

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Арзамасский филиал

Факультет естественных и математических наук

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

наименование дисциплины)

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

09.03.03 Прикладная информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Системное и прикладное программирование

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная/очно-заочная/заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала подготовки 2021

Арзамас

2023 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.15 «Численные методы» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, направленность (профиль) Системное и прикладное программирование.

Дисциплина предназначена для освоения студентами очной/очно-заочной/заочной формы обучения в 2 семестре/2 семестре/3 семестре.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине (дескрипторы компетенции)	
ПК-9 Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	ПК-9.1. Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.	<i>Знать</i> приемы и методы вычислительных процедур, способы выбора оптимальных численных методов, необходимых для применения системного подхода в формализации решения прикладных задач <i>Уметь</i> использовать современные компьютерные технологии и пакеты прикладных программ для решения численных задач, лежащих в основе применения системного подхода в формализации решения прикладных задач. <i>Владеть</i> численными методами, методами интерполирования и сглаживания экспериментальных данных, опытом выбора оптимального численного метода, навыками использования <i>Internet</i> -ресурсов для изучения и реализации численных методов при решении прикладных задач с применением методов системного анализа и математического моделирования.	<i>Тест</i>
	ПК-9.2. Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.	<i>Знать</i> основы моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС <i>Уметь</i> применять навыки моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС <i>Владеть</i> навыками моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС	<i>Учебно-исследовательские реферативные работы</i>
	ПК-9.3. Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области.	<i>Знать</i> основы моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области <i>Уметь</i> применять основы моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области <i>Владеть</i> навыками планирования проведения экспериментов и обработки их результатов	<i>Контрольные задания по теоретическим основам дисциплины</i>

ПК-11 Способен осуществлять модульное и интеграционное тестирование ИС (ИИС), устранять (по мере возможности) обнаруженные несоответствия	ПК-11.1. Демонстрирует знание методологических основ модульного и интеграционного тестирования ИС (ИИС).	<i>Знать</i> математические характеристики точности исходной информации и метода оценки точности полученного численного решения, необходимые для использования математических методов в формализации решений прикладных задач. <i>Уметь</i> выбирать требуемый метод в соответствии с особенностями прикладных задач и имеющимися ограничениями на их реализацию <i>Владеть</i> численными методами решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений, методами приближенных вычислений интегралов и производных, необходимыми для реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп и обучению пользователей информационных систем	<i>Тест</i>
	ПК-11.2. Демонстрирует умение осуществлять модульное и интеграционное тестирование ИС (ИИС) и устранять (по мере возможности) обнаруженные несоответствия.	<i>Знать</i> основы модульного и интеграционного тестирования ИС (ИИС) <i>Уметь</i> применять методы вычислительной математики для реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп. <i>Владеть</i> навыками модульного и интеграционного тестирования ИС (ИИС).	<i>Учебно-исследовательские реферативные работы</i> <i>Контрольные задания по теоретическим основам дисциплины</i>
	ПК-11.3. Имеет практический опыт модульного и интеграционного тестирования конкретной ИС (ИИС).	<i>Знать</i> основы модульного и интеграционного тестирования ИС (ИИС) <i>Уметь</i> применять методы вычислительной математики для реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп. <i>Владеть</i> навыками модульного и интеграционного тестирования ИС (ИИС).	<i>Учебно-исследовательские реферативные работы</i> <i>Контрольные задания по теоретическим основам дисциплины</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Трудоемкость	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная фор- ма обучения
Общая трудоемкость	4 з.е.	4з.е.	4з.е.
часов по учебному плану, из них		144	
Контактная работа, в том числе: аудиторные занятия:			
– занятия лекционного типа	18	8	
– занятия семинарского типа	36	18	4
контроль самостоятельной работы	2	2	2
Промежуточная аттестация Экзамен	36	36	9
Самостоятельная работа	52	80	129

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов (Р) или тем (Т) дисциплины (модуля),	Всего (часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы, в период
--	--------------	---	---

Форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа (в т.ч. текущий контроль успеваемости)						Контроль самостоятельной работы			промежуточной аттестации (контроля)			теоретического обучения		
							семинары, практические занятия			лабораторные работы											
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Тема 1. Погрешность результата численного решения задачи	12	17	22	2	2					2	2								8	13	22
Тема 2. Численные методы решения нелинейных уравнений	20	17	22	3	2					8	2								9	13	22
Тема 3. Численные методы линейной алгебры	19	17	22	4	2					6	2	1							9	13	21
Тема 4. Интерполирование	18	19	22	3	2					6	4	1							9	13	21
Тема 5. Численное интегрирование	16	18	22	2						6	4	1							8	14	21
Тема 6. Численные методы решения дифференциальных уравнений	23	18	23	4						8	4	1							9	14	22
В том числе текущий контроль	2	2	2										2	2	2						
Экзамен	36	36	9													36	36	9			
ИТОГО	144	144	144	18	8					36	18	4	2	2	2	36	36	9	52	80	129

Тема 1. Погрешность результата численного решения задачи

Точные и приближенные значения величин, точные и приближенные числа. Источники классификаций погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Верные знаки, связь количества верных знаков и относительной погрешности. Правила округления и погрешность округления. Основные задачи теории погрешностей, способы их решения. Применение дифференциального исчисления при оценке погрешности. Обратная задача теории погрешностей. Оценка погрешностей вычислений, возникающих в ЭВМ.

Тема 2. Численные методы решения нелинейных уравнений

Отделение корней. Приближенное вычисление корня уравнения с заданной точностью методом половинного деления. Метод простой итерации численного решения уравнений. Условия сходимости итерационной последовательности. Практические схемы вычисления приближенного значения корня уравнения с заданной точностью методом простой итерации. Сходимость и устойчивость численного метода.

Тема 3. Численные методы линейной алгебры

Точные и приближенные методы решения систем линейных уравнений. Полные метрические пространства. Теорема о сжимающих отображениях в полном метрическом пространстве и ее следствия. Применение теоремы о сжимающих отображениях при решении системы линейных уравнений: простые итерации, метод Зейделя. Погрешности округления при практической реализации итерационного процесса. Число операций при решении системы линейных уравнений методом Гаусса. Оценка погрешности решения системы линейных алгебраических уравнений. Понятие об обусловленности. Достаточное условие сжатости отображения для системы нелинейных уравнений. Понятие о методе Ньютона решения такой системы. Практические схемы решения на ЭВМ.

Тема 4. Интерполирование

Задачи, приводящие к аппроксимации одной функции другой. Алгебраический интерполяционный многочлен: единственность, форма Лагранжа, оценка погрешности интерполирования. Схема Эйткена. Разделенные разности. Первый и второй многочлены Ньютона. Связь разделенной разности и производной. Практическая оценка погрешности интерполирования. Обратное интерполирование. Многочлены Чебышева, их применение для минимизации оценки погрешности интерполирования. Понятие о сходимости интерполяционного процесса. Обобщенная задача, интерполирования. Многочлены Эрмита. Понятия о сплайнах. Практические схемы интерполирования на ЭВМ. Теорема о существовании элемента наилучшего приближения в линейном нормированном пространстве. Необходимое и достаточное условие, которому удовлетворяет элемент наилучшего приближения в пространстве со скалярным произведением. Единственность этого элемента, его нахождение. Ортогонализация линейно независимой системы. Приближение по ортогональной системе. Неравенство Бесселя. Многочлены Лежандра, их свойства. Дискретный вариант среднеквадратичных приближений. Ортогональные на сетке многочлены. Переопределенная система линейных уравнений. Понятие об определении параметров функциональной зависимости.

