах  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.03 Энергетическое машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование теоретических знаний о численных методах 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.

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.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- 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.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности; численные методы решения нелинейных уравнений, систем линейных и нелинейных уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных, методы вычисления собственных значений и векторов, условия устойчивости вычислительных алгоритмов	Знает основные методы поиска, хранения, обработки и анализа информации из профессиональной области с использованием различных источников; обладает знаниями представления профессиональной информации в требуемом формате, включая проведение расчетов и использование элементов моделирования.	Дифференцированный зачет
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет корректно применять численные методы для решения математически формализованных задач на компьютерах и проводить анализ результатов исследований	Умеет осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации, включая различные источники и базы данных; представлять профессиональную информацию в соответствующем формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.	Защита лабораторной работы
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет навыками использования численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений, систем обыкновенных дифференциальных уравнений, использования конечно-разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных	Владеет основными методами поиска, хранения, обработки и анализа профессиональной информации из различных источников; способностью представлять полученную информацию из профессиональной области с помощью компьютерных и сетевых технологий в соответствующем формате; способностью проведения расчетов,	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			составления схем (моделей) отдельных процессов.	
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает основные численные методы решения инженерных задач, используемых при разработке и проектировании объектов энергетического машиностроения, методы оптимизации и обработки экспериментальных данных	Знает основные схемы, состав оборудования, режим работы энергетических установок различного назначения	Дифференцированный зачет
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет использовать численные методы решения прикладных задач при математическом моделировании объектов профессиональной деятельности и стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на персональном компьютере	Умеет проектировать конструктивные схемы энергетических установок	Индивидуальное задание
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет навыками выбора численных методов для расчета конструктивных параметров и режимов работы энергетических установок	Владеет навыками расчета конструктивных параметров и режимов работы энергетических установок	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	102	54	48
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	30	18	12
- лабораторные работы (ЛР)	64	32	32
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	114	54	60
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Численные методы алгебры	12	16	0	30
<p>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.  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.</p> <p>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.</p> <p>Тема 2. Решение систем линейных алгебраических уравнений  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</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>матрицы. Хорошо и плохо обусловленные системы линейных алгебраических уравнений. Нормы векторов и матриц. Вычисление числа обусловленности системы линейных алгебраических уравнений.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>				
Численное решение задач математического анализа	6	16	0	24
<p>Тема 5. 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.</p> <p>Тема 6. Численное дифференцирование Постановка задачи численного</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>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.</p> <p>Тема 7. Интерполирование и метод наименьших квадратов 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. Метод наименьших квадратов на примере линейной функции и квадратного трехчлена. Подбор эмпирических формул. Ортогональные полиномы.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	18	32	0	54
<b>6-й семестр</b>				
Методы оптимизации	4	10	0	24
<p>Тема 8. 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</p>				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
спуска. Методы второго порядка. Рекомендации по выбору алгоритмов оптимизации функций многих переменных. Методы условной оптимизации. Метод штрафных функций. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.				
Численное решение дифференциальных уравнений	8	22	0	36
Тема 9. 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 10. 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 11. 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.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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.				
ИТОГО по 6-му семестру	12	32	0	60
ИТОГО по дисциплине	30	64	0	114

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Решение нелинейных уравнений с использованием методов половинного деления, хорд, простой итерации, Ньютона
2	Решение системы линейных уравнений
3	Вычисление обратной матрицы
4	Решение системы линейных уравнений итерационным методом Гаусса-Зейделя
5	Вычисление собственных значений и собственных векторов симметричной положительно определенной матрицы
6	Решение системы нелинейных уравнений с использованием метода простой итерации и метода Ньютона
7	Исследование методов численного интегрирования
8	Численное дифференцирование
9	Приближенное вычисление быстрого преобразования Фурье
10	Методы интерполяции: линейная, Лагранжа и сплайн-интерполяция
11	Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов
12	Приближение экспериментальных кривых двухпараметрическими зависимостями с использованием метода наименьших квадратов
13	Одномерные методы оптимизации: метод половинного деления и метод золотого сечения
14	Многомерные методы оптимизации: методы покоординатного и градиентного спуска, симплекс-метод
15	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
16	Исследование численных методов решения задачи Коши
17	Исследование динамического поведения системы с одной степенью свободы
18	Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки
19	Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом сеток
20	Решение смешанной задачи для уравнения гиперболического типа методом сеток
21	Решение смешанной задачи для уравнения гиперболического типа методом сеток

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. 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, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся 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 обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. 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 лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. 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.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	Бахвалов Н. С. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - М. СПб: Лаб. Базовых Знаний, Физматлит, Нев. Диалект, 2001.	47
2	Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - Москва: Высш. шк., 2000.	60
3	Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков. - Москва: Наука, 1987.	24
4	Копченова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / Н. В. Копченова, И. А. Марон. - Санкт-Петербург: Лань, 2009.	24
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Амосов А. А. Вычислительные методы для инженеров : учебное пособие для вузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. - Москва: Изд-во МЭИ, 2003.	166
2	Киреев В.И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. - М.: Высш. шк., 2008.	22
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие / М. Г. Бояршинов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Леготкина Т. С. Вычислительные методы : учебно-методическое пособие / Т.С.Леготкина,С.А.Данилова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2452">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2452</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	Microsoft Visual Studio (подп. Azure Dev Tools for Teaching )

