

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

« 11 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Численные методы
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника
(код и наименование направления)

Направленность: Мехатроника и робототехника (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование знаний, умений и навыков решения и оценки точности сложных вычислительных задач, возникающих при проектировании и исследовании технических устройств и процессов, с использованием структурного и модульного программирования.

Задачи дисциплины:

- Изучение методов интерполирования, аппроксимации, приближенного интегрирования и решения дифференциальных уравнений. Оценка погрешности.
- Формирование умений по использованию приближенных методов интерполирования, приближенного интегрирования и решения дифференциальных уравнений.
- Овладение навыками практических расчетов в приближенных преобразованиях с целью обеспечения заданной точности.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Интерполяция;
Аппроксимация
Приближенное интегрирование;
Приближенное решение дифференциальных уравнений.

1.3. Входные требования

Математика, Информатика, Программирование и основы алгоритмизации

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
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Алгоритмы представления экспериментальных данных с использованием методов интегрирования и алгоритмы решения дифференциальных уравнений	Знает основные языки программирования и инструментарий создания программного обеспечения	Реферат

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	- Разрабатывать программы и методики испытаний, организовывать тестирование и отладку программных средств для решения задач интерполяции и оценки приближенных решений. - Разрабатывать программы для приближенного решения дифференциальных уравнений с заданной точностью.	Умеет использовать современные средства разработки программного обеспечения	Индивидуальное задание
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками разработки алгоритмов обработки экспериментальных данных с использованием интерполяционных полиномов.	Владеет навыками разработки математического, информационного, алгоритмического и программного обеспечения мехатронных и робототехнических систем	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	0	0	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	28	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	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	СРС
5-й семестр				
Интерполирование и аппроксимация функций	8	0	10	18
<p>Тема 1. Ведение. Приближенные числа. Относительные и абсолютные погрешности. Предельные погрешности. Источники погрешностей. Округление. Верные и значащие цифры. Связь относительной погрешности с числом верных знаков. Погрешность суммы. Погрешности разности. Погрешности произведения, частного и степени. Общая формула для погрешностей. Обратная задача теории погрешностей.</p> <p>Тема 2. Интерполирование функций. Конечные разности. Разделенные разности. Обобщенная степень. Постановка задачи интерполирования.</p> <p>Тема 3. Первая формула Ньютона. Вторая формула Ньютона. Формула Лагранжа.</p> <p>Тема 4. Погрешность интерполяционных формул Лагранжа, Ньютона. Тема 5. Формула Ньютона для неравноотстоящих узлов. Погрешность формулы. Формула Гаусса. Погрешность.</p> <p>Тема 6. Аппроксимация. Метод наименьших квадратов.</p>				
Приближенное интегрирование	8	0	10	18
<p>Тема 7. Приближенное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула трапеций. Формула Симпсона. Погрешности приближенных формул.</p> <p>Тема 8. Формулы Ньютона-Котеса высших порядков.</p> <p>Тема 9. Квадратурная формула Чебышева.</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
Приближенное решение дифференциальных уравнений	8	0	8	18
Тема 10. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Одношаговые методы. Разложение в ряд Тейлора. Методы Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Тема 11. Многошаговые методы. Экстраполяционный метод Адамса. Метод прогноза и коррекций метод Милна. Решение систем линейных дифференциальных уравнений . Тема 12. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Метод прогонки . Тема 15. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Типы уравнений. Метод сеток решения краевых задач уравнений эллиптического, параболического и гиперболического типов.				
ИТОГО по 5-му семестру	24	0	28	54
ИТОГО по дисциплине	24	0	28	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Приближенные числа. Относительные и абсолютные погрешности. Предельные погрешности. Источники погрешностей. Округление. Верные и значащие цифры. Связь относительной погрешности с числом верных знаков. Общая формула для погрешностей. Обратная задача теории погрешностей. Решение задач
2	Интерполирование функций. Конечные разности. Разделенные разности. Обобщенная степень. Решение задач
3	Первая формула Ньютона. Вторая формула Ньютона. Формула Лагранжа. Построение полиномов
4	Погрешность интерполяционных формул Лагранжа, Ньютона. Решение задач
5	Формула Ньютона для неравноотстоящих узлов. Погрешность формулы. Формула Гаусса. Погрешность. Построение полиномов. Обратное интерполирование.
6	Аппроксимация. Метод наименьших квадратов.
7	Приближенное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула трапеций. Формула Симпсона. Погрешности приближенных формул. Примеры
8	Формулы Ньютона-Котеса высших порядков
9	Квадратурная формула Чебышева. Примеры

