

#### **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

### «Самарский государственный технический университет» $(\Phi \Gamma EOV BO \ «Сам \Gamma T У»)$

/TBE	РЖД	АЮ:			
Прор	екто	р по у	чебной	й рабо <sup>-</sup>	ге
			/ O.E	В. Юсуг	10ва
ı	п			20	г.

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### Б1.В.01.05 «Вычислительная математика»

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология		
Направленность (профиль)	Газопереработка и водородные технологии		
Квалификация	Бакалавр		
Форма обучения	Очная		
Год начала подготовки	2021		
Институт / факультет	Инженерно-технологический факультет (ИТФ)		
Выпускающая кафедра	кафедра "Газопереработка, водородные и специальные технологии"		
Кафедра-разработчик	кафедра "Прикладная математика и информатика"		
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3		
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет		

#### **Б1.В.01.05** «Вычислительная математика»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.03.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 922 от 07.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат физико- математических наук, доцент	Е.В Небогина
(должность, степень, ученое звание)	(ΦΝΟ)
Заведующий кафедрой	В.П. Радченко, доктор физико-математических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)
СОГЛАСОВАНО:	
Председатель методического совета факультета / института (или учебнометодической комиссии)	Ю.А Дружинина, кандидат химических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	Ю.В. Еремина, кандидат химических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	С.В. Востриков, кандидат химических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)

#### Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми	1
результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	. 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов,	
выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на	
самостоятельную работу обучающихся	. 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного	на
них количества академических часов и видов учебных занятий	5
4.1 Содержание лекционных занятий	6
4.2 Содержание лабораторных занятий	
4.3 Содержание практических занятий	8
4.4. Содержание самостоятельной работы	. 8
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса	1
по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения	11
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз	
данных, информационно-справочных систем	12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесс	a
по дисциплине (модулю)	12
9. Методические материалы	12
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)	14

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
	Проф	рессиональные компетенции	
Не предусмотрено	ПК-3 Способен осуществлять научно- исследовательские и опытно- конструкторские работы, работы по внедрению прогрессивных экономически обоснованных ресурсо-, энергосберегающих технологических процессов и режимов производства выпускаемой организацией продукции, обеспечивающих повышение уровня технологической подготовки и технического перевооружения производства	ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	Владеть методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования

#### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: вариативная часть

Код комп етен ции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-3	Инновационные практики технологического предпринимательства	Компьютерная химия в химической технологии; Практико-ориентированный проект; Углеводородное сырье на планете Земля	Газохимия; Инструментальные методы анализа в химической технологии; Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Практико-ориентированный проект; Хроматография в химической технологии

# 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	5 семестр часов / часов в электронной форме
<b>Аудиторная контактная работа (всего),</b> в том числе:	32	32
Лабораторные работы	16	16
Лекции	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	3	3
<b>Самостоятельная работа (всего),</b> в том числе:	73	73
подготовка к зачету	9	9
подготовка к лабораторным работам	48	48
подготовка к лекциям	8	8
составление конспектов	8	8
Итого: час	108	108
Итого: з.е.	3	3

## 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Nº	Наименование раздела дисциплины		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы			
раздела				П3	СРС	Всего часов
1	ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	2	2	0	8	12
2	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	2	2	0	8	12
3	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	2	4	0	14	20
4	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	4	4	0	16	24
5	ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	2	2	0	8	12
6	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	4	2	0	10	16
7	подготовка к зачету		0	0	9	9
	КСР	0	0	0	0	3

#### 4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
		5 ce	местр	
1	ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	Элементарная теория погрешностей: основные понятия и свойства	Приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности. Округление чисел. Погрешность суммы, разности, частного и произведения приближенных чисел. Погрешность функции одной и нескольких переменных. Оценка погрешности решения задач в метрических и нормированных пространствах.	2
2	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	Приближенные методы решения уравнений	Методы отделения корней уравнений. Оценка модулей корней алгебраических уравнений. Достаточное условие сходимости метода Ньютона. Оценка погрешности n-го приближения в методе Ньютона. Достаточное условие сходимости и оценка погрешности приближений в методе итераций. Комбинированный метод хорд и касательных.	2
3	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	Вычисление определителей и обращение матриц методом Жордана - Гаусса. Метод квадратного корня. Сходимость в метрических и нормированных пространствах. Норма и обусловленность матрицы. Устойчивость решения систем линейных уравнений. Оценка погрешности решения систем линейных уравнений.	2
4	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	Постановка задачи о приближении функций	Равномерное и среднеквадратичное приближение. Применение многочленов Тейлора в приближенных вычислениях. Оценка погрешности приближенных вычислений на основе многочленов Тейлора. Конечные разности различных порядков. Их свойства и вычисление.	2

