Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
________________ Иванов А.Г.
подпись

« 01 » июля 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.05 Численные методы

Направление подготовки/
специальность 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Профиль / специализация вычислительные, программные, информационные системы и компьютерные технологии; алгебра, теория чисел и дискретный анализ; математическое и компьютерное моделирование

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины Численные методы составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Программу составил:
С.В. Гайденко, зав. каф. доцент, канд.физ.-матем.наук, доцент
И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание подпись

Рабочая программа дисциплины Численные методы утверждена на заседании кафедры вычислительной математики и информатики
протокол № 1 « 31 » августа 2016 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) Гайденко С.В.
фамилия, инициалы подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры вычислительной математики и информатики
протокол № 1 « 31 » августа 2016 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Гайденко С.В.
фамилия, инициалы подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук
протокол № 1 « 01 » сентября 2016 г.
Председатель УМК факультета Титов Г.Н.
фамилия, инициалы подпись

Рецензенты:

Профессор кафедры прикладной математики
Кубанского государственного университета
кандидат физико-математических наук доцент Кармазин В.Н.

Доктор экономических наук, кандидат
технических наук, профессор кафедры
компьютерных технологий и систем КубГАУ Луценко Е.В.

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель дисциплины: сформировать у студентов представления о численных методах решения основных математических задач на ЭВМ.

1.2 Задачи дисциплины: показать приемы и методы построения дискретных моделей основных задач анализа и дифференциальных уравнений, привить навыки контроля погрешностей и оценки скорости сходимости итерационных методов. Воспитательная задача курса состоит в демонстрации возможностей, доведенных до численного результата математических моделей реальных явлений.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы. Дисциплина ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ относится к базовой части Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана по направлению подготовки «Математика». Для полноценного понимания курса «Численные методы» необходимы знания, умения и навыки, заложенные в курсах математического анализа, линейной алгебры, функционального анализа, и дифференциальных уравнений. Студенты должны быть готовы использовать полученные в этой области знания, как при изучении смежных дисциплин, так и в профессиональной деятельности.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций: ОПК-1, ОПК-4, ПК-5, ПК-7.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1.	ОПК-1	Готовностью использовать фундаментальные знания в области … дифференциальных уравнений, … численных методов, … в будущей профессиональной деятельности	основные численные методы и алгоритмы решения математических задач из разделов: теория аппроксимации, численное интегрирование, линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, иметь представление о	разрабатывать численные методы и алгоритмы, реализовывать эти алгоритмы на языке программирования высокого уровня;	методами и технологиями разработки численных методов для задач из указанных разделов.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
			существующих пакетах прикладных программ.		
2.	ОПК-4	Способностью находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	основные принципы алгоритмизации методов вычислительной математики	формулировать алгоритмы численных методов с помощью блок-схем	техникой программирования на языках высокого уровня алгоритмов вычислительной математики
3.	ПК-5	Способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач.	основные этапы вычислительного эксперимента, принципы построения математических моделей реальных явлений, способы построения дискретных аналогов математических моделей	строить алгоритмы численного решения дискретных моделей, программировать эти алгоритмы на языках высокого уровня, контролировать погрешности вычислений	техникой тестирования и отладки программ, навыками совершенствования математических и компьютерных моделей по результатам тестовых испытаний
4.	ПК-7	Способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний	предметную область, основные факторы ее функционирования, зависимость результата жизнедеятельности системы от параметров управления этой системой	строить математические, дискретные и компьютерные модели управления системами с известными функциональными связями	техникой программной реализации корректно построенных алгоритмов вычислительной математики.

