

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

« 18 » июля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Вычислительная математика
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 09.03.02 Информационные системы и технологии
(код и наименование направления)

Направленность: Информационные системы и технологии (общий профиль,
СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области вычислительной математики.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Основные методы и алгоритмы вычислительной математики;
- некоторые способы формализации практических задач;
- методы аппроксимации в постановках задач и обработке результатов при проведении исследований.

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
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает основные вычислительные методы математики и компьютерные алгоритмы для решения практических задач в области информационных систем и технологий	Знает базовые определения и соотношения математики, физики и информатики; основы информационных технологий; методы математического анализа и моделирования процессов и систем	Экзамен
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет применять методы и алгоритмы вычислительной математики для решения задач в области профессиональной деятельности.	Умеет применять базовые естественнонаучные и общетехнические знания для решения задач в области профессиональной деятельности	Экзамен
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет основными принципами применения вычислительных методов для решения задач в области профессиональной деятельности.	Владеет навыками экспериментального исследования, математического моделирования, инженерного проектирования в области профессиональной деятельности	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	62	62	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)	44	44	
- 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)	82	82	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
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	
4-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
Уравнения и системы уравнений	5	16	0	30
<p>Тема 1. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений</p> <p>Метод исключения (метод Гаусса). Решение систем с симметричной матрицей коэффициентов методом квадратного корня.</p> <p>Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений</p> <p>Тема 2. Численное решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений</p> <p>Решение нелинейных уравнений с одной неизвестной. Исследование уравнения, локализация корней. Метод деления отрезка пополам (дихотомии). Метод простых итераций, условия сходимости. Метод Ньютона, сходимость и оценка погрешности; модификации метода Ньютона.</p> <p>Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Итерационные процедуры метода простых итераций, метода релаксации, Ньютона, Якоби и Зейделя.</p> <p>Тема 3. Интерполирование функций</p> <p>Интерполирование функций. Интерполяционные полиномы Ньютона и Лагранжа.</p> <p>Сплайн. Виды сплайнов. Кубический сплайн, построение кубического сплайна. Метод наименьших квадратов.</p>				
Дифференцирование и интегрирование	5	16	0	30
<p>Тема 4. Численное дифференцирование</p> <p>Аппроксимация производных конечными разностями; погрешность аппроксимации. Вычисление производных с помощью интерполяционных полиномов.</p> <p>Тема 5. Численное интегрирование</p> <p>Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона, оценка погрешности. Квадратурные формулы интерполяционного типа.</p> <p>Тема 6. Разыгрывание дискретных и непрерывных случайных величин</p> <p>Общее представление о методе Монте-Карло. Случайные величины. Преобразования случайных</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
величин. Разыгрывание дискретной случайной величины. Разыгрывание непрерывной случайной величин				
Вычислительные аспекты дискретной математики	4	12	0	22
Тема 7. Операции на графах и деревьях Определение графа. Рёбра, вершины. Степень вершины. Компонента связности. Двудольные графы. Лемма о рукопожатиях. Путь. Цикл. Полный граф. Связный граф. Эйлеров граф. Деревья. Висячая вершина. Связь между числом рёбер и вершин. Каркас графа. Деревья в задачах поиска информации. Тема 8. Сложность алгоритмов Сложность алгоритмов. Классы сложности алгоритмов (P, NP и т.д.) с примерами. Подходы к решения NP-сложных проблем				
ИТОГО по 4-му семестру	14	44	0	82
ИТОГО по дисциплине	14	44	0	82

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Решение систем линейных алгебраических уравнений прямыми методами: Гаусса, квадратного корня.
2	Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами: Якоби и Зейделя.
3	Решение нелинейных уравнений итерационными методами: деления отрезка пополам, методом простых итераций, методом Ньютона.
4	Интерполяция функций с помощью полиномов Ньютона и Лагранжа. Исследование сходимости интерполяционного процесса.
5	Интерполяция функций методом наименьших квадратов
6	Аппроксимация производных конечными разностями, исследование точности
7	Приближенное вычисление интеграла по квадратурным формулам: прямоугольников, трапеций, формуле Симпсона. Исследование погрешности.
8	Разыгрывание дискретных и непрерывных случайных величин
9	Сортировка и поиск.
10	Примеры алгоритмов различной сложности

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.