5	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	Постановка задачи интерполирования	Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона и их погрешность. Многочлены Чебышева и их свойства. Выбор узлов, минимизирующих оценку погрешности интерполяции. Численное дифференцирование. Погрешность формул численного дифференцирования. Дифференцирования. Дифференцирование функций, заданных таблично. Обобщенный многочлен наилучшего среднеквадратичного приближения. Среднеквадратичные приближения алгебраическими многочленами. Связь евклидова пространства с нормированным и метрическим пространством. Определитель Грамма. Среднеквадратичные приближения ортогональными многочленами Лежандра.	2
6	ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	Простейшие квадратурные формулы численного интегрирования	Простейшие квадратурные формулы и их погрешность. Учет избыточной гладкости подынтегральной функции и правило Рунге для оценки погрешности квадратурной формулы. Уточнение приближенного решения по Ричардсону. Квадратурные формулы Чебышева и Гаусса.	2
7	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	Приближенные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	Постановка задачи, классификация приближенных методов решения ОДУ. Метод неопределенных коэффициентов. Приближенное интегрирование с помощью рядов Тейлора. Метод последовательных приближений для решения ОДУ первого порядка.	2
8	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	Метод Эйлера решения ОДУ первого порядка, его геометрическая интерпретация. Сходимость и точность метода Эйлера. Обобщение метода Эйлера для решения систем ОДУ и уравнений высших порядков. Устойчивость и выбор шага при реализации численных методов. Метод Рунге-Кутта решения ОДУ 1-ого порядка, систем ОДУ и уравнений высших порядков. Погрешность метода Рунге-Кутта (апостериорная оценка по правилу Рунге).	2
Итого за семестр:				
Итого:				

#### 4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме				
	5 семестр							

	ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	ооыкновенных дифференциальных уравнений	четвертого порядка точности.	
8	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ	Применение численных методов к решению обыкновенных	Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутта	2
7	ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	Простейшие формулы численного интегрирования	Формулы трапеции и Симпсона. Оценка погрешности формул численного интегрирования	2
6	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	Среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами	Метод наименьших квадратов. Построение алгебраического многочлена для таблично заданной функции. Оценка погрешности среднеквадратичного приближения	2
5	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	Интерполяционные формулы Ньютона	Первая интерполяционная формула Ньютона. Вторая интерполяционная формула Ньютона. Применение формул в приближенных расчетах	2
4	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	Решение систем линейных уравнений методом простых итераций. Метод Зейделя.	2
3	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	Метод исключения неизвестных (метод Гаусса)	Вычисление определителей и обращение матриц методом Жордана-Гаусса.	2
2	МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	Решение нелинейных уравнений численными методами	Отделение корней уравнения. Метод Ньютона. Метод простых итераций.	2
1	ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	Анализ погрешности при вычислении значений функции нескольких переменных	Вычисление абсолютной и относительной погрешности функции нескольких переменных, определение коэффициента передачи, исследование зависимости коэффициента передачи и относительной погрешности	2

#### 4.3 Содержание практических занятий

Учебные занятия не реализуются.

#### 4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов	
5 семестр				

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Оценка погрешностей в методах вычислительной математики"	1
ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы: оценка погрешности решения задач в метрических и нормированных пространствах	1
ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторной работе "Анализ погрешности при вычислении значений функции нескольких переменных"	6
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Методы вычислительной математики решения алгебраических и трансцендентных уравнений"	1
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы: условия сходимости итерационных методов, оценка погрешности в итерационных методах решения нелинейных уравнений	1
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторной работе "Отделение корней. Метод Ньютона. Метод простых итераций"	6
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Методы вычислительной математики решения задач линейной алгебры"	1
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы "Устойчивость решения систем линейных уравнений. Оценка погрешности"	1
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторным работам "Вычисление определителей и обращений матриц. Решение систем методом простых итераций. Метод Зейделя"	12

	i	<del> </del>	
ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Приближение функций многочленами"	2
ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы по разделу "приближение функций многочленами"	2
ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГОЧЛЕНАМИ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторным работам "Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона. Среднеквадратичное приближение функций алгебраическими многочленами"	12
ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Численное интегрирование"	1
ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы по разделу "Численное интегрирование"	1
ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторной работе "Численное интегрирование на основе формул трапеций и Симпсона"	6
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	подготовка к лекциям	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы по разделу "Методы вычислительной математики решения обыкновенных дифференциальных уравнений"	2
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	составление конспектов	конспектирование рекомендованной литературы: устойчивость и выбор шага при реализации численных методов, оценка погрешности по правилу Рунге	2
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	подготовка к лабораторным работам	подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы, составление отчета по лабораторной работе "Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутта"	6
подготовка к зачету	подготовка к зачету	анализ материалов по всем разделам дисциплины	9
Итого за семестр:			
		Итого:	73

### 5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

<b>№</b> п/п	Библиографическое описание	<b>Pecypc HTБ CaмГТУ</b> (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
	Основная литература	
1	Бахвалов, Н.С. Численные методы : Учеб.пособие / Н.С.Бахвалов,Н.П.Жидков,Г.М.Кобельников;МГУ им.М.В.Ломоносова 4- е изд М., БИНОМ.Лаб.знаний, 2006 636 с.	Электронный ресурс
2	Формалев, В.Ф. Численные методы : Учеб.пособие / В.Ф.Формалев,Д.Л.Ревизников 2-е изд.,испр.и доп М., ФИЗМАТЛИТ, 2006 398 с.	Электронный ресурс
	Дополнительная литература	
3	Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах : Учеб.пособие / В.И.Киреев, А.В.Пантелеев 3-е изд.,стер М., Высш.шк., 2008 480 с.	Электронный ресурс
4	Рябенький, В.С. Введение в вычислительную математику : [Учеб.пособие] 2-е изд.,испр М., Физматлит, 2000 294 с.	Электронный ресурс
	Учебно-методическое обеспечение	
5	Зотеев, В.Е. Вычислительная математика : лаб.практикум / В. Е. Зотеев, Е. В. Небогина; Самар.гос.техн.ун-т, Прикладная математика и информатика Самара, 2014 145 с Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  1027	Электронный ресурс
6	Зотеев, В.Е. Вычислительная математика : лаб.практикум / В. Е. Зотеев, Е. В. Небогина; Самар.гос.техн.ун-т, Прикладная математика и информатика Самара, 2014 145 с Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  1027	Электронный ресурс
7	Зотеев, В.Е. Вычислительная математика : лаб.практикум / В. Е. Зотеев, Е. В. Небогина; Самар.гос.техн.ун-т, Прикладная математика и информатика Самара, 2014 145 с Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  1027	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

