

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
факультета цифровых технологий  
Аникуев Сергей Викторович

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ФТД.02 Численный анализ**

09.03.02 Информационные системы и технологии

Системы искусственного интеллекта

бакалавр

очная

## 1. Цель дисциплины

является изучение основных приемов разработки и применения на практике методов решения различных математических задач, возникающих как в теории, так и в приложениях к различным профессиональным областям.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; осуществляет поиск информации; определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи	<b>знает</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия приближённых вычислений: погрешности (входные, погрешности округления и усечения), порядок аппроксимации, нормы и метрики погрешности, условность задачи и числовая устойчивость алгоритма;</li><li>- классические методы аппроксимации и интерполяции (полиномиальная интерполяция, сплайны, метод наименьших квадратов) и критерии выбора аппроксимации;</li><li>- базовые алгоритмы для решения систем линейных уравнений: прямые методы (метод Гаусса, LU-разложение, разложение Холецкого), итерационные методы и их свойства;</li><li>- понятия сходимости, скорость сходимости, оценка вычислительной сложности (асимптотическая оценка операций) и требования к расходу памяти;</li><li>- базовые техники дискретизации и формализации задач (как свести непрерывную задачу к системе уравнений), модель-постановка и критерии адекватности модели;</li><li>- принципы тестирования и проверки численных алгоритмов (контрольные примеры, анализ остатков, проверка на известные решения).</li></ul> <b>умеет</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- анализировать задачу: выделять математические составляющие, оценивать требования по точности и времени, формализовать её в виде численной модели (например, система линейных уравнений, задача аппроксимации, задача оптимизации);</li><li>- осуществлять целенаправленный поиск информации: находить релевантные алгоритмы, библиотеки и эмпирические рекомендации (научные статьи, руководства по библиотекам, справочники); критически оценивать источники</li></ul>

		<p>по критериям достоверности, актуальности и применимости;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ранжировать найденную информацию и варианты решений по критериям: числовая устойчивость, точность, вычислительная сложность, требуемая память, простота реализации и соответствие требованиям задачи;</li> <li>- выбирать и обосновывать метод решения (например: прямой метод для малых плотных систем, итерационный метод + препроцессор для больших разреженных систем);</li> <li>- оценивать и количественно прогнозировать погрешности решения (оценки остатков, нормы, интервалы допустимой ошибки), устанавливать критерии останова итераций;</li> <li>- документировать и аргументировать выбор модели и метода.</li> </ul> <p><b>владеет навыками</b></p> <p>владеть практическими инструментами для поиска и анализа информации: научными базами, документацией библиотек, учебной литературой; уметь использовать критерии качества источников;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть инструментарием для реализации и тестирования численных методов: программирование, умение использовать библиотеки для линейной алгебры (scipy.linalg, scipy.sparse.linalg), визуализации результатов и профилирования кода;</li> <li>- владеть методикой проверки корректности и верификации реализации: построение контрольных примеров, оценка остатков и относительных погрешностей, регрессионные тесты;</li> <li>- владеть приёмами анализа вычислительной сложности и памяти, уметь проводить оценку трудоёмкости и выбирать оптимальные структуры данных (плотные/разреженные матрицы);</li> <li>- владеть навыками подготовки краткого технического отчёта с ранжированием альтернатив решений, оценкой рисков, рекомендациями по внедрению.</li> </ul>
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>УК-1.2 Проводит оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных, в том числе с применением философского понятийного аппарата</p>	<p><b>знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ключевые понятия численного анализа: погрешности, условность задачи, числовая устойчивость алгоритмов, норма и метрические оценки ошибки;</li> <li>- основные принципы верификации и валидации численных методов: проверка на контрольных примерах, оценка остатков, кросс-проверка результатами аналитических решений;</li> <li>- базовые модели и алгоритмы решения систем</li> </ul>