Тема 5. Численное интегрирование

Постановка задачи приближенного вычисления определенного интеграла, формула прямоугольников. Формулы Ньютона-Котеса. Метод неопределенных коэффициентов. Формула трапеций. Практическая оценка погрешности квадратурных формул. Формула Симпсона. Квадратурная формула Гаусса, оценка порядка убывания погрешности. Вычислительная погрешность квадратурных формул. Метод Монте-Карло. Численное интегрирование на ЭВМ.

Тема 6. Численные методы решения дифференциальных уравнений

Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Многошаговые методы. Решение краевой задачи для линейного 2-ого порядка сведением к разностной краевой задаче. Метод прогонки. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на ЭВМ.

Решение дифференциальных уравнений в частных производных с помощью построения разностных схем. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Понятие о спектральном признаке устойчивости. Явные, неявные разностные схемы. Понятие о решении задачи Дирихле для уравнения Лапласа сведением к системе линейных уравнений с последующим ее решением методом Монте-Карло или итерационным методом. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных на ЭВМ

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является важнейшей составной частью учебного процесса и обязанностью каждого студента.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс Численные методы, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=7988>, созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Численные методы» осуществляется в следующих видах: работа с основной и дополнительной литературой, учебно-исследовательские реферативные работы, самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов), в соответствии со структурой дисциплины по учебной и специальной литературе, решение упражнений (стандартных задач) по образцу и инвариантных (нестандартных) упражнений (задач).

Рекомендации для работы с основной и дополнительной литературой

Работа с литературой должна сопровождаться записями в форме конспекта, плана, тезисов. При этом важно не только привлечь более широкий круг литературы, но и суметь на ее основе разобраться в степени изученности темы. Стоит выявить дискуссионные вопросы, нерешенные проблемы, попытаться выразить свое отношение к ним. Привести и аргументировать свою точку зрения или отметить, какой из имеющихся в литературе точек зрения по данной проблематике придерживаетесь и почему.

По завершении изучения рекомендуемой литературы полезно проверить уровень своих знаний с помощью контрольных вопросов для самопроверки. Необходимо вести систематическую работу над литературными источниками. Необходимо изучать не только литературу, рекомендуемую в данных учебно-методических материалах, но и новые, важные издания по курсу, вышедшие в свет после публикации. При этом следует выделять неясные, сложные для восприятия вопросы. В целях прояснения последних нужно обращаться к преподавателю.

Рекомендации для написания учебно-исследовательской реферативной работы

Учебно-исследовательская реферативная работа – изложение в письменном виде содержания научного труда (трудов), литературы по теме. Цель написания учебно-исследовательской реферативной работы – овладение навыками анализа и краткого изложения изученных материалов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к таким работам. Это самостоятельная работа студента, где раскрывается суть исследуемой проблемы, приводятся различные точки зрения, собственные взгляды на нее. Содержание работы должно быть логическим, изложение материала носит проблемно-тематический характер.

Примерный алгоритм действий при написании реферата:

1. Подберите и изучите основные источники по теме (как правило, при разработке реферата или доклада используется не менее 8-15 различных источников).
2. Составьте библиографию.
3. Разработайте план реферата или доклада исходя из имеющейся информации.
4. Обработайте и систематизируйте подобранную информацию по теме.
5. Отредактируйте текст реферата или доклад с использованием компьютерных технологий.
6. Подготовьте публичное выступление по материалам реферата или доклада, желательно подготовить презентацию, иллюстрирующую основные положения работы.

Критерии результатов работы для самопроверки:

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- правильность и полнота использования источников;
- соответствие оформления реферата или доклада предъявляемым требованиям.

Самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов) в соответствии со структурой дисциплины по учебной и специальной литературе

Активизация учебной деятельности и индивидуализация обучения предполагает вынесение для самостоятельного изучения отдельных тем или вопросов. Выбор тем (вопросов) для самостоятельного изучения – одна из ключевых проблем педагога в организации эффективной работы обучающихся по овладению учебным материалом.

Особую роль самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов) дисциплины играет для студентов заочной формы обучения.

При этом, как правило, основанием выбора является наилучшая обеспеченность литературой и учебно-методическими материалами по данной теме, ее обобщающий характер, сформированный на аудиторных занятиях алгоритм изучения. Обязательным условием результативности самостоятельного освоения темы (вопроса) является контроль выполнения задания.

Вопросы для самостоятельного изучения тем (вопросов) указаны в рабочей программе дисциплины (модуля)».

Результаты самостоятельного изучения вопросов, будут проверены преподавателем в форме: опросов, конспектов, рефератов, ответов на экзаменах.

Самостоятельное выполнение расчетных заданий

1. Внимательно прочитайте теоретический материал – конспект, составленный на лекционном занятии, материал учебника, пособия. Выпишите формулы из конспекта по изучаемой теме.

2. Обратите внимание, как использовались данные формулы при решении задач на занятии.

3. Решите предложенную задачу, используя выписанные формулы.

4. В случае необходимости воспользуйтесь справочными данными.

5. Проанализируйте полученный результат (проверьте размерности величин, правильность подстановки в формулы численных значений, правильность расчетов, правильность вывода неизвестной величины из формулы).

6. Решение задач должно сопровождаться необходимыми пояснениями. Расчётные формулы приводите на отдельной строке, выделяя из текста, с указанием размерности величин. Формулы записывайте сначала в общем виде (буквенное выражение), затем подставляйте числовые значения без указания размерностей, после чего приведите конечный результат расчётной величины.

Показатели результатов работы для самопроверки:

- грамотная запись условия задачи и ее решения;
- грамотное использование формул;
- грамотное использование справочной литературы;
- точность и правильность расчетов;
- обоснование решения задачи.

Подготовка к промежуточной аттестации: подготовка к экзамену

Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Экзамен проводится в традиционной форме (ответ на вопросы экзаменационного билета, контрольная работа, тестирование) и/или в иных формах (с учетом оценок за коллоквиум, кейс, деловая или ролевая игра, презентация проекта и др.)

Подготовка к зачету, экзамену начинается с первого занятия по дисциплине. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь требованиями, конспектировать важные для решения учебных задач источники, обращаться к преподавателю за консультацией по неусвоенным вопросам.

Для подготовки к сдаче зачета, экзамена необходимо первоначально прочитать лекционный материал, а также соответствующие разделы рекомендуемых изданий. Лучшим вариантом является тот, при котором при подготовке используется несколько источников информации. Это способствует разностороннему восприятию каждой конкретной темы дисциплины.

В обобщённом варианте подготовка к сдаче зачета, экзамена включает в себя:

- просмотр программы учебной дисциплины, перечня вопросов к зачету, экзамену;
- подбор рекомендованных преподавателем источников (учебников, нормативных правовых актов, дополнительной литературы и т.д.);
- использование конспектов лекций, материалов занятий и их изучение;

- консультирование у преподавателя.