## 6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

<b>№</b> п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Браузер Google Chrome (или аналогичный) для работы с Интернет-ресурсами	Google (Зарубежный)	Свободно распространяемое
2	Операционная система Windows	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

<b>№</b> п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Образовательный математический сайт	http://www.exponenta.ru.	Ресурсы открытого доступа
2	Учебная физико-математическая библиотека	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm	Ресурсы открытого доступа
3	СамГТУ кафедра «Прикладная математика и информатика»	http://pm.samgtu.ru/node/6	Ресурсы открытого доступа
4	Прикладная математика	http://www.lineyka.inf.ua/applied_math	Ресурсы открытого доступа
5	Поисковые системы: http://yandex.ru, http://www.google.com	http://yandex.ru, http://www.google.com	Ресурсы открытого доступа
6	Пакет программных средств офисного назначения LibreOffice	http://ru.libreoffice.org/home/	Ресурсы открытого доступа
7	Общероссийский математический портал Math- Net.Ru.	http://www.mathnet.ru	Ресурсы открытого доступа
8	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/	Ресурсы открытого доступа
9	Математика	http://www.mathematics.ru/	Ресурсы открытого доступа

### 8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

#### Лекционные занятия

- аудитория, оснащенная рабочими местами для студентов (парты, стулья), доской, мелом лекционная аудитория;
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер).

#### Лабораторные занятия

• рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, и лицензионным программным обеспечением, предназначенные для работы в электронной образовательной среде - компьютерные аудитории кафедры Прикладная математика и информатика: 510, 512, 317, 502, 504 (8 корпус);

#### Самостоятельная работа

для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены рабочие места в читальных залах научно-технической библиотеки и ресурсы информационно-вычислительного центра ФГБОУ ВО «СамГТУ», оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной информационной образовательной среде.

#### 9. Методические материалы

#### Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

#### Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

#### Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала

изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, лабораторных занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

#### 10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины Б1.В.01.05 «Вычислительная математика»

## Фонд оценочных средств по дисциплине Б1.В.01.05 «Вычислительная математика»

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология		
Направленность (профиль)	Газопереработка и водородные технологии		
Квалификация	Бакалавр		
Форма обучения	Очная		
Год начала подготовки	2021		
Институт / факультет	Инженерно-технологический факультет (ИТФ)		
Выпускающая кафедра	кафедра "Газопереработка, водородные и специальные технологии"		
Кафедра-разработчик	кафедра "Прикладная математика и информатика"		
Объем дисциплины, ч. / з.е.	108 / 3		
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет		

## Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
	Проф	рессиональные компетенции	
Не предусмотрено	ПК-3 Способен осуществлять научно- исследовательские и опытно- конструкторские работы, работы по внедрению прогрессивных экономически обоснованных ресурсо-, энергосберегающих технологических процессов и режимов производства выпускаемой организацией продукции, обеспечивающих повышение уровня технологической подготовки и технического перевооружения производства	ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	Владеть методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования

### Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения Результаты обучения компетенции		Оценочные средства	Текущий контроль успеваем ости	Промежу точная аттестац ия		
ОЦЕ	НКА ПОГРЕШНОСТЕЙ В МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТ	ЕЛЬНОЙ МАТЕМАТ	ики			
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ						
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		

методы	ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ	ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ	АЛГЕБРЫ			
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		
	ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГО	членами членами				
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		
	ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАН	INE				
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		
МЕТОДЫ ВЫЧИ	СЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РЕШЕНИЯ ОБЫК УРАВНЕНИЙ	НОВЕННЫХ ДИФФ	ЕРЕНЦИАЛІ	ьных		
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	отчет	Да	Нет		
подготовка к зачету						
ПК-3.4 Владеет средствами вычислительной техники, коммуникаций и связи.	<b>Владеть</b> методами вычислительной математики для решения широкого круга задач математического моделирования	вопросы	Нет	Да		

## 3. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень подлежащих оценке результатов обучения (показателей проявления компетенций: владений, умений, знаний) при использовании предусмотренных рабочей программой дисциплины оценочных средств представлены в табл. 2.

В рамках дисциплины предусмотрено выполнение самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение теоретического материала (написание конспектов);
- подготовка к лабораторным работам (ЛР);
- написание отчетов по лабораторным работам;
- подготовка к зачету.

Для поиска материалов по темам для самостоятельного изучения студент использует учебники, дополнительную литературу, ресурсы сети Интернет и проч.

Самостоятельное изучение материала предполагает написание конспектов. Оценивание конспектов производится по системе зачёт/незачёт.