		<p>линейных уравнений (прямые и итерационные методы), их предпосылки и ограничения применимости;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории доказательств и логики: дедукция и индукция, корректность и полнота рассуждений, причинно-следственные связи, критерии корреляции vs. причинности;</li> <li>- основные эпистемологические понятия, применимые в инженерно-научном контексте: понятия истины, обоснованности, фальсифицируемости гипотез, роль идеализации и модельных допущений;</li> <li>- критерии оценки научной/технической информации: авторитет источника, рецензирование, воспроизводимость результатов, статистическая значимость и корректность интерпретации данных.</li> </ul> <p><b>умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системно анализировать задачу и сопутствующую информацию: выделять исходные данные, неявные допущения и требуемые метрики качества решения;</li> <li>- критически оценивать источники информации: проверять рецензируемость, репутацию, наличие репозитория с кодом и данными, подтверждающие эксперименты;</li> <li>- выявлять и формализовать допущения математических моделей, оценивать их влияние на корректность выводов и область применимости результатов;</li> <li>- строить логические умозаключения и аргументацию, отделяя эмпирические факты от интерпретаций и гипотез, применять принципы индуктивного/дедуктивного рассуждения при выводах о модели и решении;</li> <li>- проводить количественную оценку надёжности результатов: вычислять остатки, относительные и абсолютные погрешности, доверительные интервалы; ставить и обосновывать критерии останова итераций;</li> <li>- анализировать чувствительность решения к изменениям входных данных и параметров (sensitivity analysis) и делать обоснованные выводы о устойчивости модели;</li> <li>- обнаруживать возможные источники систематических ошибок и предлагать способы их минимизации.</li> </ul> <p><b>владеет навыками</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть методиками поиска и критической оценки научно-технической информации: использование баз данных, чтение рецензий, проверка репозитория кода/данных;</li> <li>- владеть инструментами для воспроизводимой реализации и верификации вычислений: ноутбуки (Jupyter), системы контроля версий (git), контейнеры (Docker), автоматические</li> </ul>
--	--	---

		<p>тесты и наборы контрольных примеров;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть программными средствами численного анализа для оценки погрешностей, расчёта остатков, профилирования и тестирования;</li> <li>- владеть методиками оформления и аргументации вывода: формулировка предпосылок, изложение доказательной цепочки, обсуждение ограничений и неопределённостей, указание источников и версии использованного ПО/данных;</li> <li>- владеть элементарным философским понятийным аппаратом для аргументации (понятия верификации/фальсификации, индуктивная обоснованность, критерии достаточности доказательства) и уметь применять эти понятия при оценке результатов.</li> </ul>
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>УК-1.3 Использует системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><b>знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы системного подхода: декомпозиция проблемы на подсистемы, идентификация входов/выходов и интерфейсов, учёт взаимодействий и обратных связей;</li> <li>- понятия моделирования: уровни абстракции, идеализация, моделируемые и немоделируемые факторы, критерии адекватности модели;</li> <li>- ключевые положения численного анализа: виды погрешностей, условность задачи, числовая устойчивость алгоритмов, сходимость и оценка ошибок;</li> <li>- классификация методов для систем линейных уравнений (прямые/итерационные), их предпосылки и влияние структуры матрицы на выбор метода;</li> <li>- методы валидации и верификации: контрольные примеры, анализ остатков, тесты чувствительности, стресс-тестирование;</li> <li>- основы инженерного проектирования алгоритмов: требования к масштабируемости, эффективности, надёжности и обслуживаемости.</li> </ul> <p><b>умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системно формализовать прикладную задачу: определить границы системы, входные данные, целевые показатели качества, ограничивающие условия и взаимосвязи между компонентами;</li> <li>- декомпозировать сложную вычислительную задачи на функциональные блоки (модель → численная схема → линейная/нелинейная система → решение, пост-обработка), обосновать последовательность действий;</li> <li>- выбирать метод и архитектуру решения, учитывая системные требования: точность, устойчивость, время выполнения, ресурсы памяти, возможность параллелизации и масштабирования;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- учитывать взаимодействие между компонентами (пример: дискретизация влияет на обусловленность матрицы → выбор препроцессора и итерационного метода);</li> <li>- проводить комплексную проверку решения: верификация реализации, валидация модели на реальных данных, анализ остатков и оценка чувствительности;</li> <li>- выполнять системный анализ рисков: идентифицировать потенциальные источники ошибок (погрешности данных, числовая неустойчивость, неадекватность модели), оценивать их влияние и предлагать меры смягчения;</li> <li>- интегрировать численные алгоритмы в инженерную систему: определять интерфейсы, требования к формату данных, процедуры логирования и мониторинга.</li> </ul> <p><b>владеет навыками</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть методикой построения моделей и конвейера обработки: формализация задачи, выбор схемы дискретизации, постановка системы уравнений, выбор алгоритма решения, тестирование и внедрение;</li> <li>- владеть инструментами проектирования и документирования систем: блок-диаграммы, потоковые схемы, спецификации интерфейсов, требования производительности;</li> <li>- владеть навыками программной реализации с учётом системных требований: модульная архитектура кода, тесты (unit/integration), средства профилирования и оптимизации, контроль версий (git), окружения (Docker);</li> <li>- владеть средствами численного анализа и библиотеками, умением выбирать структуры данных (плотная/разрежённая матрица) и препроцессоры;</li> <li>- владеть приёмами масштабирования и параллелизации численных алгоритмов (MPI, многопоточность, векторизация), оценкой производительности и экономии ресурсов;</li> <li>- владеть практикой воспроизводимости и верификации: хранение наборов тестов и данных, фиксирование версий ПО/параметров, отчёты по валидации.</li> </ul>
--	--	---