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

(для студентов ОФО)

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			6	7		
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		**136**	**64**	**72**		
Занятия лекционного типа		68	32	36	-	-
Лабораторные занятия		68	32	36	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		10	4	6		
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,2	0,3		
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		44	16	28	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (разработка алгоритма, написание программы и ее отладка, подбор тестовых примеров, тестирование программы)		48	18	30	-	-
Реферат		-	-	-	-	-
Подготовка к текущему контролю		13,8	5,8	8	-	-
Контроль:						
Подготовка к экзамену		35,7	-	35,7		
Общая трудоемкость	**час.**	**288**	**108**	**180**	**-**	**-**
	в том числе контактная работа	**146,5**	**68,2**	**78,3**		
	зач. ед	**8**	**3**	**5**		

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 6-м семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Схема вычислительного эксперимента. Классификация погрешностей.	2	2	-	0	2
2.	Интерполяция и наилучшее приближение; многочлены Чебышева.	54	18	-	20	16
3.	Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений.	22	6	-	6	10
4.	Численное интегрирование.	23,8	6	-	6	11,8
	Итого по дисциплине:		32	-	32	39,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

Разделы дисциплины, изучаемые в 7-м семестре

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Численные методы линейной алгебры.	36	8	-	8	18
2.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	40	12	-	12	16
3.	Численные методы решения основных уравнений математической физики.	44	12	-	12	20
4.	Методы решения интегральных уравнений.	20	4	-	4	12
	Итого по дисциплине:		36	-	36	66

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Схема вычислительного эксперимента. Классификация погрешностей.	Численные методы как составляющая часть вычислительного эксперимента. Источники возникновения и классификация погрешностей. Погрешности арифметических операций.	ЛР Отчет по лабораторной работе: студенты обязаны провести анализ погрешностей в реализованном алгоритме.
2.	Интерполяция и наилучшее приближение; многочлены Чебышева.	Понятие об аппроксимации функций. Задача интерполяции. Интерполяционный многочлен в форме Лагранжа и его остаточный член. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Остаточный член интерполяции в форме Ньютона. Интерполяционные многочлены на равномерных сетках. Многочлены Чебышева. Минимизация погрешности интерполяции. Сходимость интерполяционного процесса. Разделенные разности с кратными узлами. Интерполирование по значениям функции и ее производных в узлах. Понятие о сплайнах. Построение кубического интерполяционного сплайна методом моментов. Метод прогонки решения алгебраической системы с	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет

		трехдиагональной матрицей. Элемент наилучшего приближения в линейном нормированном пространстве. Теорема существования. Единственность в строго нормированном пространстве. Линейная аппроксимация в гильбертовом пространстве. Аппроксимация многочленом в среднем квадратичном. Приближение функции, заданной таблицей своих значений, по методу наименьших квадратов. Наилучшее равномерное приближение многочленом.	преподавателю.
3.	Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений.	Задача отыскания корней нелинейного уравнения. Способы отделения корней. Метод деления отрезка пополам. Метод простой итерации: условия и скорость сходимости. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения: геометрическая интерпретация, условия сходимости и оценка погрешности. Модификации метода Ньютона. Интерполяционные методы решения нелинейных уравнений: метод парабол и обратная интерполяция. Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений.	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет преподавателю
4.	Численное интегрирование.	Постановка задачи численного интегрирования. Цели, определяющие выбор квадратурных узлов и коэффициентов. Интерполяционные квадратуры и их степень точности. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Составные формулы трапеций, Симпсона и «трех восьмых», их погрешности. Главный член погрешности, правило Рунге практической оценки погрешности и увеличения точности квадратуры. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности, их существование при знакопостоянной весовой функции; связь с ортогональными системами многочленов, примеры квадратур для часто встречающихся весовых функций. Сходимость квадратурного процесса. Методы вычисления кратных интегралов. Понятие о методе Монте-Карло.	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет преподавателю
5.	Численные методы	Точные методы решения систем линейных	ЛР Отчет по