#### Задания к лабораторным работам

Предполагается, что к каждому лабораторному занятию (ЛЗ) студенты готовятся по следующей схеме: изучение основных положений темы, разобранной на лекциях; поиск дополнительного материала по учебникам, дополнительной литературе, ресурсам сети Интернет и проч.; изучение алгоритмов решений типовых задач. Каждая лабораторная работа содержит индивидуальные варианты одинаковых по сложности заданий согласно количеству студентов в группе. Вариант выбирается в соответствии с порядковым номером студента в списке группы. В каждой лабораторной работе приводятся методические указания по ее выполнению и рассматривается пример решения аналогичной задачи.

Работа с дополнительной учебной и научной литературой включает в себя составление плана текста; конспектирование; самостоятельную проверку представленных математических утверждений, работу со справочниками; конспектирование научных статей заданной тематики.

#### Лабораторная работа № 1 АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

**Цель работы:** приобретение и закрепление практических навыков при оценке погрешности вычисления значений функции одной и нескольких переменных.

**Задание 1.** По данным из табл. 1.1 вычислить значение функции z в заданной точке (x,y), абсолютную и относительную погрешности результата, используя формулу оценки погрешности функции нескольких переменных. Принять абсолютную погрешность для переменной x равной  $\Delta x = 0.05$ , а для переменной y равной  $\Delta y = 0.01$ .

**Задание 2.** Найти значение аргумента  $x_0$ , при котором точность результата не зависит от погрешности величины x. Построить зависимость коэффициента передачи ошибки по аргументу x и относительной погрешности вычисления функции z при изменении переменной x в окрестности точки  $x_0$  и заданном значении y.

Таблица 1.1 Варианты заданий к лабораторной работе № 1

№	$z = f\left(x, y\right)$	x	у
1	$z = \ln\left(x^2 + 1\right)e^{3y^2}$	1,2	0,12
2	$z = e^{2x} \left( x^2 - 2 \right) \sin 5y$	0,2	2,13
3	$z = \left(x^2 - x + 2\right) \ln\left(1 + y\right)$	0,3	1,15
4	$z = \frac{e^{2x} (3x - 1)}{y^2 + 4}$	-1,1	2,31
5	$z = \frac{5\sin\left(x - \frac{\pi}{12}\right)}{\ln\left(1 + 3y + y^2\right)}$	$\frac{\pi}{4}$	1,31
6	$z = \frac{(x+5)e^{3x}}{\cos(y^3 - 3)}$	-1,1	0,92
7	$z = \sqrt{x^2 + 3} \ e^{5y^2 + y}$	0,9	0,13
8	$z = \frac{e^{3x} \left(5x + 3\right)}{\sqrt{y^2 + 1}}$	-0,1	1,31
9	$z = \frac{2\left(x^2 - x\right)}{\ln\sin 3y}$	1,3	$\frac{\pi}{12}$
10	$z = \frac{x^2 - 5x}{\ln\left(y^2 + 2\right)}$	0,8	0,91
11	$z = \frac{3x^2 - 5x}{y^3 - 3y + 1}$	0,1	2,31
12	$z = \frac{\ln(5y^2 + 1)}{x^2 + 3x + 2}$	0,1	1,24
13	$z = \frac{e^x \left(x^2 - 3\right)}{\sqrt{y^2 + 3}}$	-1,1	0,92
14	$z = \left(x^3 - 4x\right)\sin\left(y^2 + 1\right)$	-1,2	0,15

15	$z = \frac{x^2 - 3x + 1}{\ln\left(y^2 + 5y + 6\right)}$	0,1	-1,13
16	$z = 5\cos\left(3x - \frac{\pi}{3}\right)e^{y}$	$\frac{2\pi}{9}$	0,87
17	$z = \frac{x^2 + 7x}{\ln\left(y^3 + 6\right)}$	0,9	0,16
18	$z = \frac{x^2 + 6x}{3y^2 + 7}$	1,0	0,29
19	$z = \frac{\ln\left(y^3 + 1\right)}{x^3 - 12x}$	1,1	1,21
20	$z = \frac{5e^x \left(x^2 + 1\right)}{e^{3y} + 2}$	0,1	0,23
21	$z = \frac{\left(3x^3 - 1\right)e^y}{y + 2}$	0,2	0,17
22	$z = \frac{\left(x^2 + 6\right)\sin 3y}{y^2 + 5}$	0,3	$\frac{\pi}{12}$
23	$z = \frac{x^2 - x + 2}{arctg\left(y^2 + 1\right)}$	0,1	0,32
24	$z = \frac{y(x^2 + 3x)}{\ln(y^2 + 5)}$	1,2	0,98
25	$z = \frac{x^2 - 3x + 4}{\ln\left(y^2 + 7y\right)}$	0,1	-1,13

#### Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- тему лабораторной работы, полный текст задания и исходные данные в соответствии с номером варианта;
- результаты аналитических вычислений частных производных от функции z в заданной точке;
  - результат вычисления предельных абсолютной и относительной погрешностей;
  - решение  $x_0$  уравнения  $\frac{\partial z}{\partial x} = 0$  относительно переменной x;

- формулу для вычисления предельной относительной погрешности  $\delta_z$  функции двух переменных z ;
- таблицу значений коэффициента  $\left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|$  передачи ошибки по аргументу x и значений предельной относительной погрешности  $\delta_z$  функции z, вычисленных при различных значениях переменной x в окрестности точки  $x_0$ ;
- графики кривых зависимости коэффициента передачи ошибки по аргументу  ${\mathcal X}$  и предельной относительной погрешности  ${\mathcal S}_z$  функции z от изменения переменной  ${\mathcal X}$ ;
  - выводы по работе.