**Учебно-методические документы, регламентирующие самостоятельную работу
адреса доступа к документам**

<https://arz.unn.ru/sveden/document/>

https://arz.unn.ru/pdf/Metod_all_all.pdf

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

В ходе промежуточной аттестации по дисциплине осуществляется оценка сформированности компонентов компетенций (полнота знаний/ наличие умений/ навыков), т.е. результатов обучения, указанных в таблице п.2 настоящей рабочей программы, на основе оценки усвоения содержания дисциплины.

Обобщенная оценка сформированности компонентного состава компетенции в ходе промежуточной аттестации по дисциплине проводится на основе учета текущей успеваемости в ходе освоения дисциплины и учета результата сдачи промежуточной аттестации.

Выявленные признаки несформированности компонентов (индикаторов) хотя бы одной компетенции не позволяют выставить интегрированную положительную оценку сформированности компетенций и освоения дисциплины на данном этапе обучения.

Обобщенная оценка сформированности компонентного состава компетенций на промежуточной аттестации, которая вносится в зачетно-экзаменационную ведомость по дисциплине и зачетную книжку студента, осуществляется по следующей оценочной шкале.

Шкала оценки сформированности компонентного состава компетенций на промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Отлично	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, студент готов самостоятельно решать стандартные и нестандартные профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
	Хорошо	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, но студент готов самостоятельно решать только различные стандартные профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
	Удовлетворительно	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций соответствует в целом требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, но студент способен решать лишь минимум стандартных профессиональных задач в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы
Не зачтено	Неудовлетворительно	сформированность компонентного состава (индикаторов) компетенций не соответствует требованиям компетентностной модели будущего выпускника на данном этапе обучения, основанным на требованиях ОС ННГУ по направлению подготовки, студент не готов решать профессиональные задачи в предметной области дисциплины в соответствии с типами задач профессиональной деятельности осваиваемой образовательной программы

Шкала оценивания сформированности компетенции

Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
<u>Знания</u>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем требованиям программы подготовки, без ошибок.
<u>Умения</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
<u>Навыки</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

5.2 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Критерии оценки устного опроса

Оценка «отлично» - Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный.

Оценка «хорошо» - Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» - Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ.

Оценка «неудовлетворительно» - Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

Критерии оценивания письменных контрольных работ

оценка «отлично» выставляется студенту, если представленная контрольная работа выполнена полностью без ошибок и недочетов;

оценка «хорошо» выставляется студенту, если представленная контрольная работа выполнена полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если представленная им контрольная работа выполнена правильно не менее чем на 2/3 всей работы или в работе допущены не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

Критерии оценки тестирования

Оценка "отлично" - 85-100% правильных ответов;

Оценка "хорошо" 66-84 % правильных ответов;

Оценка "удовлетворительно" – 50-65 % правильных ответов;

Оценка "неудовлетворительно" - меньше 50 %.

Критерии оценки письменной учебно-исследовательской реферативной работы

Оценка "отлично" - Реферативная работа полностью раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию из первоисточников и изданий периодической печати, приводит практические примеры, отвечает на дополнительные вопросы преподавателя и студентов (в процессе выступления с докладом).

Оценка "хорошо" - Реферативная работа частично раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию из первоисточников, отвечает на дополнительные вопросы преподавателя и студентов (в процессе выступления с докладом), но при этом дает не четкие ответы, без достаточно их аргументации.

Оценка "удовлетворительно" - Реферативная работа в общих чертах раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию только из учебников. При ответах на дополнительные вопросы (в процессе выступления с докладом) путается в ответах, не может дать понятный и аргументированный ответ.

Оценка «неудовлетворительно» ставится за рефераты, в которых нет информации о проблематике работы и ее месте в контексте других работ по исследуемой теме.

Критерии оценки выполнения контрольных заданий по теоретическим основам дисциплины

Оценка «отлично» - Ответ полный и правильный на основании изученной теории; материал изложен в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный.

Оценка «хорошо» - Ответ полный и правильный на основании изученной теории; материал изложен в необходимой логической последовательности при этом допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» - Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ.

Оценка «неудовлетворительно» - Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

Критерии оценки выполнения практических контрольных заданий

Оценка «зачтено» - Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Оценка «не зачтено» - Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

Критерии устного ответа студента при опросе на экзамене

Оценка «отлично» выставляется, когда студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с ситуационными заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при анализе информации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, при котором студент освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении анализа информации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, в ответе которого обнаружались существенные пробелы в знании основного содержания учебной программы дисциплины и / или неумение использовать полученные знания.

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения и для контроля формирования компетенций

Примерные контрольные задания по теоретическим основам дисциплины для оценки сформированности компетенций ПК 9

1. Основные источники и классификация погрешностей численного решения задач.
 2. Вычислительная погрешность
 3. Неустраняемая погрешность
 4. Погрешности арифметических операций над приближенными числами.
 5. Сложение и вычитание приближенных чисел. Оценка погрешности результата.
 6. Умножение и деление приближенных чисел. Оценка погрешности вычислений.
 7. Оценка погрешности функции на погрешность аргумента.
 8. Обратная задача для оценки погрешности функции на погрешности аргументов. Допустимые погрешности аргументов.
 9. Вычислительная погрешность метода Гаусса. Выбор ведущего элемента исключения.
 10. Метод Гаусса для решения СЛАУ с выбором главного элемента по столбцу.
 11. Метод Гаусса для решения СЛАУ с выбором главного элемента по всей матрице.
 12. Вычисление определителя методом Гаусса.
 13. Вычисление элементов обратной матрицы методом Гаусса.
 14. Решение СЛАУ методом простой итерации. (первый способ).
 15. Решение СЛАУ методом простой итерации. (второй способ).
 16. Применение метода простой итерации для уточнения элементов обратной матрицы
 17. Постановка задачи интерполирования. Интерполирование для случая равноотстоящих узлов. Первая интерполяционная формула Ньютона.
 18. Постановка задачи интерполирования. Интерполирование для случая равноотстоящих узлов. Вторая интерполяционная формула Ньютона.
 19. Интерполяционная формула Лагранжа.
 20. Интерполяционная схема Эйткена.
 21. Обратное интерполирование. Нахождение корней уравнения методом обратного интерполирования.
 22. Выбор шага интегрирования. Принцип Рунге для оценки погрешностей.
 23. Приближенное вычисление интегралов. Формулы Ньютона – Котеса.
- для оценки сформированности компетенций ПК 11**
24. Приближенное вычисление интегралов. Квадратурные формулы Гаусса.

25. Интегрирование с помощью степенных рядов. Оценка погрешности результата.
 26. Кратные интегралы. Метод повторного применения квадратурных формул.
 27. Интегралы с бесконечными пределами. Метод усечения.
 28. Интегралы от разрывных функций. Аддитивный способ выделения особенностей.
 29. Интегралы от разрывных функций. Мультипликативный способ выделения особенностей.
 30. Метод Люстерника – Диткина для вычисления двойного интеграла.
 31. Простейшие формулы численного дифференцирования.
 32. Вычисление второй производной по формулам численного дифференцирования.
 33. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Теоремы о разрешимости задачи Коши
34. Метод Эйлера для решения задачи Коши
 35. Метод Рунге – Кутты для решения задачи Коши
 36. Постановка краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка
 37. Метод конечных разностей для линейных дифференциальных уравнений второго порядка
 38. Метод конечных разностей для нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка
 39. Метод Галеркина.
 40. Численное решение уравнений с частными производными методом сеток.
 41. Метод сеток для задачи Дирихле.
 42. Итерационный метод решения системы конечно – разностных уравнений.
 43. Решение краевых задач для криволинейных областей.
 44. Метод сеток для уравнений параболического типа.
 45. Метод сеток для уравнений гиперболического типа.