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численный анализ» является дисциплиной факультативной части программы. Изучение дисциплины осуществляется в 3 семестре(-ах).

Для освоения дисциплины «Численный анализ» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин:

Ознакомительная практика  
 Высшая математика  
 Теория вероятностей и математическая статистика  
 Теория информационных процессов и систем  
 Технологии программирования Высшая математика

Освоение дисциплины «Численный анализ» является необходимой основой для последующего изучения следующих дисциплин:

Философия  
 Преддипломная практика  
 Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

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

Общая трудоемкость дисциплины «Численный анализ» в соответствии с рабочим учебным планом и ее распределение по видам работ представлены ниже.

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Контактная работа с преподавателем, час			Самостоятельная работа, час	Контроль, час	Форма промежуточной аттестации (форма контроля)
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия			
3	144/4	18	54		72		За
в т.ч. часов: в интерактивной форме		4	8				

Семестр	Трудоемкость час/з.е.	Внеаудиторная контактная работа с преподавателем, час/чел					
		Курсовая работа	Курсовой проект	Зачет	Дифференцированный зачет	Консультации перед экзаменом	Экзамен
3	144/4			0.12			

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

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Количество часов					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций	Код индикаторов достижения компетенций
			всего	Лекции	Семинарские занятия		Самостоятельная работа			
					Практические	Лабораторные				
1.	1 раздел. Введение. Приближенные вычисления.									
1.1.	Приближенные числа и действия над ними, оценка точности вычисления	3	7	1	6			КТ 1	Тест	
2.	2 раздел. Решение систем линейных уравнений									
2.1.	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)	3	7	1	6		8	КТ 1	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа	

2.2.	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	3	8	2	6		10	КТ 1	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.	3 раздел. Модели и алгоритмы решения задач численными методами								
3.1.	Численные методы решения экстремальных задач	3	8	2	6		8	КТ 2	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.2.	Интерполяция функций	3	8	2	6		8	КТ 2	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.3.	Численное интегрирование	3	8	2	6		8	КТ 2	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.4.	Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	3	8	2	6		8	КТ 3	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.5.	Одномерная оптимизация	3	8	2	6		8	КТ 3	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
3.6.	Многомерная оптимизация	3	10	4	6		10	КТ 3	Коллоквиум, Расчетно-графическая работа
4.	4 раздел. Промежуточная аттестация								
4.1.	Промежуточная аттестация	3							
	Промежуточная аттестация	За							
	Итого		144	18	54		68		
	Итого		144	18	54		72		

### 5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка
Приближенные числа и действия над ними, оценка точности вычисления	Приближенные числа и действия над ними, оценка точности вычисления	1/-
Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	1/-
Численное решение нелинейных алгебраических уравнений	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	2/-