Методические указания к выполнению работы приведены в примере.

**Пример.** Вычислить значение функции 
$$z = \frac{2\sqrt{x^2 - 5x + 8}}{\ln(3y^2 + 1)}$$
 и оценить

погрешность результата при  $x = 2,30\pm0,05$  и  $y = 1,31\pm0,01$ .

Область определения заданной функции:  $x \in (-\infty, \infty)$ ,  $y \neq 0$ . По условию задачи значения приближенных величин x и y заданы с предельными абсолютными погрешностями:  $\Delta x = 0,05$  и  $\Delta y = 0,01$  соответственно.

Для вычисления предельной абсолютной погрешности значения функции используем формулу [1-7, 10]

$$\Delta z = \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial z}{\partial y} \right| \Delta y , \qquad (1)$$

в которой частные производные вычисляются в заданной точке  $x=2,3;\;y=1,31$ .

Находим частные производные

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{2x - 5}{\ln(3y^2 + 1)\sqrt{x^2 - 5x + 8}}, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{12y\sqrt{x^2 - 5x + 8}}{\left(3y^2 + 1\right)\ln^2(3y^2 + 1)}$$

и их значения в заданной точке  $\frac{\partial z}{\partial x}\bigg|_{\substack{x=2,3\\y=1,31}} = -0.165$  и  $\frac{\partial z}{\partial y}\bigg|_{\substack{x=2,3\\y=1,31}} = -1.037$  . Таким

образом, имеем  $\Delta z = 0.165 \cdot \Delta x + 1.037 \cdot \Delta y$ .

Отсюда получаем предельную абсолютную погрешность значения функции:  $\Delta z = 0,165 \cdot 0,05+1,037 \cdot 0,01=0,0186.$ 

Приближенное значение функции z равно

$$z = \frac{2\sqrt{2,3^2 - 5 \cdot 2,3 + 8}}{\ln(3 \cdot 1,31^2 + 1)} = 1,473.$$

Тогда предельная относительная погрешность значения функции составит  $\delta_z = \frac{\Delta z}{|z|} = \frac{0.0186}{1,473} = 0.0126 \ (1,3\%).$ 

Отметим, что в формуле (1) величины  $\left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|$  и  $\left| \frac{\partial z}{\partial y} \right|$  характеризуют коэффициенты

передачи ошибки по аргументам  $\mathcal X$  и  $\mathcal Y$  соответственно. Найдем значение  $\mathcal X_0$  , при котором коэффициент передачи ошибки по аргументу  $\mathcal X$  равен 0. Решаем уравнение относительно  $\mathcal X$ 

$$: \frac{\partial z}{\partial x} = \frac{2x - 5}{\sqrt{x^2 - 5x + 8} \ln(3y^2 + 1)} = 0. \text{ Отсюда получаем } x_0 = 2, 5.$$

Исследуем зависимость коэффициента  $\left|\frac{\partial z}{\partial x}\right|$  передачи ошибки по аргументу x и зависимость предельной относительной погрешности  $\delta_z$  функции z от изменения переменной x в окрестности точки  $x_0=2,5$  в интервале от 0 до 5,0 при y=1,31,  $\Delta x=0,05$  и  $\Delta y=0,01$ .

В основе расчетов лежат формулы:

$$\left| \frac{\partial z}{\partial x} \right| = \left| \frac{2x - 5}{\ln(3y^2 + 1)\sqrt{x^2 - 5x + 8}} \right|,$$

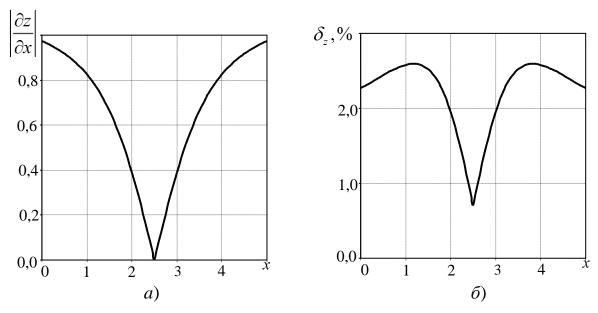
$$\delta_z = \left| \frac{2x - 5}{2(x^2 - 5x + 8)} \right| \Delta x + \left| \frac{6y}{(3y^2 + 1)\ln(3y^2 + 1)} \right| \Delta y, \ \Delta x = 0,05, \ \Delta y = 0,01$$

Результаты вычислений представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2 Результаты вычислений

X	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$\left  \frac{\partial z}{\partial x} \right $	0,973	0,918	0,826	0,664	0,389	0,000	0,389	0,664	0,826	0,918	0,973
$\delta_z$ ,%	2,3	2,4	2,6	2,5	2,0	0,7	2,0	2,5	2,6	2,4	2,3

На рис. 1.1 представлены кривые зависимости коэффициента передачи ошибки по переменной x (рис. 1.1, a) и относительной погрешности  $\delta_z$ , % (рис. 1.1,  $\delta$ ) от изменения переменной x. Очевидно, что в окрестности точки  $x_0=2,5$  ошибка  $\Delta x$  практически не влияет на точность результата.