	линейной алгебры.	алгебраических уравнений. Схемы реализации метода Гаусса с выбором ведущего элемента. Метод квадратного корня. Обращение матрицы и уточнение приближенной обратной матрицы. Сходимость матричной геометрической прогрессии. Методы простой итерации и Зейделя, условия сходимости. Сведение линейной системы к задаче минимизации квадратичного функционала. Решение вариационной задачи методами покоординатного и градиентного спуска. Понятие о методе сопряженных градиентов. Погрешность приближенного решения алгебраической системы и мера обусловленности. Методы регуляризации плохо обусловленных систем. Частичная проблема собственных значений: оценка спектрального радиуса матрицы, теорема Гершгорина. Спектральные свойства подобных матриц. Обзор методов решения полной проблемы собственных значений, основанных на построении характеристического полинома. Решение полной проблемы собственных значений для симметричной матрицы методом вращений. Преобразование отражения, приведение матрицы к форме Хессенберга. QR -алгоритм.	лабораторной работе: ЛР по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет преподавателю
6.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Понятие о многошаговых и одношаговых методах решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Одношаговый вариант метода рядов: вывод методов Эйлера и предиктор-корректор с оценками погрешностей. Способ Рунге-Кутта построения одношаговых методов. Примеры методов второго-четвертого порядков точности. Распространение этих методов на системы уравнений первого порядка. Правило Рунге практической оценки погрешности и увеличения точности одношаговых методов. Метод стрельбы решения краевой задачи для нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка и для системы двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Разностная аппроксимация первых и вторых производных гладкой функции. Вычислительная неустойчивость формул	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет преподавателю

		численного дифференцирования. Метод конечных разностей решения краевой задачи для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка: построение разностной схемы и ее однозначная разрешимость, оценка погрешности и сходимость метода сеток.	
7.	Численные методы решения основных уравнений математической физики.	Основные понятия теории разностных схем: нормы в пространствах сеточных функций, аппроксимация дифференциальной задачи на решении, сходимость и устойчивость разностной схемы. Связь аппроксимации и устойчивости со сходимостью. Разностные схемы решения задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности: построение и исследование аппроксимации и устойчивости двухслойных схем. Спектральное условие Неймана, неустойчивость трехслойной схемы. Разностные схемы смешанных краевых задач для уравнения теплопроводности. Разностные схемы задачи Коши и смешанных краевых задач для уравнения колебаний струны. Разностная аппроксимация оператора Лапласа. Аппроксимация граничных условий в области, ограниченной криволинейным контуром. Сходимость разностной схемы задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике. Представление о вариационных и проекционных методах решения краевых задач для линейных дифференциальных уравнений в частных производных.	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет преподавателю
8.	Методы решения интегральных уравнений.	Численные методы решения интегральных уравнений Фредгольма второго рода: метод механических квадратур, метод замены ядра на вырожденное. Некорректность интегральных уравнений первого рода. Метод коллокаций численного решения сингулярного интегрального уравнения первого рода.	ЛР Отчет по лабораторной работе: по каждому методу студенты разрабатывают алгоритм решения определенного класса задач, реализуют этот алгоритм на языке высокого уровня, тестируют его работу и представляют отчет

			преподавателю

2.3.2 Занятия семинарского типа не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Схема вычислительного эксперимента. Классификация погрешностей.	Вопрос теоретический. Отдельное лабораторное занятие не предусмотрено.	ЛР При выполнении лабораторных заданий в своем отчете студенты обязаны провести анализ погрешностей в реализованном алгоритме.
2.	Интерполяция и наилучшее приближение; многочлены Чебышева.	Интерполяционный многочлен в форме Лагранжа. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Схема Эйткена вычисления значений интерполяционного многочлена. Интерполяция на равномерной сетке (вперед, назад, с центральными разностями). Интерполяция многочленами Чебышева. Дробно-рациональная интерполяция. Интерполяция кубическими сплайнами. Приближение функции многочленом по методу наименьших квадратов. Приближение функции многочленом в среднем квадратичном.	ЛР В отчете по задачам аппроксимации должна быть указана форма задания приближаемой функции, вид приближающей функции, способ определения расстояния между функциями, анализ погрешностей.
3.	Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений.	Методы решения нелинейных уравнений: дихотомии, простой итерации, Ньютона, секущих, хорд, парабол, обратной интерполяции. Методы Ньютона и простой итерации для нелинейных систем двух уравнений с двумя неизвестными.	ЛР В отчете по методам решения нелинейных уравнений и систем таких уравнений указываются условия на класс функций, задающих уравнения, скорость сходимости метода, условия на выбор начального приближения, контроль точности найденного приближения.
4.	Численное интегрирование.	Методы численного интегрирования: методы Ньютона – Котеса с контролем погрешности по правилу Рунге; методы	ЛР В отчете по формулам Ньютона-Котеса указывается