Примерные практические контрольные задания для оценки сформированности компетенций ПК 9

Тема 1. Численное интегрирование функций.

Задание 1. Численное интегрирование функции методами прямоугольников в среднем, трапеций и методом Симпсона.

Вычислить интеграл методами прямоугольников в среднем, методом трапеций и методом Симпсона с шагом $h=0.01$. Подготовить отчет с результатами. Сравнить результаты.

Сделать блок-схемы по всем трем методам.

Вариант 1. Вычислить интеграл:

$$\int_0^{2.0} \frac{1}{\sqrt{9+x^2}} dx.$$

Вариант 2. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} \frac{\sqrt{x^2+0.16}}{x^2} dx.$$

Вариант 3. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} \frac{x^3}{3.0+x} dx.$$

Вариант 4. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} x \frac{e^x - e^{-x}}{2} dx.$$

Вариант 5. Вычислить интеграл:

$$\int_0^{1.0} 2^{3x} dx.$$

Вариант 6. Вычислить интеграл:

$$\int_{2.0}^{3.0} (x \ln(x))^2 dx.$$

Вариант 7. Вычислить интеграл:

$$\int_{0.0}^{\pi} e^x \sin(x) \cos(x) dx.$$

Вариант 8. Вычислить интеграл:

$$\int_{2.0}^{3.0} \frac{\ln^2(x)}{x} dx.$$

Вариант 9. Вычислить интеграл:

$$\int_{2.0}^{3.0} \frac{1}{x \lg(x)} dx.$$

Вариант 10. Вычислить интеграл:

$$\int_0^{2.0} \frac{1}{\sqrt{1+3x+2x^2}} dx.$$

Тема 2. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задание 2. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений методами Эйлера, Рунге-Кутты 2 (улучшенным методом Эйлера) и методом Рунге-Кутты 4

Решить задачу Коши методами Эйлера, улучшенным методом Эйлера (метод Рунге-Кутты 2) и методом Рунге-Кутты 4. Заполнить таблицу вычисленных значений параметров от начального значения, равного 0, до max значения, равного 0,1, с шагом 0,01.

Сделать блок-схемы по всем трем методам.

Вариант 1.

$$\frac{dx}{dt} = x(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) - y, \quad x^0 = 1, 0;$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) + x, \quad y^0 = 1, 0;$$

Вариант 2.

$$y_1' = 2(y_1 - y_1 \cdot y_2), \quad y_1^0 = 1, 0;$$

$$y_2' = -(y_2 - y_1 \cdot y_2), \quad y_2^0 = 3, 0;$$

Вариант 3.

$$y_1' = -y_2 + \frac{y_1 \cdot y_3}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, \quad y_1^0 = 3, 0;$$

$$y_2' = y_1 - \frac{y_2 \cdot y_3}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, \quad y_2^0 = 0, 0;$$

$$y_3' = \frac{y_1}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, \quad y_3^0 = 0, 0;$$

Вариант 4.

$$y_1' = y_2 y_3, \quad y_1^0 = 0, 0;$$

$$y_2' = -y_1 y_3, \quad y_2^0 = 1, 0;$$

$$y_3' = -0,51 y_1 y_2, \quad y_3^0 = 1, 0;$$

Вариант 5.

$$y_1' = y_2, \quad y_1^0 = 2, 0;$$

$$y_2' = (1 - y_1^2) y_2 - y_1, \quad y_2^0 = 0, 0;$$

Вариант 6.

$$\frac{dy_1}{dx} = \sin(x + y_1 y_2), \quad y_1^0 = 2, 0;$$

$$\frac{dy_2}{dx} = \cos(x^2 - y_1 + y_2), \quad y_2^0 = 1, 0;$$

Вариант 7.

$$\frac{dx_1}{dt} = 3x_1 - 2x_2 + x_3, \quad x_1^0 = 1, 0;$$

$$\frac{dx_2}{dt} = x_1^2 - x_3^2, \quad x_2^0 = 2, 0;$$

$$\frac{dx_3}{dt} = x_1 x_2 - x_3^2, \quad x_3^0 = 4, 0;$$

Вариант 8.

$$y_1' = y_2, \quad y_1^0 = 0, 0$$

$$y_2' = -0,07xy_2 - x^2y_1, \quad y_2^0 = 0,125;$$

Вариант 9.

$$y_1' = -(55 + y_3) y_1 + 65 y_2, \quad y_1^0 = 1, 0;$$

$$\frac{dx}{dt} = (-2 + y) x + 0,1x^2, \quad y_1^0 = 1, 0;$$

$$y_3' = 0,1y_1, \quad y_3^0 = 0, 0$$

Вариант 10.

$$\frac{dx}{dt} = (-2 + y) x + 0,1x^2, \quad x^0 = 1, 0;$$

$$\frac{dy}{dt} = (4 - 2,5x) y - 0,1y^2, \quad y^0 = 3, 0;$$

Тема 3. Решение уравнения теплопроводности

Уравнение теплопроводности. Явная и неявная разностные схемы. Расчетные формулы.

Задание 3. Решение уравнения теплопроводности, одномерный случай, явная разностная схема.

Решить уравнение теплопроводности с помощью явной разностной схемы. Задание выполнить при $h=0.1$ для $0.0 \leq t \leq 100.0$,

$0.0 \leq x \leq 300.0$. Сделать блок-схему программы и записать первые десять вычисленных значения температур.

Вариант № 1. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений

$$g_0(x) = 2x(x+0.2)+0.4;$$

$$f_0(t) = 2t+0.4;$$

$$f_1(t) = 1.36.$$

Вариант № 2. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = \sin(x+0.45);$$

$$f_0(t) = 0.435-2t;$$

$$f_1(t) = 0.8674.$$

Вариант № 3. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = 0.9+2x(1-x);$$

$$f_0(t) = 3(0.3-2t);$$

$$f_1(t) = 1.38.$$

Вариант № 4. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = (x-0.2)(x+1)+0.2;$$

$$f_0(t) = 6t;$$

$$f_1(t) = 0.84.$$

Вариант № 5. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений

$$g_0(x) = \sin(x+0.48);$$

$$f_0(t) = 0.4618;$$

$$f_1(t) = 3t+0.882.$$

Вариант № 6 Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений

$$g_0(x) = \lg(2.63+x);$$

$$f_0(t) = 3(0.14-t);$$

$$f_1(t) = 0.3075.$$

Вариант № 7. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = \cos(x+0.845);$$

$$f_0(t) = 6(t+0.11);$$

$$f_1(t) = 0.1205.$$

Вариант №8. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = \lg(2.42+x);$$

$$f_0(t) = 0.3838;$$

$$f_1(t) = 6(0.08-t).$$

Вариант № 9. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = 0.6+x(0.8-x);$$

$$f_0(t) = 0.6;$$

$$f_1(t) = 3(0.24+t).$$

Вариант № 10. Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$$

для значений $0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L$.

$$g_0(x) = \lg(1.43+2x);$$

$$f_0(t) = 0.1553;$$

$$f_1(t) = 3(t+0.14).$$

для оценки сформированности компетенций ПК 11

Тема 4. Решение стационарного уравнения

Задание 4. Решение стационарного уравнения Лапласа методом Либмана.