и систем		
Численные методы решения экстремальных задач	Численные методы решения экстремальных задач	2/-
Интерполяция функций	Интерполяция функций	2/-
Численное интегрирование	Численное интегрирование	2/-
Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	2/-
Одномерная оптимизация	Одномерная оптимизация	2/-
Многомерная оптимизация	Многомерная оптимизация	4/-
Итого		18

### 5.2.1. Семинарские (практические) занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме

Наименование раздела дисциплины	Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		вид	часы
Приближенные числа и действия над ними, оценка точности вычисления	Вычисление погрешностей результатов арифметических действий над приближёнными числами	Пр	6/-/-
Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	Пр	6/-/-
Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	Пр	6/-/-
Численные методы решения экстремальных задач	Численные методы решения экстремальных задач	Пр	6/-/-
Интерполяция функций	Интерполяция функций	Пр	6/-/-
Численное интегрирование	Численное интегрирование	Пр	6/-/-
Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	Пр	6/-/-
Одномерная оптимизация	Численные методы решения задачи одномерной оптимизации.	Пр	6/-/-
Многомерная	Методы многомерной оптимизации	Пр	6/-/-

оптимизация			
Итого			

### 5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен

### 5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы и/или виды самостоятельной работы	Часы
Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	8
Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	10
Численные методы решения экстремальных задач	8
Интерполяция функций	8
Численное интегрирование	8
Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	8
Численные методы решения задачи одномерной оптимизации.	8
Методы многомерной оптимизации	10

Зачет	4
-------	---

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Численный анализ» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Численный анализ».
2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Численный анализ».
3. Методические рекомендации по выполнению письменных работ (расчетно-графическая работа) (при наличии).
4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения (при наличии)
5. Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) (при наличии).

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	метод. лит. (из п.8 РПД)
1	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Численное решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1	Л3.1
2	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений и систем	Л1.1, Л1.2, Л1.3	Л2.1	Л3.1
3	Численные методы решения экстремальных задач. Численные методы решения экстремальных задач	Л1.2	Л2.1	Л3.1
4	Интерполяция функций. Интерполяция функций	Л1.2	Л2.1	Л3.1
5	Численное интегрирование. Численное интегрирование	Л1.2	Л2.1	Л3.1
6	Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений	Л1.2	Л2.1	Л3.1
7	Одномерная оптимизация. Численные методы решения задачи одномерной оптимизации.	Л1.2	Л2.1	Л3.1
8	Многомерная оптимизация. Методы многомерной оптимизации	Л1.2	Л2.1	Л3.1
9	Промежуточная аттестация. Зачет			

## 7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Численный анализ»

## 7.1. Перечень индикаторов компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2		3		4	
		1	2	3	4	5	6	7	8
УК-1.1:Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; осуществляет поиск информации; определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи	Преддипломная практика								x
	Проектная деятельность			x					
	Проектная работа			x	x				
	Философия				x				
УК-1.2:Проводит оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных, в том числе с применением философского понятийного аппарата	Преддипломная практика								x
	Философия				x				
УК-1.3:Использует системный подход для решения поставленных задач	Высшая математика	x	x						
	Преддипломная практика								x

## 7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Численный анализ» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Численный анализ» проводится в виде Зачет.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

## Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций	Максимальное количество баллов	
3 семестр			
КТ 1	Тест	0	
КТ 1	Коллоквиум	0	
КТ 1	Расчетно-графическая работа	0	
КТ 2	Коллоквиум	0	
КТ 2	Расчетно-графическая работа	0	
КТ 3	Коллоквиум	0	
КТ 3	Расчетно-графическая работа	0	
<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>		<b>0</b>	
Посещение лекционных занятий		20	
Посещение практических/лабораторных занятий		20	
Результативность работы на практических/лабораторных занятиях		30	
<b>Итого</b>		<b>70</b>	
№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций	Максимальное количество баллов	Критерии оценки знаний студентов
3 семестр			
КТ 1	Тест	0	
КТ 1	Коллоквиум	0	
КТ 1	Расчетно-графическая работа	0	
КТ 2	Коллоквиум	0	
КТ 2	Расчетно-графическая работа	0	
КТ 3	Коллоквиум	0	
КТ 3	Расчетно-графическая работа	0	