		наивысшей алгебраической степени точности с конкретными весовыми функциями; метод Монте-Карло.	алгебраическая степень точности квадратуры, порядок погрешности относительно шага у составной квадратуры. Контроль погрешности по правилу Рунге предполагает знание определения главного члена погрешности.
5.	Численные методы линейной алгебры.	Численные методы решения систем алгебраических уравнений. Метод вращений решения проблемы собственных значений для симметричной матрицы.	ЛР В отчете по методу Гаусса объясняется смысл выбора главного элемента и алгоритм реализации выбора. В итерационных методах решения алгебраических систем для тестовых задач должна быть обоснована сходимость метода.
6.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка методом Рунге – Кутта 2-4 порядка с контролем погрешности и автоматическим выбором шага по правилу Рунге. Решение задачи Коши для системы двух дифференциальных уравнений первого порядка тем же методом, что и в предыдущем задании. Решение краевой задачи для системы двух дифференциальных уравнений первого порядка методом стрельбы. Решение линейной краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения методом конечных разностей;	ЛР В отчете по задаче Коши обязательно указание порядка точности выбранного метода с формулировкой определений локальной погрешности и порядка точности одношагового метода. В методе стрельбы должен быть указан пристреливаемый параметр и его точное значение для предложенного студентом тестового примера. В разностной схеме указывается порядок аппроксимации на

			решении дифференциальной задачи.
7.	Численные методы решения основных уравнений математической физики.	Решение конечно-разностным методом одной из краевых задач в частных производных с двумя независимыми переменными для уравнения Пуассона, волнового уравнения или уравнения теплопроводности.	В ЛР отчете по разностным схемам для уравнений в частных производных приводится корректная постановка дифференциальной задачи, постановка ее разностного аналога с указанием порядка аппроксимации на решении и условий сходимости разностной схемы. Данное задание относится к контролируемой самостоятельной работе.
8.	Методы решения интегральных уравнений.	Численное решение линейного интегрального уравнения Фредгольма или Вольтерра второго рода методом механических квадратур.	ЛР В отчете должен быть описан способ построения дискретного аналога интегрального уравнения.

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Изучение лекционного материала; Подготовка отчета по лабораторной работе; Подготовка к зачету и кэкзамену.	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов утвержденные кафедрой вычислительной математики и информатики, протокол № 14 от 14.06.2017 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме аудиофайла;
– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме аудиофайла;
– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Подробные постановки задач для самостоятельной работы студенты получают в очном индивидуальном общении с преподавателем. Очные консультации не составляют проблемы: еженедельно преподаватель работает в аудитории со студентами в среднем по пять часов.

Для лиц с ограниченными возможностями восприятия информации (нарушения зрения либо слуха, а также с нарушениями опорно-двигательного аппарата) возможна видео и аудио запись лекций: лектор имеет привычку все произнесенные слова записывать на доске, а записанные на доске формулы повторять устно.

3. Образовательные технологии

Интерактивные технологии в 6-м семестре предусмотрены в количестве 16 лекционных часов и во всех лабораторных занятиях в объеме 32 часов.

Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
Лекционные занятия	Дискуссия на тему: «Сравнение интерполяционных полиномов в формах Лагранжа и Ньютона» с демонстрацией преимуществ ньютонова представления.	2
	Групповые дискуссии по способам задания аппроксимируемых функций, формам представления аппроксимирующих функций видам метрик, определяющих близость функций.	2
	Дискуссия по вопросу минимизации накопления вычислительных погрешностей в методе Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений. Идея выбора ведущего элемента и возможность контроля невырожденности матрицы.	2
	Анализ постановки задачи дробно-рациональной интерполяции, поиск причины нарушения единственности решения.	2
	Проблемы использования аппроксимирующих полиномов высоких степеней, идея кусочно-полиномиальных приближений. Дискуссия по обеспечению гладкости интерполирующих	2

	кубических сплайнов, подсчет параметров и условий. Мозговой штурм по достижению баланса, идеи задания дополнительных условий.	
	Дискуссия об аппроксимации элементов пространств, наделенных скалярным произведением. Аналогия со школьной теоремой о перпендикулярности прямой и плоскости. Обеспечение условий теоремы об ортогональности, анализ свойств матрицы Грамма.	2
	Дискуссия «Идеи Ньютона и Лейбница выделения линейной части приращения функции–основа итерационных методов решения нелинейных задач»	2
	Дискуссия «Интеграл Римана и его дискретный аналог, учет особенностей подынтегральной функции».	2
Лабораторные занятия	Тренинг на тему: «Интерполяция полиномами элементарных функций» с презентациями кодов программ и тестовых примеров, демонстрирующих влияние неустранимых погрешностей и погрешностей метода.	4
	Эксперименты по интерполированию вперед и назад.	2
	Компьютерная симуляция выявления вырожденных матриц, возможные неудачи из-за вычислительных погрешностей.	2
	Мозговой штурм по корректировке постановки задачи дробно-рациональной интерполяции. Анализ алгебраической системы, рационализация алгоритма заполнения матрицы. Компьютерная симуляция поиска решения для тестового примера.	2
	Математическое моделирование кубической интерполяции сплайнами, первое знакомство с трехдиагональной матрицей. Идеи метода прогонки, тренинг по реализации алгоритма и тестированию метода прогонки.	4
	Компьютерная симуляция аппроксимации в среднем квадратичном тригонометрических функций полиномами.	2
	Компьютерная симуляция аппроксимации сеточных функций полиномами по методу наименьших квадратов. Вычислительный эксперимент с весовыми коэффициентами.	2
	Анализ практических ситуаций по отделению корней скалярных уравнений и систем таких уравнений.	2
	Тренинг по поиску корней скалярных уравнений методами вложенных отрезков: дихотомия и метод секущих.	2
	Компьютерные симуляции итерационных методов решения скалярных уравнений и систем таких уравнений.	4

	Тренинг по численному интегрированию с практическим контролем главного члена погрешности.	2
	Дискуссия «Непрерывные и дискретные случайные величины, их применение в приближенном вычислении многомерных интегралов»	2
	Тренинг «Эффективность метода Монте-Карло в приближенном вычислении двукратных интегралов»	2
Итого		48

Интерактивные технологии в 7-м семестре предусмотрены в количестве 18 лекционных часов и во всех лабораторных занятиях в объеме 36 часов.

Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
Лекционные занятия	Дискуссия «Вычислительная трудоемкость метода Крамера решения алгебраических систем».	2
	Дискуссия о факторизации матриц.	2
	Дебаты о векторных и матричных нормах, критерии и достаточные условия сжимаемого конечномерного линейного оператора.	2
	Дискуссия «Вычисление собственных значений из характеристического уравнения или на основе подобия матриц».	2
	Дискуссия «Как определить границы спектра матрицы на комплексной плоскости».	2
	Дебаты «Дифференциальные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, принципы поиска приближенных решений»	2
	Дискуссия «Метод стрельбы сведения краевой задачи к задаче Коши, идея задания параметра и принцип определения его значения».	2
	Дискуссия «Основные понятия теории разностных схем. Связь аппроксимации, устойчивости и сходимости».	2
	Дискуссия «Вариационные и проекционные методы построения дискретных аналогов дифференциальных задач. Как понимать обобщенное решение?»	2
Лабораторные занятия	Защита индивидуальных проектов по поиску обратной матрицы методом Гаусса и уточнению приближений к обратной матрице.	4
	Вычислительный эксперимент решения алгебраической системы методом квадратного корня.	2
	Вычислительные эксперименты поиска решений алгебраических систем итерационными методами.	2
	Тренинг минимизации функций, связанных с алгебраическими системами: медленная	2