 $Puc.\ 1.1.$  Кривые зависимости коэффициента передачи ошибки по аргументу x (a) и предельной относительной погрешности функции ( $\delta$ ) от изменения переменной x

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Сформулировать и доказать теорему о погрешности функции одной переменной.
- 2. Как изменяется погрешность приближенного числа при возведении его в степень?
- 3. Как изменяется погрешность приближенного числа при извлечении из него корня n-ной степени?
- 4. Сформулировать и доказать теорему о погрешности функции нескольких переменных.

#### Промежуточная аттестация

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется на протяжении всего периода изучения разделов дисциплины. Для подготовки к промежуточной аттестации выделяются также внеаудиторные часы для самостоятельной работы студента.

Промежуточная аттестация осуществляется во время сессии в форме зачета (5 семестр).

#### Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет)

#### Список контрольных вопросов к зачету

- 1. Приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности. Округление чисел.
- 2. Погрешность суммы, разности, частного и произведения приближенных чисел.
- 3. Погрешность функции одной и нескольких переменных.
- 4. Оценка погрешности решения задач в метрических и нормированных пространствах.
- 5. Методы отделения корней уравнений.
- 6. Оценка модулей корней алгебраических уравнений.
- 7. Достаточное условие сходимости метода Ньютона. Оценка погрешности *n*-го приближения в методе Ньютона.

- 8. Достаточное условие сходимости и оценка погрешности приближений в методе итераций.
- 9. Комбинированный метод хорд и касательных.
- 10. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
- 11. Вычисление определителей и обращение матриц методом Жордана Гаусса.
- 12. Метод квадратного корня.
- 13. Сходимость в метрических и нормированных пространствах. Норма и обусловленность матрицы.
- 14. Устойчивость решения систем линейных уравнений. Оценка погрешности решения систем линейных уравнений.
  - 15. Постановка задачи о приближении функций.
  - 16. Равномерное и среднеквадратичное приближение.
  - 17. Применение многочленов Тейлора в приближенных вычислениях.
  - 18. Оценка погрешности приближенных вычислений на основе многочленов Тейлора.
  - 19. Конечные разности различных порядков. Их свойства и вычисление.
  - 20. Постановка задачи интерполирования.
  - 21. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона и их погрешность
  - 22. . Многочлены Чебышева и их свойства.
  - 23. Выбор узлов, минимизирующих оценку погрешности интерполяции.
  - 24. Численное дифференцирование.
  - 25. Погрешность формул численного дифференцирования.
  - 26. Дифференцирование функций, заданных таблично.
- 27. Связь евклидова пространства с нормированным и метрическим пространством. Определитель Грамма.
  - 28. Обобщенный многочлен наилучшего среднеквадратичного приближения.
  - 29. Среднеквадратичные приближения алгебраическими многочленами.
  - 30. Среднеквадратичные приближения ортогональными многочленами Лежандра.
  - 31. Простейшие квадратурные формулы и их погрешность.
- 32. Учет избыточной гладкости подынтегральной функции и правило Рунге для оценки погрешности квадратурной формулы.
  - 33. Уточнение приближенного решения по Ричардсону.
  - 34. Квадратурные формулы Чебышева и Гаусса.
  - 35. Постановка задачи, классификация приближенных методов решения ОДУ.
  - 36. Метод неопределенных коэффициентов.
  - 37. Приближенное интегрирование с помощью рядов Тейлора.
  - 38. Метод последовательных приближений для решения ОДУ первого порядка.
  - 39. Численные методы решения ОДУ.
  - 40. Метод Эйлера решения ОДУ первого порядка, его геометрическая интерпретация.
  - 41. Сходимость и точность метода Эйлера.
  - 42. Обобщение метода Эйлера для решения систем ОДУ и уравнений высших порядков.
  - 43. Устойчивость и выбор шага при реализации численных методов.
- 44. Метод Рунге-Кутта решения ОДУ 1-ого порядка, систем ОДУ и уравнений высших порядков.
  - 45. Погрешность метода Рунге-Кутта (апостериорная оценка по правилу Рунге).

#### Контролируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-16.

#### Вопросы для собеседования

- 1. Дать определение абсолютной погрешности приближенного числа.
- 2. Дать определение относительной погрешности приближенного числа.
- 3. Дать определение предельной абсолютной погрешности приближенного числа.
- 4. Дать определение предельной относительной погрешности приближенного числа.
- 5. Сформулировать и доказать теорему о погрешности алгебраической суммы нескольких приближенных чисел.
  - 6. В чем заключается проблема вычитания двух близких приближенных чисел?
  - 7. Как определяется погрешность при перемножении нескольких приближенных чисел?