## Критерии и шкалы оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.

## Критерии и шкалы оценивания ответа на зачете

По дисциплине «Численный анализ» к зачету допускаются студенты, выполнившие и сдавшие практические работы по дисциплине, имеющие ежемесячную аттестацию и без привязки к набранным баллам. Студентам, набравшим более 65 баллов, зачет выставляется по результатам текущей успеваемости, студенты, не набравшие 65 баллов, сдают зачет по вопросам, предусмотренным РПД. Максимальная сумма баллов по промежуточной аттестации (зачету) устанавливается в 15 баллов

Вопрос билета	Количество баллов
Теоретический вопрос	до 5
Задания на проверку умений	до 5
Задания на проверку навыков	до 5

#### Теоретический вопрос

5 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

4 балла заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

3 балла дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

2 балла дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

1 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

#### Задания на проверку умений и навыков

5 баллов Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

4 балла Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами.

2 баллов Задания выполнены с задержкой, письменный отчет с недочетами. Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

1 баллов Задания выполнены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

0 баллов Задания выполнены, письменный отчет не представлен или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

### 7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Численный анализ»

1. Понятие погрешности. Погрешность функции одной и нескольких переменных.
2. Теорема о сходимости простых итераций. Оценка скорости сходимости.
3. Сходимость метода хорд. Оценка его абсолютной погрешности.

4. Теорема о сходимости метода Ньютона решения нелинейного уравнения. Оценка его абсолютной погрешности.
  5. Сходимость метода Ньютона на интервале  $[a; b]$  со специальным выбором начальной точки.
  6. Решение систем линейных уравнений. Метод Гаусса.
  7. Методы квадратных корней.
  8. Схема Халецкого.
  9. Метод итераций.
  10. Число обусловленности и анализ ошибок.
  11. Нахождение собственных значений и собственных векторов матрицы.
  12. Разностный оператор. Повторные разности от многочлена. Разностные уравнения первого и второго порядка.
  13. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
  14. Оценка погрешности интерполяции: погрешность метода и погрешность от начальных данных.
  15. Интерполяционный многочлен Ньютона.
  16. Численное дифференцирование, его погрешность.
  17. Общая задача интерполирования. Теорема о наилучшем среднеквадратичном приближении.
  18. Квадратурные формулы. Интерполяционные квадратурные формулы. Алгебраическая степень точности. Теорема об эквивалентности.
  19. Формулы Ньютона-Котеса. Вывод формул трапеции и Симпсона (с остаточным членом).
  20. Составные формулы квадратур. Составные формулы трапеций и Симпсона (с остаточным членом).
  21. Метод экстраполяции повышения точности квадратурных формул. Правило Рунге.
  22. Квадратурные формулы Гаусса наивысшей степени точности. Лемма 1 (с доказательством).
  23. Квадратурные формулы Гаусса. Теорема о существовании и единственности.
  24. Оценка погрешности квадратурных формул. Функция влияния. Примеры.
  25. Интерполяционные формулы Адамса. Теорема об их погрешностях.
  26. Метод Эйлера решения обыкновенного дифференциального уравнения.
  27. Многошаговые методы численного интегрирования задачи Коши. Методы прогноза.
  28. Многошаговые методы численного интегрирования задачи Коши. Методы коррекции.
  29. Методы Рунге-Кутты численного интегрирования задачи Коши.
  30. Устойчивость явного и неявного метода Эйлера численного решения задачи Коши.
- Понятие «жесткой» системы дифференциальных уравнений.
31. Кусочно-полиномиальная аппроксимация.
  32. Определение сплайна. Кубические сплайны дефекта 1.
  33. Эрмитовы сплайны.
  34. Кривые Безье.

Примерная тематика расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа № 1

Нахождение корней функции.

Задание: Для заданной функции требуется отделить ее действительные корни, уточнить методами простой итерации, половинного деления, хорд и Ньютона.

Порядок выполнения работы:

1. Определить область определения функции.
  2. Задав достаточно большой интервал, получить график функции. По нему попытаться определить интервалы, в которых находятся корни функции.
  3. Для каждого найденного интервала произвести вычисление методами Простой итерации, половинного деления, хорд и Ньютона. Вычисления проводить до достижения точности  $\epsilon = 0.0001$ .
  4. Подсчитать число шагов каждого метода требуемых для достижения заданной точности.
  5. Оформить отчет. Отчет должен содержать пункты 1. - 4.
- График функции должен демонстрироваться так, чтобы были видны все ее корни.