Используя метод сеток, составить приближенное решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в квадрате ABCD с вершинами A(0,0), B(0,1), C(1,1), D(1,0); шаг $h=0.2$. При решении задачи использовать формулы Либмана. Вычисления закончить, выполнив 200 итераций.

Сделать блок-схему программы записать вычисленные значения искомой функции во всех узлах сетки.

Варианты указывают формулы, задающие искомую функцию на сторонах квадрата ABCD.

Варианты.

№ варианта	$U /_{AB}$	$U /_{BC}$	$U /_{CD}$	$U /_{AD}$
1	$30y$	$30(1-x^2)$	0	0
2	$20y$	$30\cos(\frac{\pi x}{2})$	$30\cos(\frac{\pi y}{2})$	$20.0 x^2$
3	$50y(1-y^2)$	0	0	$50\sin(\pi x)$
4	$20y$	20	$20y^2$	$50x(1-x)$

5	0	$50x(1-x)$	$50y(1-y^2)$	$50x(1-x)$
6	$30\sin(\pi y)$	$20x$	$20y$	$30x(1-x)$
7	$30(1-y)$	$20\sqrt{x}$	$20y$	$30x(1-x)$
8	$50\sin(\pi y)$	$30\sqrt{x}$	$30y^2$	$50\sin(\pi x)$
9	$40y^2$	40	40	$40\sin(\frac{\pi x}{2})$
10	$50y^2$	$50(1-x)$	0	$60x(1-x^2)$

Тема 5. Численные методы линейной алгебры

Задание 5. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса.

Решить систему линейных уравнений методом Гаусса.

Сделать блок-схему программы.

1.

$$5,5x - 123,1y + 37z = 438,73$$

$$24,1x + 7,2y - 11,9z = -3,17$$

$$101,5x + 54,8y - 213,7z = -208,63$$

2.

$$5,5x + 3,1y + 27z = 6,42$$

$$40,1x + 17,2y - 21,9z = 119,02$$

$$115x + 581,5y + 123z = 1535,74$$

3.

$$29,2x + 113,4y + 37,1z = -7,05$$

$$41,3x + 113,7y + 37,8z = -30,99$$

$$241,3x + 133,7y + 57,8z = 680,99$$

4.

$$10,5x + 11,1y + 27z = 6,42$$

$$40,1x + 17,3y - 21,9z = 119,02$$

$$115x + 581,5y - 123z = 1535,74$$

5.

$$15,5x - 13,1y + 37z = 16,79$$

$$40,1x + 7,2y - 11,9z = -53,23$$

$$11,5x + 54,8y + 23,7z = 141,57$$

6.

$$11,5x + 54,8y + 23,7z = 141,57$$

$$15,5x - 13,1y + 47z = 33,79$$

$$40,1x + 7,2y - 11,9z = -53,23$$

7.

$$20,5x - 13,1y + 37z = -60,92$$

$$40,1x + 17,2y - 11,9z = 106,02$$

$$11,5x + 54,8y + 23,7z = 129,01$$

8.

$$2,9x + 23,4y - 17,4z = -324,43$$

$$12,9x + 3,6y + 0,7z = 5,45$$

$$221,9x + 32,4y - 37,4z = -320,33$$

9.

$$2,9x + 23,4y - 17,4z = -38,27$$

$$12,9x + 3,6y + 0,7z = 27,66$$

$$221,9x + 32,4y + 374z = 3954,21$$

10.

$$2,9x + 23,4y - 17,4z = -324,43$$

$$69,2x - 13,4y + 171,4z = 2150,56$$

$$241,3x + 133,7y + 57,8z = 262,19$$

**Примерная тематика учебно-исследовательских реферативных работ
для оценки сформированности компетенций ПК 9**

1. Вычисление коэффициентов интерполяционного алгебраического многочлена с помощью решения системы линейных уравнений.
2. Численное дифференцирование на основе интерполяционного многочлена.
3. Решение задачи Коши для дифференциального уравнения 1-ого порядка с помощью одного из изученных способов численного решения.
4. Численное решение краевой задачи для дифференциального уравнения 2-ого порядка.
5. Численное решение линейного уравнения в частных производных с использованием разностных схем.
6. Многочлены Чебышева

для оценки сформированности компетенций ПК 11

7. Методы статистического моделирования (Монте-Карло).
8. Классическая модель множественной регрессии.
9. Свойства оценок наименьших квадратов; обобщенная модель и НК-оценка Aitken'a.
10. Свойства многомерного нормального распределения.
11. Нормальная регрессия.
12. Регрессионный анализ для нормальной модели.
13. Структура и функции банков данных.
14. Информационно-поисковые системы.
15. Информационно-поисковые языки.

**Примерные тестовые задания
для оценки сформированности компетенций ПК 9**

- 1) Основными источниками погрешностей являются
 - a) построение математической модели
 - b) вычисление результата на ЭВМ
 - c) вычисление значений функции
 - d) арифметические операции
- 2) Каким аксиомам должно удовлетворять множество X для того, чтобы расстояние являлось метрикой:
 - a) тождества
 - b) симметрии
 - c) треугольника
 - d) коммутативности
- 3) Расстояние между числами определяется по формуле:
 - a) $|x - y|$
 - b) $\sqrt{x^2 - y^2}$
 - c) $\frac{x + y}{2}$
 - d) $\frac{x - y}{2}$
- 4) Расстояние между векторами определяется по формуле:
 - a) $\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|$

b) $\sum_{i=1}^n |y_i^2 - x_i^2|$

c) $\sum_{i=1}^n \sqrt{y_i^2 - x_i^2}$

5) Расстояние между функциями определяется по формуле:

a) $|f(x) - g(x)|$

b) $\max_{[a,b]} |f(x) - g(x)|$

c) $\sum_{i=1}^n \sqrt{f(x_i)^2 - g(x_i)^2}$

6) Какой характеристикой вычисления является относительная погрешность:

a) количественной

b) качественной

c) оценочной

d) абсолютной

7) Абсолютная погрешность разности двух чисел равна:

a) разности абсолютных погрешностей чисел

b) сумме абсолютных погрешностей чисел

c) произведению абсолютных погрешностей чисел

d) частному абсолютных погрешностей чисел

8) Относительная погрешность частного двух чисел равна:

a) разности относительных погрешностей чисел

b) сумме относительных погрешностей чисел

c) произведению относительных погрешностей чисел

d) частному относительных погрешностей чисел

9) Отрезок называется отрезком изоляции, если:

a) на нем нет корней

b) на нем есть единственный корень

c) на нем есть хотя бы один корень

d) на нем более одного корня

10) Какие существуют способы отделения корней на данном отрезке $[a,b]$:

a) аналитический

b) логический

c) индуктивный

d) графический

11) Если первая производная функции положительная, а вторая производная отрицательная, то:

a) функция возрастает, график вогнутый

b) функция убывает, график выпуклый

c) функция возрастает, график выпуклый

d) функция убывает, график вогнутый

12) Если первая производная функции отрицательная, а вторая производная положительная, то:

a) функция возрастает, график вогнутый

b) функция убывает, график выпуклый

c) функция возрастает, график выпуклый

d) функция убывает, график вогнутый

13) Какая функция является рекурсивной:

a) $f(x) = g(x)$

b) $y = f(x)$

c) $x_{n+1} = f(x_n)$

14) Для системы из двух уравнений с двумя неизвестными, если коэффициенты при неизвестных удовлетворяют условию $\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} \neq \frac{c_1}{c_2}$, то соответствующие прямые:

- a) пересекаются
- b) параллельны
- c) совпадают

15) К каким методам относится метод Гаусса решения систем линейных уравнений:

- a) к прямым
- b) к последовательным
- c) к итерационным
- d) к обратным

16) К каким методам относится метод Гаусса-Зейделя решения систем линейных уравнений:

- a) к прямым
- b) к последовательным
- c) к итерационным
- d) к обратным

17) К каким методам относится метод прогонки решения систем линейных уравнений:

- a) к прямым
- b) к последовательным
- c) к итерационным
- d) к обратным

18) Какой формулой определяется многочлен Чебышева степени n :

- a) $\frac{1}{2} \left(\left(x + \sqrt{x^2 - 1} \right)^n + \left(x - \sqrt{x^2 - 1} \right)^n \right)$
- b) $\frac{1}{2} \left(\left(x + \sqrt{x^n - 1} \right)^n + \left(x - \sqrt{x^n - 1} \right)^n \right)$
- c) $\frac{1}{2} \left(\left(x + \sqrt[n]{x^n - 1} \right)^n + \left(x - \sqrt[n]{x^n - 1} \right)^n \right)$
- d) $\frac{1}{2} \left(\left(x + \sqrt{x^2 + 1} \right)^n + \left(x - \sqrt{x^2 + 1} \right)^n \right)$

19) В чем заключается задача интерполирования:

- a) в нахождении корней уравнения
- b) в решении системы уравнений степени n
- c) в приближении к функции
- d) в построении многочленов степени n

20) Какие многочлены используются для интерполяции функции:

- a) Лагранжа
- b) Лежандра
- c) Тейлора
- d) Ньютона

21) При построении какого многочлена используется понятие конечных разностей:

- a) Лагранжа
- b) Лежандра
- c) Тейлора
- d) Ньютона

22) Формула Симпсона служи для:

- a) интерполяции
- b) решения системы уравнений
- c) вычисления интегралов
- d) решения дифференциальных уравнений

23) Функция заменяется на кусочно-постоянную в методе:

- a) Рунге
- b) прямоугольников
- c) трапеций
- d) Гаусса

для оценки сформированности компетенций ПК 11

24) Наиболее точное численное решение интегралов дает метод:

- a) Рунге
- b) прямоугольников
- c) трапеций
- d) Гаусса

25) Что называется порядком разностного уравнения:

- a) количество точек
- b) степень
- c) количество переменных

26) Как еще называют задачу Коши решения дифференциальных уравнений:

- a) с начальными данными
- b) с краевыми данными
- c) с узловыми точками

27) Какой метод относится к численному решению дифференциальных уравнений:

- a) метод Симпсона
- b) метод итераций
- c) метод Рунге-Кутты
- d) метод Гаусса

28) Какой метод относится к численному нахождению корня уравнения $f(x) = 0$:

- a) метод Симпсона
- b) метод итераций
- c) метод Рунге-Кутты
- d) метод Гаусса

29) Какой метод относится к численному нахождению интеграла:

- a) метод Симпсона
- b) метод итераций
- c) метод Рунге-Кутты
- d) метод Гаусса

30) Какой метод относится к численному решению уравнений в частных производных:

- a) метод Симпсона
- b) метод итераций
- c) метод Рунге-Кутты
- d) метод сеток

31) Какой метод относится к численному решению систем линейных уравнений:

- a) метод Симпсона
- b) метод итераций
- c) метод Рунге-Кутты
- d) метод Гаусса

32) В среде программирования

- a) машинный эпсилон больше машинного нуля
- b) они равны
- c) машинный нуль больше машинного эпсилона
- d) их соотношение может быть любым

33) Значение машинного эпсилона определяется

- a) числом разрядов, отводимых для представления порядка вещественного числа
- b) заданием пользователя
- c) числом разрядов, отводимых для представления порядка и числом разрядов, отво-

димых для представления мантииссы

- d) числом разрядов, отводимых для представления мантииссы вещественного числа

34) Математическая задача корректна, если

- a) она хорошо обусловлена
- b) вариации решения малы при малых вариациях исходных данных
- c) ее решение единственно
- d) ее решение может быть неединственным, но все они качественно верно описывают

моделируемый процесс

- e) ее решение существует

35) Алгоритм Гаусса реализуем

- a) всегда
- b) при условии неравенства нулю элементов a_{ii} , $i=1,2, \dots, n$, матрицы системы
- c) при условии отличия от нуля элементов a_{ii} , $i=1,2, \dots, n$, на каждом i -м шаге прямого

хода алгоритма

- d) всегда, но только для симметричных матриц
- e) только для невырожденных матриц

36) Трудоемкость алгоритма Гаусса, определяемая числом операций типа сложение и

умножение, составляет

- a) n^3
- b) $2n^3/3 + n^2/2$
- c) $5n^3/3$
- d) $2n^3/3$
- e) n^2

37) Погрешность решения, полученного методом Гаусса, определяется

- a) только размерностью системы
- b) только обусловленностью матрицы системы
- c) размерностью и обусловленностью
- d) ни тем и не другим
- e)

38) Формула

$$\frac{\|\bar{x} - \bar{x}_0^*\|}{\|\bar{x}_0^*\|} \leq \|P\| + \frac{\|A^{-1}D\bar{f}\|}{\|\bar{x}_0^*\|} + \frac{\|A^{-1}\bar{r}\|}{\|\bar{x}_0^*\|}$$

позволяет получить

- a) оценку фактической погрешности решения системы ЛУ
- b) возможную погрешность решения системы ЛУ
- c) погрешности решения системы ЛУ, которая связана только с ошибками округления
- d) возможную погрешность решения системы ЛУ, которая связана с ошибками округ-

ления и с ошибками исходных данных

39) Сходимость стационарного итерационного метода решения ЛУ реализуется в зависимости от

- a) значения спектрального радиуса итерационной матрицы
- b) выбора начального приближения
- c) значения максимального по модулю собственного числа матрицы задачи
- d) значением спектрального радиуса матрицы метода
- e) размерностью задачи

40) Отрезок ряда Тейлора для функции $f(x)$, содержащий $n+1$ слагаемое, является

- a) интерполяционным полиномом m -го порядка, построенным на сетке, содержащей $n+1$ узел
- b) интерполяционным полиномом m -го порядка, построенным на сетке, содержащей один узел кратности p
- c) полиномом наилучшего среднеквадратичного приближения m -го порядка

d) полиномом наилучшего равномерного приближения m -го порядка (укажите значения m и p)

41) Интерполяционный полином в форме Лагранжа удобен

a) при интерполировании функции на системе все более сгущающихся сеток

b) при интерполировании нескольких функций на одной сетке

c) потому, что процедура его построения обладает большей устойчивостью к ошибкам

округления в сравнении с методом неопределенных коэффициентов

d) при интерполировании на чебышевской сетке

42) Укажите, каким методам нахождения корней нелинейных уравнений соответствуют следующие вычислительные схемы:

$$\begin{array}{ll} 1. & x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \\ 2. & x_{k+1} = x_k + \tau f(x_k) \\ 3. & x_{k+1} = x_k - h \frac{f(x_k)}{f(x_k+h) - f(x_k)} \\ 4. & x_{k+1} = x_k - \frac{x_k - x_{k-1}}{f(x_k) - f(x_{k-1})} \cdot f(x_k), \quad k = 1, 2, \dots \end{array}$$