- 8. Как определяется погрешность при делении двух приближенных чисел?
- 9. Сформулировать и доказать теорему о погрешности функции одной переменной.
- 10. Как изменяется погрешность приближенного числа при возведении его в степень?
- 11. Как изменяется погрешность приближенного числа при извлечении из него корня *n*-ной степени?
  - 12. Сформулировать и доказать теорему о погрешности функции нескольких переменных.
  - 13. Сформулировать достаточное условие существования хотя бы одного корня уравнения внутри отрезка [a,b].
- 14. Сформулировать достаточное условие единственности корня уравнения внутри отрезка [a,b].
  - 15. Какие существуют способы отделения корней уравнения?
  - 16. В чем состоит аналитический способ отделения корней уравнения?
  - 17.В чем состоит графический метод отделения корней уравнения?
- 18.Сформулировать и доказать теорему об оценке модулей корней алгебраического уравнения.
  - 19. В чем заключается задача уточнения корня уравнения с заданной точностью?
  - 20.В чем заключается задача уточнения корня уравнения с заданной точностью?
- 21. Сформулировать достаточное условие существования и единственности корня уравнения внутри отрезка [a,b].
  - 22. Записать формулу, реализующую метод хорд с неподвижным правым концом.
  - 23. Записать формулу, реализующую метод хорд с неподвижным левым концом.
  - 24. Как определяется неподвижный конец отрезка в методе хорд?
  - 25. Дать геометрическую интерпретацию метода хорд.
- 26. При выполнении какого условия итерационный процесс уточнения корня методом хорд можно завершить, так как заданная точность результата будет достигнута?
  - 27. Вывести формулу, реализующую алгоритм вычислений по методу Ньютона.
  - 28. Сформулировать и доказать теорему о достаточном условии сходимости метода Ньютона.
  - 29. Дать геометрическую интерпретацию метода Ньютона.
  - 30. Записать формулу оценки погрешности *n*-ного приближения в методе Ньютона.
  - 31.В чем заключается упрощенный метод Ньютона?
  - 32. Дать геометрическую интерпретацию комбинированного метода хорд и касательных.
- 33.3аписать формулу оценки погрешности на n-ном шаге комбинированного метода хорд и касательных.
  - 34. Из каких основных этапов состоит метод простых итераций?
- 35. Дать геометрическую интерпретацию метода простых итераций для случая  $0 < \varphi'(x) < 1$ .
- 36. Дать геометрическую интерпретацию метода простых итераций для случая  $-1 < \varphi'(x) < 0$ .
  - 37. Дать геометрическую интерпретацию метода простых итераций для случая  $\varphi'(x) > 1$ .
  - 38.В чем заключается достаточное условие сходимости метода простых итераций?
- 39. Сформулировать и доказать теорему о достаточном условии сходимости метода простых итераций.
  - 40. Записать формулу оценки погрешности *п*-ного приближения в методе простых итераций.

- 41. В чем заключается идея метода Гаусса?
  - 42.Из каких основных этапов состоит метод Гаусса?
  - 43. Как реализуется прямой ход в методе Гаусса?
  - 44. Как реализуется обратный ход в методе Гаусса?
- 45.В чем заключается метод исключения Гаусса с выбором главного элемента и полным упорядочиванием?
- 46.В чем заключается метод исключения Гаусса с выбором главного элемента и частичным упорядочиванием?
- 47.В чем заключается вычисление определителя квадратной матрицы на основе метода исключений Гаусса?
  - 48. Чему равен определитель квадратной матрицы треугольного вида?
- 49. Каким образом обращение матрицы сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений?
  - 50.В чем заключается метод полного исключения Жордана Гаусса?
  - 51. Дать определение сходимости в метрических и нормированных пространствах.
  - 52. Дать определение нормы квадратной матрицы.
  - 53. Что такое число (мера) обусловленности матрицы?
  - 54. Дать определение устойчивости решения системы линейных уравнений.
- 55.Записать формулу оценки погрешности решения системы линейных уравнений через меру обусловленности её матрицы.
  - 56.В чем заключается метод простых итераций решения системы линейных уравнений?
- 57. Как преобразовать исходную систему линейных уравнений к виду, удобному для применения метода простых итераций?
  - 58. Сформулировать достаточные условия сходимости метода простых итераций.
- 59.Вывести формулу априорной оценки погрешности решения системы линейных уравнений методом простых итераций.
- 60.Вывести формулу апостериорной оценки погрешности решения системы линейных уравнений методом простых итераций.
  - 61.В чём заключается метод Зейделя решения системы линейных уравнений?
  - 62. Чем метод Зейделя отличается от метода простых итераций?
- 63. Как преобразовать исходную систему линейных уравнений к виду, удобному для применения Зейделя?
  - 64. Сформулировать достаточные условия сходимости метода Зейделя.
  - 65. Сформулировать математическую постановку задачи интерполирования.
    - 66. Что такое интерполирование и экстраполирование функции?
- 67. Доказать существование и единственность интерполяционного многочлена n-ной степени для (n+1) различных узлов интерполяции.
  - 68. Как строится интерполяционный многочлен Лагранжа?
  - 69. Вывести формулу оценки погрешности интерполяции.
  - 70. Что такое вычислительная схема Эйткена?
  - 71. Как строится вычислительная схема Эйткена?
- 72. Сформулировать математическую постановку задачи среднеквадратичного приближения функции.
  - 73. Что называется определителем Грама?
  - 74. Сформулировать и доказать лемму об определителе Грама.
  - 75. Как строится многочлен наилучшего среднеквадратичного приближения?
  - 76. В чем состоит метод наименьших квадратов?
  - 77. Метод наименьших квадратов: вывод для линейной аппроксимации.