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, 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
1. Основная литература		
1	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 420 с.	64
2	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
3	Зенков А. В. Вычислительная математика для IT-специальностей : учебное пособие. Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 126 с.	1
4	Численные методы. Ч. 5. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2014. 204 с. 13,0 усл. печ. л.	99
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учебное пособие для вузов. 5-е изд., стер. Москва : КНОРУС, 2013. 480 с.	10
2	Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 248 с.	97
3	Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 400 с.	30
4	Федосеев А. М. Вычислительная математика (теория и практика) : учебно-методическое пособие. Пермь : ПНИПУ, 2021. 207 с. 13,0 усл. печ. л.	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	Бояршинов, М. Г. Вычислительные методы алгебры и анализа : учебное пособие. Вычислительные методы алгебры и анализа. Саратов : Вузовское образование, 2020. 225 с.	https://elibr.pstu.ru/Record/ipr93065	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Федосеев А. М. Вычислительная математика (теория и практика) : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2021.	https://elibr.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7995	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Бояршинов М. Г. Методы вычислительной математики : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008.	https://elibr.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817	сеть Интернет; авторизованный 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	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	Java (JDK + JRE) Sun License (GPL) свободное ПО
Среды разработки, тестирования и отладки	MS Visual studio 2019 community (Free)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	ПК	15
Лекция	Мультимедиа-проектор	1
Лекция	Ноутбук	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»**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(фонд оценочных средств)

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Вычислительная математика»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	09.03.02 Информационные системы и технологии
Направленность (профиль) образовательной программы:	Информационные системы и технологии (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	« Бакалавр »
Выпускающая кафедра:	Вычислительная математика, механика и биомеханика
Форма обучения:	Очная
Форма промежуточной аттестации:	Экзамен

Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливаются 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 (4-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные 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 и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ЗЛР	ТО	РК	Экзамен
Усвоенные знания				
З.1. Знает основные вычислительные методы математики и компьютерные алгоритмы для решения практических задач в области информационных систем и технологий		ТО	КР 1-2	ТВ
Освоенные умения				
У.1. Умеет применять методы и алгоритмы вычислительной математики для решения задач в области профессиональной деятельности	ЗЛР		КР 1-2	ПЗ
Приобретенные владения				
В.1. Владеет основными принципами применения вычислительных методов для решения задач в области профессиональной деятельности	ЗЛР		КР 1-2	ПЗ

С – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ЗЛР* – защита лабораторной работы; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КИЗ* – комплексное индивидуальное задание на самостоятельную работу; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине

является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и промежуточного и рубежного контроля.

1. 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 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Всего запланировано 10 лабораторных работ. Типовые шкала и критерии оценки результатов лабораторной работы приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

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

2.2. Промежуточный и рубежный контроль

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

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания первой КР:

1. Метод Гаусса.
2. Найти корень уравнения $x = \operatorname{tg} x$ на отрезке $[\pi/2, 3\pi/2]$ с помощью метода деления отрезка пополам.

Типовые задания второй КР:

1. Аппроксимация производных конечными разностями, погрешность, ее происхождение.

2. Вычислить $\int_{-\pi/4}^{\pi/4} \cos x dx$ с помощью метода средних прямоугольников.

Сравнить полученный результат с точным значением.

Типовые задания третьей КР:

1. Определение графа.
 2. Для заданного числового массива составить бинарное дерево поиска.
- 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, промежуточного и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего, промежуточного и рубежного контроля.

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

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Аппроксимация производных конечными разностями.
2. Методы решения нелинейных уравнений: метод простых итераций.
3. Численное интегрирование: формула Симпсона.
4. Полиномы Ньютона и Лагранжа.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Аппроксимировать функцию $y = \sin x$ на отрезке, равном одному периоду, с помощью полинома Лагранжа на пяти точках.
2. Вычислить один корень уравнения $e^{0,1x} \sin x = 1$ методом деления отрезка пополам.
3. Вычислить $\int_0^1 e^{-x^2} dx$ с помощью метода левых прямоугольников.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Выбрать метод и обосновать его применимость для решения уравнения $x \cos x = \sin x + 1$. Найти отрезок, на котором имеется хотя бы один корень. Вычислить этот корень.

2. Вычислить значение определенного интеграла $I = \int_0^{\pi/2} e^x \cos x dx$ при

помощи формулы первого порядка аппроксимации. Подтвердить порядок аппроксимации метода, оценив погрешность.

3. Сформировать несколько бинарных деревьев поиска для массива $\{100, 80, 10, 110, 0, 46, 65, 23, 78, 98, 23, 56, 67\}$. Сравнить полученные деревья.

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

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 5-ти 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 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, промежуточного и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 5-ти 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.