43) Квазиньютоновский метод генерирует последовательность x_k , сходящуюся к корню уравнения

a) квадратично

b) линейно

c) сверхлинейно

d) сверхлинейно

e) $h_k \rightarrow 0$

f) при $k \rightarrow \infty$

44) При решении методом Ньютона уравнения $x^2 + 5x + 6 = 0$

a) можно получить квадратично сходящуюся последовательность

b) можно получить квадратично сходящуюся последовательность лишь при $|x_0| < 6$

c) нельзя получить квадратично сходящуюся последовательность

45) Каким численным методам решения задачи Коши для ОДУ соответствуют приведенные ниже вычислительные схемы?

$$1. \quad y_{i+1} = y_i + hf(t_{i+1}, y_{i+1})$$

$$2. \quad y_{i+1} = y_i + \frac{h}{2} [f(t_{i+1}, y_{i+1}) + f(t_i, y_i)]$$

$$3. \quad y_{i+1} = y_i + hf(t_i, y_i)$$

$$4. \quad y_{n+1} = y_n + \frac{h}{4} \left[f(t_n, y_n) + 3f\left(t_n + \frac{2}{3}h; y_n + \frac{2}{3}h \cdot f(t_n, y_n)\right) \right]$$

46) Явный метод Эйлера

a) является А-устойчивым

b) является методом \quad -го порядка

c) позволяет проинтегрировать любую устойчивую задачу

d) может обеспечить сколь угодно малую погрешность интегрирования

e) хорошо приспособлен к решению жестких задач

f) сводит решение дифференциального уравнения к решению алгебраического уравнения относительно y_i

47) Методы Рунге-Кутты 5-го порядка

a) требуют 5-ти кратного вычисления функции, задающей правую часть уравнения

b) требуют значения решения в 5-ти предшествующих точках интегрирования

c) являются m -этапными (указать значение m)

d) имеют погрешность аппроксимации порядка h^p (указать значение p)

e) являются абсолютно устойчивыми во всей левой полуплоскости комплексной пе-

ременной $h\lambda$

48) Максимально допустимая величина шага интегрирования задачи Коши для систем ОДУ

- а) определяется максимальным по модулю собственным числом якобиана вектор - функции, задающей правую часть уравнения,
- б) определяется минимальным по модулю собственным числом якобиана вектор - функции, задающей правую часть уравнения
- с) определяется свойствами сходимости выбранного метода интегрирования
- д) является величиной постоянной для данной задачи Коши и выбранного метода
- е) может изменяться в ходе интегрирования задачи
- ф) может изменяться в ходе интегрирования лишь линейной задачи

Примерные контрольные работы для оценки сформированности компетенций ПК 9

Тема 1. Численное интегрирование функций.

Приближенное интегрирование – общие замечания.

Метод прямоугольников. Расчетные формулы.

Метод трапеций. Расчетные формулы.

Метод Симпсона. Расчетные формулы.

Задание 1. Численное интегрирование функции методами прямоугольников в среднем, трапеций и методом Симпсона.

Вычислить интеграл методами прямоугольников в среднем, методом трапеций и методом Симпсона с шагом $h=0.01$. Подготовить отчет с результатами. Сравнить результаты.

В контрольной работе сделать блок-схемы по всем трем методам.

Вычислить интеграл:

$$\int_0^{2.0} \frac{1}{\sqrt{9+x^2}} dx.$$

Тема 2. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод Эйлера. Расчетные формулы.

Метод Рунге-Кутты 2 (улучшенный метод Эйлера). Расчетные формулы.

Метод Рунге-Кутты 4. Расчетные формулы.

Задание 2. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений методами Эйлера, Рунге-Кутты 2 (улучшенным методом Эйлера) и методом Рунге-Кутты 4

Решить задачу Коши методами Эйлера, улучшенным методом Эйлера (метод Рунге-Кутты 2) и методом Рунге-Кутты 4. Заполнить таблицу вычисленных значений параметров от начального значения, равного 0, до max значения, равного 0,1, с шагом 0,01.

В контрольной работе сделать блок-схемы по всем трем методам.

$$\frac{dx}{dt} = x(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) - y, \quad x^0=1,0;$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) + x, \quad y^0=1,0;$$

Тема 3. Решение уравнения теплопроводности

Уравнение теплопроводности. Явная и неявная разностные схемы. Расчетные формулы.

Задание 3.Решение уравнения теплопроводности, одномерный случай, явная разностная схема.

Решить уравнение теплопроводности с помощью явной разностной схемы. Задание выполнить при $h=0.1$ для $0.0 \leq t \leq 100.0$,

$0.0 \leq x \leq 300.0$. В контрольной работе сделать блок-схему программы и записать первые десять вычисленных значения температур.

Найти приближенное решение уравнения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t}$,

удовлетворяющее условиям

$u(x, 0) = g_0(x), u(0, t) = f_0(t), u(L, t) = f_1(t)$

для значений

$g_0(x) = 2x(x+0.2)+0.4$;

$f_0(t) = 2t+0.4$;

$f_1(t) = 1.36$.

для оценки сформированности компетенций ПК 11

Тема 4. Решение стационарного уравнения

Стационарные уравнения. Уравнение Лапласа. Уравнение Пуассона. Методы Якоби, Либмана. Расчетные формулы.

Задание 4.Решение стационарного уравнения Лапласа методом Либмана.

Используя метод сеток, составить приближенное решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в квадрате ABCD с вершинами A(0,0), B(0,1), C(1,1), D(1,0); шаг $h=0.2$. При решении задачи использовать формулы Либмана. Вычисления закончить, выполнив 200 итераций.

В контрольной работе сделать блок-схему программы записать вычисленные значения искомой функции во всех узлах сетки.

Варианты указывают формулы, задающие искомую функцию на сторонах квадрата ABCD.

Варианты.

№ варианта	$U /_{AB}$	$U /_{BC}$	$U /_{CD}$	$U /_{AD}$
1	$30y$	$30(1-x^2)$	0	0
2	$200y$	$30\cos(\frac{\pi x}{2})$	$30\cos(\frac{\pi y}{2})$	$20.0 x^2$
3	$50y(1-y^2)$	0	0	$50\sin(\pi x)$
4	$20y$	20	$20y^2$	$50x(1-x)$
5	0	$50x(1-x)$	$50y(1-y^2)$	$50x(1-x)$
6	$30\sin(\pi y)$	$20x$	$20y$	$30x(1-x)$
7	$30(1-y)$	$20\sqrt{x}$	$20y$	$30x(1-x)$
8	$50\sin(\pi y)$	$30\sqrt{x}$	$30y^2$	$50\sin(\pi x)$
9	$40y^2$	40	40	$40\sin(\frac{\pi x}{2})$
10	$50y^2$	$50(1-x)$	0	$60x(1-x^2)$

Тема 5. Численные методы линейной алгебры

Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса.

Задание 5. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса.

Решить систему линейных уравнений методом Гаусса.

