

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

« 03 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

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

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

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива (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 и программы конечно-элементного анализа ANSYS 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;
- метод конечных элементов.

## 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
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	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 ракетных двигателей (численные методы вычисления собственных значений и векторов, методы интерполирования, методы обработки экспериментальных данных, методы оптимизации, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных)	Знает теоретические основы рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Дифференцированный зачет
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет использовать численные методы решения прикладных задач для моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива и их агрегатах и использовать современные вычислительные программы для решения практических задач на персональном компьютере	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива и их агрегатах.	Защита лабораторной работы
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет навыками использования численных методов, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			опытно-конструкторских работ при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 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	СРС
6-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
Численное решение задач математического анализа	18	20	0	60
<p>Тема 1. Основные сведения и численных методах 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 2. 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 3. 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</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>полиномы.</p> <p>Тема 4. 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.</p> <p>Тема 5. 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.</p> <p>Тема 6. Решение краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений</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>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.</p> <p>Использование программы Mathcad для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.</p>				
Основы метода конечных элементов	14	16	0	48
<p>Тема 7. Использование пакета конечно-элементного анализа ANSYS</p> <p>Назначение комплектация и основные возможности пакета. Основные этапы решения задачи в ANSYS. Место конечно-элементного анализа при проектировании. Построение геометрической и конечно-элементной моделей, задание граничных условий, решение задачи, анализ результатов. Стандартные форматы обмена графической информации между приложениями.</p> <p>Решение плоских задач (ПНС, ПДС, осесимметричная). Расчет стержней и балок. Расчет пластин и оболочек. Динамический анализ (гармонический анализ, модальный анализ, анализ переходных процессов). Температурный анализ. Проведение расчетов на устойчивость.</p> <p>Тема 8. Конечные элементы.</p> <p>Дискретизация области исследования (одномерные и двумерные элементы).</p> <p>Одномерный симплекс-элемент. Получение функций формы. Свойства функций формы. Естественные координаты. Вывод функций формы для линейного и квадратичного одномерного элементов.</p> <p>Треугольный конечный элемент. L-координаты треугольного элемента. Вывод функций формы для линейного и квадратичного треугольных элементов.</p> <p>Четырехугольные конечные элементы.</p> <p>Трехмерные конечные элементы.</p> <p>Тема 9. Математические модели решения задач теории упругости.</p> <p>Одномерная модель. Плоское напряженное состояние. Плоское деформированное состояние. Обобщенная плоская деформация. Осесимметричные модели. Трехмерное напряженно-деформированное состояние (НДС).</p> <p>Тема 10. Применение МКЭ для модели плоского</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>напряженного состояния.</p> <p>Запись основных соотношений теории упругости для конечного элемента в матричной форме. Вычисление производных функций формы. Матрица Якоби. Математическая постановка МКЭ. Основные этапы решения задачи МКЭ.</p> <p>Тема 11. Численная реализация МКЭ. Построение конечно-элементной модели конструкции. Формирование матрицы конечного элемента. Применение численного интегрирования при определении матрицы элементов. Формирование глобальной матрицы системы уравнений МКЭ. Организация хранения глобальной матрицы системы уравнений МКЭ. Учет граничных условий при решении систем уравнений МКЭ. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Вычисление деформаций и напряжений.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	32	36	0	108
ИТОГО по дисциплине	32	36	0	108

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Вычисление собственных значений и собственных векторов симметричной положительно определенной матрицы
2	Методы интерполяции: линейная, Лагранжа и сплайн-интерполяция
3	Приближение экспериментальных кривых двухпараметрическими зависимостями с использованием метода наименьших квадратов
4	Одномерные методы оптимизации: метод половинного деления и метод золотого сечения
5	Многомерные методы оптимизации: методы покоординатного и градиентного спуска
6	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом
7	Исследование численных методов решения задачи Коши
8	Исследование динамического поведения системы с одной степенью свободы
9	Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки
10	Определение НДС углового кронштейна в ANSYS
11	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при действии внутреннего давления в ANSYS (модель НДС)
12	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при действии внутреннего давления в ANSYS (осесимметричная модель)

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
13	Гармонический анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS
14	Модальный анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS
15	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при выходе двигателя на режим с использованием программы ANSYS

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>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.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
---

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>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.</li> </ol>
--

## 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>		
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	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	124
<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	Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: Едиториал УРСС, 2003.	17
3	Киреев В.И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. - М.: Высш. шк., 2008.	22
4	Чигарев А. В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	44
<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
Основная литература	Котов А.Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS, 2008. – 350 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2826">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2826</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	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)
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
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*

<b>Специальность:</b>	<u>24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей</u>
<b>Специализация программы специалитета</b>	<u>Проектирование ракетных двигателей твердого топлива</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>инженер</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная</u>

**Курс:** 3

**Семестр(ы):** 6

**Трудоемкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:

5

Часов по рабочему учебному плану:

180

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифф. зачет:      6 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Численные методы в инженерных задачах». 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 одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные занятия и лабораторные работы, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется 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 дифференцированного зачета. 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		промежуточный
	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.	<i>С1</i>	<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.2. Знает численные методы вычисления собственных значений и векторов матрицы.		<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.3. Знает методы интерполирования.		<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.4. Знает методы обработки экспериментальных данных.		<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.5. Знает методы оптимизации.		<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.6. Знает численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.		<i>ТО1</i>		<i>КР1</i>	<i>ТВ</i>
3.7. Знает основы метода конечных элементов.		<i>ТО2</i>		<i>КР2</i>	<i>ТВ</i>