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Численные методы в инженерных задачах»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

Направление подготовки	<u>13.03.03 Энергетическое машиностроение</u>
Направленность (профиль) образовательной программы:	<u>Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)</u>
Квалификация выпускника:	<u>бакалавр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Курс: <u>3</u>	Семестр(ы): <u>5,6</u>

**Трудоемкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>6</u>
Часов по рабочему учебному плану:	<u>216</u>

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 5/5      Дифф. зачет: 6/6

Пермь, 2022 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5-го и 6-го семестров учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные занятия и лабораторные работы, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		итоговый
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	дифф. зачет
<b>Усвоенные знания</b>					
3.1. Знает роль и место современных численных методов при решении инженерных задач в сфере профессиональной деятельности.		ТО1		КР1	ТВ
3.2. Знает численные методы решения нелинейных уравнений.		ТО1		КР1	ТВ
3.3. Знает численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений.		ТО1		КР1	ТВ
3.4. Знает численные методы вычисления собственных значений и векторов.		ТО1		КР1	ТВ
3.5. Знает методы интерполирования и обработки экспериментальных данных.		ТО2		КР2	ТВ
3.5. Знает методы численного дифференцирования и интегрирования.		ТО2		КР2	ТВ
3.6. Знает методы оптимизации.		ТО3		КР3	ТВ
3.7. Знает численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных.		ТО4		КР4	ТВ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		итоговый
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	дифф. зачет
3.8. Знает условия устойчивости вычислительных алгоритмов.	С3	ТО4		КР4	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
У.1 Умеет корректно применять численные методы для решения математически формализованных задач на компьютерах.			ОЛР1- ОЛР21		ПЗ
У.2 Умеет проводить анализ результатов исследований			ОЛР1- ОЛР21		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
В.1. Владеет навыками использования численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений.			ОЛР2- ОЛР6		КЗ
В.2. Владеет навыками решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.			ОЛР16, ОЛР17		КЗ
В.3. Владеет навыками использования конечно-разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных.			ОЛР19 ОЛР20 ОЛР21		КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ИЗ – индивидуальное задание; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); РР – расчётная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ



(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 21 лабораторная работа. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Численные методы алгебры», вторая КР – по модулю 2 «Численное решение задач математического анализа», третья КР – по модулю 3 «Методы оптимизации», четвертая КР – по модулю 4 «Численное решение дифференциальных уравнений».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Решить нелинейное уравнение с использованием одного из численных методов.

2. Оценить обусловленность системы линейных алгебраических уравнений.

3. Привести систему линейных алгебраических уравнений к виду, удобному для итераций.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Обработка экспериментальных данных с использованием метода наименьших квадратов.

2. Оценить погрешность вычисления интеграла с использованием метода Симпсона.

### **Типовые задания третьей КР:**

1. Найти оптимальное значение функции с использованием указанного метода.
2. Реализовать процедуру многомерного поиска точки оптимума заданной функции с использованием метода градиентного спуска.

### **Типовые задания четвертой КР:**

1. Решить краевую задачу для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом «стрельбы».
2. Исследовать сходимость и устойчивость решения дифференциального уравнения в частных производных методом конечных разностей.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.4. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Методы половинного деления, хорд, простой итерации, Ньютона (основные соотношения, условия сходимости и геометрическая интерпретация методов).
2. Решение системы линейных алгебраических уравнений методом исключения Гаусса с выбором главного элемента.
3. Вычисление числа обусловленности системы линейных алгебраических уравнений.
4. Вычисление собственных значений и собственных векторов матрицы.
5. Алгоритм метода простых итераций для решения системы нелинейных уравнений.
6. Алгоритм метода Ньютона для решения системы нелинейных уравнений.
7. Интерполяционная формула Лагранжа.
8. Линейная интерполяция.
9. Сплайн- интерполяция.
10. Метод наименьших квадратов.
11. Интегрирование по методу трапеций.
12. Интегрирование по методу Симпсона.
13. Решение обыкновенного дифференциального уравнения с использованием метода Эйлера.
14. Решение обыкновенного дифференциального уравнения с использованием модифицированного метода Эйлера.
15. Общая характеристика одношаговых методов для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
16. Численное решение задачи Коши для систем дифференциальных уравнений.
17. Конечно-разностные методы решения краевой задачи. Конечно-разностное представление производных.
18. Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки.
19. Задачи математической физики, приводящие к уравнениям в частных производных.
20. Представление частных производных в конечно-разностном виде. Ошибка аппроксимации. Виды шаблонов. Сходимость и устойчивость разностных схем.
21. Понятие устойчивости разностных методов для решения дифференциальных уравнений в частных производных. Явные и неявные схемы и их устойчивость.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Решить систему нелинейных уравнений с использованием метода простой итерации.
2. Вычислить значение интеграла с использованием метода Гаусса.
3. Решить задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера.

### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Разработать программу для решения системы нелинейных уравнений методом Ньютона.
2. Разработать программу решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты.
3. Разработать программу решения одномерного волнового уравнения для прямоугольной области методом сеток.

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.