В контрольной работе сделать блок-схему программы.

$$5,5x - 123,1y + 37z = 438,73$$

$$24,1x + 7,2y - 11,9z = -3,17$$

$$101,5x + 54,8y - 213,7z = -208,63$$

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопрос	Код компетенции
1. Источники погрешностей. Понятие расстояния.	ПК-9
2. Расстояние между числами, векторами, функциями.	ПК-9
3. Абсолютная погрешность. Относительная погрешность.	ПК-9
4. Оценка точности приближения векторов и функций.	ПК-9
5. Постановка задачи приближенного решения уравнений. Отделение корней. Метод половинного деления.	ПК-11
6. Метод хорд. Сходимость итерационной последовательности. Оценка погрешности приближений.	ПК-9
7. Метод касательных. Сходимость итерационной последовательности. Оценка погрешности приближений.	ПК-9
8. Метод простой итерации. Сходимость итерационной последовательности. Оценка погрешности приближений.	ПК-9
9. Реализация методов решения нелинейных уравнений в системе Scilab.	ПК-11
10. Реализация методов решения нелинейных уравнений в системе FreeMat.	ПК-11
11. Постановка задачи аппроксимации. Среднеквадратичные приближения.	ПК-9
12. Интерполяционный многочлен Лагранжа.	ПК-9
13. Интерполяционные многочлены Ньютона.	ПК-9
14. Сплайн интерполяция.	ПК-9
15. Использование локальных интерполяций.	ПК-11
16. Реализация методов интерполяции в системе Scilab.	ПК-11
17. Реализация методов интерполяции в системе FreeMat.	ПК-11
18. Системы линейных уравнений. Прямые методы решения.	ПК-9
19. Системы линейных уравнений. Итерационные методы решения.	ПК-9
20. Постановка задачи численного интегрирования.	ПК-11
21. Метод прямоугольников и трапеций численного интегрирования.	ПК-11
22. Метод Симпсона численного интегрирования.	ПК-11
23. Метод Гаусса численного интегрирования.	ПК-9
24. Сравнительная оценка методов численного интегрирования и уточнение решения.	ПК-11
25. Реализация методов численного интегрирования в системе Scilab.	ПК-11
26. Реализация методов численного интегрирования в системе FreeMat.	ПК-11
27. Формулы численного дифференцирования. Выбор оптимального шага.	ПК-11

28. Численное дифференцирование. Использование рядов.	ПК-11
29. Численное дифференцирование. Использование многочленов.	ПК-11
30. Понятие разностных уравнений. Решение разностных уравнений 1и 2 порядка.	ПК-11
31. Общие понятия дифференциальных уравнений.	ПК-9
32. Метод конечных разностей решения дифференциальных уравнений.	ПК-9
33. Основные понятия задачи Коши.	ПК-9
34. Метод Эйлера решения дифференциальных уравнений.	ПК-9
35. Модифицированный метод Эйлера решения дифференциальных уравнений.	ПК-11
36. Метод Рунге-Кутта решения дифференциальных уравнений.	ПК-11
37. Использование систем компьютерной математики Scilabi Freemath для решения и визуализации решений дифференциальных уравнений и систем.	ПК-11

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1. Численные методы : учеб. пособие для прикладного бакалавриата** / А. В. Зенков. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 122 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-10893-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/chislennye-metody-432209>
- 2. Численные методы в 2 ч. Ч. 1 : учеб. пособие для вузов** / В. Г. Пименов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 111 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-10886-6 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1032-6 (Изд-во Урал. ун-та). — ISBN 978-5-7996-1015-9 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/chislennye-metody-v-2-ch-ch-1-432203>
- 3. Численные методы в 2 ч. Ч. 2 : учеб. пособие для вузов** / В. Г. Пименов, А. Б. Ложников. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 107 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-10891-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/chislennye-metody-v-2-ch-ch-2-432207>
- 4. Численные методы : учебник и практикум для академического бакалавриата** / У. Г. Пирумов [и др.] ; под ред. У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 421 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03141-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/chislennye-metody-431961>
- 5. Численные методы : учеб. пособие для академического бакалавриата** / О. В. Гателюк, Ш. К. Исмаилов, Н. В. Манюкова. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 140 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05894-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/chislennye-metody-437711>

б) дополнительная литература:

- 1. Численные методы. Практикум** : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 512 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/652316>
- 2. Численные методы. Решения задач и упражнения**: Учебное пособие / Бахвалов Н.С., Корнев А.А., Чижонков Е.В., - 2-е изд., испр. и доп. (эл.) - М.:Лаборатория знаний, Лаборатория Базовых Знаний, 2016. - 355 с.: ISBN 978-5-93208-205-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1009104>
- 3. Введение в численные методы в задачах и упражнениях**: Учебное пособие / Гулин А.В.,Мажорова О.С.,Морозова В.А.-М.:АРГАМАК-МЕДИА,НИЦ ИНФРА-М,2019- 368с.:-

(Прикладная математика, информатика, информ.технологии) - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/1032671>

4. Лабораторный практикум по численным методам: Практикум / Шевченко А.С. - М.:НИИЦ ИНФРА-М, 2018. - 199 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование) ISBN 978-5-16-106606-5 (online) - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/966104>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Лицензионное программное обеспечение: Операционная система Windows.

Лицензионное программное обеспечение: MicrosoftOffice.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), платформа Elibrary: национальная информационно-аналитическая система.Адрес доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp

ГАРАНТ. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс].– Адрес доступа: <http://www.garant.ru>

MathSciNet:информационно-библиографическая и реферативная база данных по математике, в т.ч. прикладной математике и статистике. Электронная версия MathematicalReviews.Адрес доступа:<http://www.ams.org/mathscinet>

Math-Net.Ru: Общероссийский математический портал.Адрес доступа: <http://www.mathnet.ru/>

Свободно распространяемое программное обеспечение:

программное обеспечениеLibreOffice;

программное обеспечениеYandexBrowser;

программное обеспечениеPaint.NET;

программное обеспечениеPascalABC.NET

Электронные библиотечные системы и библиотеки:

Электронная библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com/>

Электронная библиотечная система "Консультант студента"<http://www.studentlibrary.ru/>

Электронная библиотечная система "Юрайт"<http://www.ura.it.ru/ebs>

Электронная библиотечная система "Znanium" <http://znanium.com/>

Электронно-библиотечная система Университетская библиотекаONLINE<http://biblioclub.ru/>

Фундаментальная библиотека ННГУ www.lib.unn.ru/

Сайт библиотеки Арзамасского филиала ННГУ. – Адрес доступа: lib.arz.unn.ru

Ресурс «Массовые открытые онлайн-курсы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского» <https://mooc.unn.ru/>

Портал «Современная цифровая образовательная среда Российской Федерации» <https://online.edu.ru/public/promo>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: ноутбук, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа дисциплины **Численные методы** составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования (ОС ННГУ) по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (уровень бакалавриата) (приказ ННГУ от 17.05.2023 года № 06.49-04-0214/23)

Автор(ы):

К.п.н., доцент

Миронова С.В.

Рецензент (ы):

д.т.н., профессор

Ямпурин Н.П.

Кафедра математики, физики и информатики

д.п.н., доцент

Фролов И.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 24.05.2023 года, протокол № 5

Председатель МК

к.п.н., доцент

факультета естественных и математических наук

Володин А.М.

П.6. а) СОГЛАСОВАНО:

Заведующий библиотекой

Федосеева Т.А.