## Расчетно-графическая работа №2

Приближенное вычисление определенного интеграла

Задание: Вычислить определенный интеграл от заданной функции методами левых прямоугольников, трапеций и Симпсона. Оценить и сравнить погрешности.

Порядок выполнения работы:

1. Вычислить аналитически заданный интеграл.
2. Вычислить интеграл методом левых прямоугольников. Найти абсолютную и относительную погрешности. Вычисления провести для  $n=4$  и  $n=10$ .
3. Вычислить интеграл методом трапеций. Найти абсолютную и относительную погрешности. Вычисления провести для  $n=4$  и  $n=10$ .
4. Вычислить интеграл методом Симпсона. Найти абсолютную и относительную погрешности. Вычисления провести для  $n=4$  и  $n=10$ .
5. Сравнить погрешности вычислений разными методами.
6. Оформить отчет.

## Расчетно-графическая работа № 3

Задание: Решить приближенно дифференциальное уравнение  $y' = f(x, y)$ , удовлетворяющее начальному условию  $y(x_0) = y_0$  на отрезке с шагом  $h=0,1$ :

- 1) Методом Эйлера;
- 2) Методом Рунге-Кутты.

Порядок выполнения работы

1. Решить аналитически дифференциальное уравнение (задачу Коши).
2. Решить задачу Коши методом Эйлера.
3. Решить задачу Коши методом Рунге-Кутты 4 порядка.
4. Построить графики полученных решений.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### основная

Л1.1 Рудык Линейная алгебра [Электронный ресурс]:учебное пособие; ВО - Бакалавриат. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 318 с. – Режим доступа: <http://new.znaniium.com/go.php?id=1010102>

Л1.2 Колдаев В. Д., Гагарина Л. Г. Численные методы и программирование [Электронный ресурс]:учеб. пособие для СПО. - Москва: Издательский Дом "ФОРУМ", 2022. - 336 с. – Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/document?id=379465>

Л1.3 Попова С. В., Крон Р. В. Линейная алгебра:электр. учеб. пособие по направлению 35.03.04 "Агрономия". - Ставрополь, 2020. - 3,49 МБ

Л1.4 Тынкевич М. А. Введение в численный анализ [Электронный ресурс]:учеб. пособие; ВО - Бакалавриат. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. - 179 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115170>

### дополнительная

Л2.1 Казарян М. Л., Музаев И. Д. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ [Электронный ресурс]:сб. науч. тр.. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018. - 150 с. – Режим доступа: <http://new.znaniium.com/go.php?id=972756>

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

Л3.1 Гулин А. В., Мажорова О. С. Введение в численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]:учеб. пособие ; ВО - Бакалавриат. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 368 с. – Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog/document?id=390201>

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1		

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).**

*11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения*

1. -

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номер аудитории	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения занятий всех типов (в т.ч. лекционного, семинарского, практической подготовки обучающихся), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации		
		424/НК	Оснащение: специализированная мебель на 40 посадочных мест, стол преподавателя – 1 шт., Sharp 70" Информационный ЖК-дисплей – 1 шт., магнитно-маркерная доска – 1 шт
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования		
		424/НК	Оснащение: специализированная мебель на 40 посадочных мест, стол преподавателя – 1 шт., Sharp 70" Информационный ЖК-дисплей – 1 шт., магнитно-маркерная доска – 1 шт

### 13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Численный анализ» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 926).

Автор (ы)

\_\_\_\_\_ доц. КМ, ктн Крон Роман Викторович

Рецензенты

\_\_\_\_\_ доц. КМ, ктн Гулай Татьяна Александровна

\_\_\_\_\_ доц. КМ, кфмн Захаров Владимир Викторович

Рабочая программа дисциплины «Численный анализ» рассмотрена на заседании Кафедры математики протокол № от г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Крон Роман Викторович

Рабочая программа дисциплины «Численный анализ» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Факультет цифровых технологий протокол № от г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Руководитель ОП \_\_\_\_\_