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
10	Квадратурная формула Гаусса. Примеры
11	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Одношаговые методы. Разложение в ряд Тейлора. Методы Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Решение задач
12	Многошаговые методы. Экстраполяционный метод Адамса. Метод прогноза и коррекций метод Милна. Решение систем линейных дифференциальных уравнений
13	Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Метод прогонки
14	Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Типы уравнений. Метод сеток решения краевых задач уравнений эллиптического, параболического и гиперболического типов.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	.

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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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 практическим занятиям 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
1. Основная литература		
1	Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2009. 840 с. 51,94 усл. печ. л.	15
2	Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 248 с.	98
3	Леготкина Т. С., Данилова С. А. Вычислительные методы : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2005. 51 с.	81
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях: Учеб.пособие для вузов/Лапин А.В., Чижонков Е.В.-М.: Высш. шк.,2000.- 190 с.	191
2	Лапчик М.П. Элементы численных методов: учеб. пособие для среднего профессионального образования / М.П.Лапчик, М.И.Рагулина, Е.К. Хеннер : Под ред. М.П.Лапчика.- М.: Академия, 2007.- 223 с.	10
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Леготкина Т.С., Данилова С.А. Вычислительные методы: Учеб.-метод. пособие к лаборат. работам	http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3183	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Среды разработки, тестирования и отладки	PascalABC.NET, свободная лиц. GNU LGPL

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер	12
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	12

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»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, 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		Зачет
Усвоенные знания						
З.1 Знает методы интерполирования, приближенного интегрирования и решения дифференциальных уравнений		ТО1	ОЛР1 ОЛР2	КР		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет выбирать методы приближенного интегрирования и решения дифференциальных уравнений с целью обеспечения требуемой точности решения.			ОЛР3	КР		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеет оценкой погрешностей аналитического описания, приближенного интегрирования и приближенного решения дифференциальных уравнений.			ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6 ОЛР7	КР		

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде 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 бланчного 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

Всего запланировано 14 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки 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 практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений 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 зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Приближенные числа. Относительные и абсолютные погрешности. Предельные погрешности. Источники погрешностей. Округление.
2. Интерполирование функций. Конечные разности. Разделенные разности. Обобщенная степень. Постановка задачи интерполирования.
3. Первая формула Ньютона. Вторая формула Ньютона. Формула Лагранжа.
4. Погрешность интерполяционных формул Лагранжа, Ньютона.
5. Формула Ньютона для неравноотстоящих узлов. Погрешность формулы.
6. Аппроксимация. Метод наименьших квадратов.
7. Приближенное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула трапеций. Формула Симпсона. Погрешности приближенных формул.
8. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Одношаговые методы. Методы Рунге-Кутты.
9. Многошаговые методы. Экстраполяционный метод Адамса.
10. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Метод прогонки .
11. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Типы уравнений. Метод сеток решения краевых задач уравнений эллиптического, параболического и гиперболического типов.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Провести интерполирование функции по первой (второй) формуле Ньютона

2. Провести интерполирование функции по формуле Ньютона для неравноотстоящих узлов.
3. Провести аппроксимацию полиномиальной функции методом наименьших квадратов.
4. Провести интегрирование функции по формуле трапеций (Симпсона).
5. Решить дифференциальное уравнение методом Рунге-Кутты четвертого порядка.
6. Решить дифференциальное уравнение методом Адамса.
7. Решить краевую задачу для обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогонки.
8. Решить дифференциальное уравнение в частных производных методом сеток.

1.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

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 и 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.*

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 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.