	сходимость – следствие плохой обусловленности матрицы Грамма.	
	Дискуссия «Одношаговые и многошаговые методы приближенного решения задачи Коши, достоинства и недостатки».	2
	Защита индивидуальных проектов приближенного решения задачи Коши для одного уравнения и для системы уравнений с обеспечением заданной точности на основе правила Рунге.	4
	Защита индивидуальных проектов решения краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений методом стрельбы.	2
	Дискуссия «Приближение производных разностными отношениями, погрешность метода и вычислительная неустойчивость».	2
	Защита индивидуальных проектов программной реализации метода сеток для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с краевыми условиями второго рода: двухточечная и трехточечная аппроксимация производных в граничных точках.	4
	Защита индивидуальных проектов численного решения задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности либо для уравнения колебаний струны, исследование необходимого спектрального условия устойчивости Неймана.	2
	Зашита индивидуальных проектов решения нестационарных смешанных задач с помощью неявных разностных схем.	4
	Разбор конкретных ситуаций кусочно-линейных аппроксимаций в методе Ритца, суть метода конечных элементов.	2
	Анализ дискретных аналогов интегральных уравнений. Защита индивидуальных проектов реализации метода механических квадратур для одномерных уравнений Вольтерра и Фредгольма первого и второго родов.	4
Итого		54

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций со студентом при помощи электронной информационно-образовательной среды ВУЗа.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля аттестации

Текущий контроль качества подготовки осуществляется путем проверки теоретических знаний и практических навыков посредством

1) Проверки и приема текущих семестровых заданий и лабораторных работ. Непосредственно на лабораторных занятиях студенты получают от преподавателя индивидуальное задание по конкретному численному методу, пишут программу, отлаживают и тестируют ее под контролем преподавателя. Большая часть лабораторных

заданий приходится на самостоятельную работу: изучение теоретического материала по конспектам лекций и по основным источникам литературы, разработка алгоритма программной реализации метода, отладка программы на каком-либо языке высокого уровня (подбор тестовых примеров также входит в самостоятельную работу).

2) Зачета в конце 6 семестра в форме комплексного лабораторного задания.

Комплексное задание к зачету.

С учетом конкретных методов, реализованных в предыдущих трех заданиях, студент получает индивидуальное задание по решению скалярного уравнения, заданного интегралом, зависящим от параметра. В уравнении также задействована аппроксимация интеграла как функции параметра. Например, «С заданной точностью ε найти корень уравнения $F(x) = L_n(\hat{x})$, где по определению $F(x) = \int_1^x \cos(x + y^2)dy$, $L_n(\hat{x})$ значение в точке $\hat{x}$ многочлена, интерполирующего функцию $F(x)$ по заданной системе узлов $x_0, \ldots, x_n$».

Комплексное задание относится к контролируемой самостоятельной работе. По итогам его выполнения выставляется зачет.

3) Подготовки к экзамену в конце 7 семестра.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Экзаменационные вопросы по лекционному курсу

1. Источники возникновения и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Погрешности функций и арифметических операций.
2. Постановка задачи аппроксимации.
3. Интерполяционный многочлен Лагранжа и его погрешность.
4. Минимизация погрешности интерполирования.
5. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона и его погрешность.
6. Сходимость интерполяционного процесса.
7. Интерполирование с кратными узлами.
8. Аппроксимация функций сплайнами.
9. Элемент наилучшего приближения в линейном нормированном пространстве: определение, существование и единственность.
10. Многочлен наилучшего равномерного приближения.
11. Линейная аппроксимация в гильбертовом пространстве.
12. Приближение функций в среднем квадратичном и по методу наименьших квадратов.
13. Отделение корней и метод простой итерации для нелинейного уравнения.
14. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения, сходимость метода.
15. Модификации метода Ньютона решения нелинейного уравнения.
16. Интерполяционные методы решения нелинейного уравнения.
17. Постановка задачи численного интегрирования.
18. Общая интерполяционная квадратура.
19. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Составная формула трапеций.
20. Квадратурные формулы Симпсона и "трех восьмых".
21. Главный член погрешности, правило Рунге практической оценки погрешности и увеличения точности квадратуры.
22. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности: необходимые и достаточные условия. Существование квадратуры при знакопостоянной весовой функции.