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		промежуточный
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	дифф. зачет
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1.</b> Умеет использовать численные методы решения прикладных задач для моделирования рабочих процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива и их агрегатах и использовать современные вычислительные программы для решения практических задач на персональном компьютере.			<i>ЛР 1-16</i>		<i>ПЗ</i>
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1.</b> Владеет навыками использования численных методов, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования.			<i>ОЛР1-ОЛР16</i>		<i>ПЗ</i>

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ПЗ – задачи практических занятий; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); РР – расчётная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифф. зачета.*

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 16 лабораторных работ. 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 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Численное решение задач математического анализа», вторая КР – по модулю 2 «Основы метода конечных элементов».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Вычисление собственных значений и собственных векторов симметричной положительно определенной матрицы.
2. Обработка экспериментальных данных с использованием метода наименьших квадратов.
3. Написать программу определения максимального значения функции с использованием метода половинного деления.
4. Написать программу определения максимального значения функции с использованием метода градиентного спуска.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Определить НДС прочноскрепленного заряда щелевой формы с использованием программы ANSYS в плоской постановке.
2. Провести гармонический анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS в осесимметричной постановке.
3. Провести модальный анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS в осесимметричной постановке.

4. Исследовать напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при выходе двигателя на режим с использованием программы ANSYS.

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

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

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.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных 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. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине**

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

*а) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-1.5:*

1. Вычисление собственных значений и собственных векторов матрицы.
2. Интерполяционная формула Лагранжа.
3. Линейная интерполяция.
4. Сплайн-интерполяция.
5. Интерполирование с помощью полиномов Чебышева.
6. Метод наименьших квадратов.
7. Классификация методов одномерного поиска.
8. Алгоритм метода половинного деления определения оптимального значения функции.
9. Алгоритм метода золотого сечения определения оптимального значения функции.
10. Алгоритм метода Фибоначчи определения оптимального значения функции.
11. Классификация методов многомерного поиска.
12. Алгоритм метода покоординатного спуска.
13. Алгоритм методов случайного поиска.
14. Алгоритм симплекс-метода определения оптимального значения функции.
15. Алгоритм метода градиентного спуска.
16. Алгоритм симплекс-метода решения задачи линейного программирования.
17. Решение обыкновенного дифференциального уравнения с использованием метода Эйлера.
18. Решение обыкновенного дифференциального уравнения с использованием модифицированного метода Эйлера.
19. Решение обыкновенного дифференциального уравнения с использованием модифицированного метода Рунге-Кутты.
20. Модификация Гилла для метода Рунге-Кутты.

21. Общая характеристика одношаговых методов для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
22. Численное решение задачи Коши для систем дифференциальных уравнений.
23. Конечно-разностные методы решения краевой задачи. Конечно-разностное представление производных.
24. Решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка методом прогонки.
25. Основные этапы решения задачи в ANSYS.
26. Место конечно-элементного анализа при проектировании.
27. Одномерный симплекс-элемент. Получение функций формы. Свойства функций формы.
28. Естественные координаты. Вывод функций формы для квадратичного одномерного элемента.
29. Треугольный конечный элемент. L-координаты треугольного элемента.
30. Вывод функций формы для линейного треугольного элемента.
31. Вывод функций формы для квадратичного треугольного элемента.
32. Запись основных соотношений теории упругости для конечного элемента в матричной форме (модель ПНС).
33. Запись основных соотношений теории упругости для конечного элемента в матричной форме (модель ПДС).
34. Математическая постановка МКЭ.

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

*а) перечень заданий для оценивания компетенции ПК-1.5:*

1. Вычислить собственные значения и собственные векторы матрицы.
2. Найти значение функции, заданной таблично, с использованием линейной интерполяции.
3. Найти значение функции, заданной таблично, с использованием сплайн-интерполяции.
4. Найти значение функции, заданной таблично, с использованием интерполяционной формулы Лагранжа.
5. Используя метод наименьших квадратов, подобрать зависимость, которая бы наилучшим образом описывала экспериментальные данные.
6. Используя метод половинного деления найти минимальное значение функции.
7. Используя метод золотого сечения найти минимальное значение функции.
8. Используя метод покоординатного спуска найти минимальное значение функции.
9. Используя метод градиентного спуска найти минимальное значение функции.
10. Решить задачу линейного программирования симплекс-методом.
11. Решить задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Эйлера.
12. Решить задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с использованием модифицированного метода Эйлера.
13. Решить задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты.
14. Решить краевую задачу для линейного дифференциального уравнения второго порядка.

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

*а) перечень заданий для оценивания компетенции ПК-1.5:*

1. Разработать программу определения минимального значения функции с использованием метода половинного деления.
2. Разработать программу определения минимального значения функции с использованием метода золотого деления.
3. Разработать программу определения минимального значения функции с использованием метода покоординатного спуска.
4. Разработать программу определения минимального значения функции с использованием метода градиентного спуска.
5. Разработать программу решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с использованием метода Эйлера.
6. Разработать программу решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с использованием модифицированного метода Эйлера.
7. Разработать программу решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения с использованием метода Рунге-Кутты.
8. Разработать программу решения краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка.
9. Определить НДС прочноскрепленного заряда щелевой формы с использованием программы ANSYS в плоской постановке.
10. Провести гармонический анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS в осесимметричной постановке.
11. Провести модальный анализ прочноскрепленного заряда в ANSYS в осесимметричной постановке.
12. Исследовать напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при выходе двигателя на режим с использованием программы ANSYS.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по четырехбалльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче дифференцированного зачета 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 дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

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 четырехбалльной 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 дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.