- 78. Метод наименьших квадратов: вывод для квадратичной аппроксимации.
- 79. Метод наименьших квадратов: вывод для степенной аппроксимации.
- 80. Метод наименьших квадратов: вывод для экспоненциальной аппроксимации.
- 81. Какие основные идеи лежат в основе построения формул численного интегрирования?
  - 82. Вывести первую формулу прямоугольников.
  - 83. Записать формулу оценки погрешности для первой формулы прямоугольников.
  - 84. Вывести вторую формулу прямоугольников.
  - 85. Записать формулу оценки погрешности для второй формулы прямоугольников.
  - 86. Вывести усложненную формулу прямоугольников.
  - 87. Записать формулу оценки погрешности для усложненной формулы прямоугольников.
  - 88. Что лежит в основе построения формулы трапеций?
  - 89. Вывести формулу трапеций.
  - 90. Записать остаточный член формулы трапеций.
  - 91. Записать формулу оценки погрешности для формулы трапеций.
  - 92. Что лежит в основе построения формулы Симпсона?
  - 93. Вывести формулу Симпсона.
  - 94. Записать остаточный член формулы Симпсона.
  - 95. Записать формулу оценки погрешности для формулы Симпсона.
- 96. Вывести формулу Эйлера для численного решения обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка.
- 97.В чем заключается геометрическая интерпретация метода Эйлера на одном шаге интегрирования?
- 98.В чем заключается геометрическая интерпретация метода Эйлера на всем отрезке интегрирования  $\left[ \mathcal{X}_0, \mathcal{X}_n \right]$ ?
- 99.Построить формулу Эйлера, используя интегральное уравнение, эквивалентное заданному дифференциальному уравнению с начальными условиями.
- 100. Записать выражение для оценки роста ошибки на одном шаге вычислений по формуле Эйлера.
- 101. Записать выражение для оценки погрешности численного решения по формуле Эйлера на любом конечном интервале  $\mathcal{X} \geq \mathcal{X}_0$ .
  - 102. Чему равен порядок точности метода Эйлера на одном шаге вычислений?
- 103. Чему равен порядок точности метода Эйлера на всем отрезке интегрирования дифференциального уравнения?
- 104. Записать формулу Рунге оценивания погрешности численного решения дифференциального уравнения методом Эйлера на одном шаге интегрирования.
- 105. Записать формулу Рунге уточнения численного решения задачи Коши на одном шаге вычислений.
- 106. В чем состоит алгоритм интегрирования дифференциального уравнения с апостериорным выбором шага на основе заданной точности  $\mathcal{E}$ ?
- 107. В чем состоит алгоритм интегрирования дифференциального уравнения с априорным выбором шага на основе заданной точности  $\mathcal{E}$ ?
  - 108. Записать формулу Рунге Кутта четвертого порядка точности.
- 109. В чем состоит алгоритм решения дифференциального уравнения первого порядка методом Рунге Кутта?
  - 110. В чем заключается геометрическая интерпретация метода Рунге Кутта?

- 111. Как строится формула численного решения дифференциального уравнения методом Рунге Кутта?
  - 112. Чему равен порядок точности метода Рунге Кутта на одном шаге вычислений?
- 113. Чему равен порядок точности метода Рунге Кутта на всем отрезке интегрирования дифференциального уравнения?
- 114. В чем заключается метод апостериорной оценки погрешности численного решения дифференциального уравнения методом Рунге Кутта?

Контролируемые компетенции: ОПК-5, ПК-2, ПК-16.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с табл. 2, процедура оценивания представлена в табл. 4 и реализуется поэтапно:

**1-й этап процедуры оценивания:** оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение 1 ОПОП). Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения (табл. 2).

**2-й этап процедуры оценивания:** интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Таблица 3 **Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине** 

No Периодичность и способ Способ учета Вилы Метолы проведения процедуры индивидуальных Наименование выставляемых оценивания оценочного средства оценивания достижений. оценок обучающихся Систематически на Собеседования Журнал учета экспертный баллы лабораторных успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на баллы Журнал учета экспертный лабораторных по лаб. занятию 1 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на экспертный баллы Журнал учета лабораторных по лаб. занятию 2 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на баллы Журнал учета экспертный лабораторных по лаб. занятию 3 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на Журнал учета экспертный баллы лабораторных по лаб. занятию 4 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на баллы Журнал учета экспертный лабораторных по лаб. занятию 5 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на Журнал учета экспертный баллы лабораторных по лаб. занятию 6 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на Журнал учета экспертный баллы лабораторных по лаб. занятию 7 успеваемости, рабочая занятиях Отчет Систематически на экспертный баллы Журнал учета лабораторных по лаб. занятию 8 успеваемости, рабочая занятиях

10 Промежуточная аттестация (вопросы к зачету)	По окончании изучения дисциплины / устно	экспертный	баллы	Рабочая книжка преподавателя, ведомость, зачетная
--	--	------------	-------	---

#### Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Практические занятия, ДКР, КТ, промежуточная аттестация оцениваются по пятибалльной шкале. Конспекты и ТР, оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

#### Шкала оценивания:

«Зачет» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 60% и более оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций 95% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 75% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

«Удовлетворительно» — выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций 60% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«Неудовлетворительно» «Незачет» — выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций менее чем 60% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.

Соответствие критериев оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) системам оценок представлено в табл. 4

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	95-100
4	4	75-94
3	3	60-74
2 и 1	2, Незачет	0-59
5, 4, 3	Зачет	60-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.