23. Связь квадратур наивысшей алгебраической степени точности с ортогональными системами многочленов.
24. Сходимость квадратурного процесса.
25. Вычисление многомерных интегралов.
26. Схемы метода Гаусса и метод прогонки решения алгебраических систем.
27. Векторные и матричные нормы. Сходимость матричной геометрической прогрессии.
28. Метод простой итерации для систем линейных алгебраических уравнений.
29. Схемы метода Зейделя решения алгебраических систем уравнений.
30. Лемма о доминировании. Сходимость стационарного метода Зейделя.
31. Обращение матрицы и уточнение приближенной обратной матрицы
32. Сведение алгебраических систем к задачам минимизации.
33. Методы минимизации функций нескольких переменных.
34. Мера обусловленности алгебраических систем и матриц.
35. Методы регуляризации плохо обусловленных систем.
36. Определение границ спектра матрицы.
37. Интерполяционный метод развертывания характеристического определителя
38. Метод Данилевского решения проблемы собственных значений.
39. Метод Крылова развертывания характеристического определителя.
40. Метод вращений для решения полной проблемы собственных значений симметричной матрицы.
41. Преобразование отражения. Приведение матрицы к почти треугольному виду.
42. QR-алгоритм решения полной проблемы собственных значений.
43. Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения. Классификация методов. Примеры аналитических методов.
44. Способ Рунге-Кутта построения одношаговых методов решения задачи Коши. Примеры методов.
45. Правило Рунге практической оценки погрешности и увеличения точности одношаговых методов.
46. Метод стрельбы решения краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
47. Основные понятия теории разностных схем. Связь сходимости, аппроксимации и устойчивости разностных схем.
48. Разностная аппроксимация производных. Вычислительная неустойчивость операции численного дифференцирования.
49. Разностная схема для линейного обыкновенного дифференциального уравнения.
50. Явная разностная схема для уравнения теплопроводности, ее аппроксимация и устойчивость.
51. Неявная разностная схема для уравнения теплопроводности, ее аппроксимация и устойчивость.
52. Необходимое спектральное условие устойчивости Неймана.
53. Разностная схема задачи Коши для уравнения колебания струны.
54. Разностные схемы для эллиптических краевых задач: аппроксимация уравнения.
55. Разностные схемы для эллиптических краевых задач: аппроксимация граничных условий.

Примерные задания к экзаменационным билетам

1. Для конкретной функции по заданным узлам выписать интерполяционный многочлен в форме Лагранжа или в форме Ньютона. Оценить погрешность в заданной точке.
2. Для конкретной функции по заданным узлам построить линейный двучлен или квадратный трехчлен, приближающий эту функцию методом наименьших квадратов.

3. Для конкретной функции $f(x) \in L_2(a;b)$ построить линейный двучлен или квадратный трехчлен, приближающий эту функцию в среднем квадратичном.
4. Для конкретного уравнения вида $x = \varphi(x)$ отделить корень и обосновать сходимость или расходимость метода простой итерации.
5. Применить метод Ньютона решения нелинейного уравнения для приближенного вычисления корня арифметического из заданного числа. Указать начальное приближение, для которого метод Ньютона сходится.
6. По целым узлам промежутка интегрирования найти приближенные значения интеграла от конкретной функции с помощью квадратурных формул трапеций и Симпсона. Вычислить погрешность используемых квадратур.
7. Решить методом Гаусса с выбором ведущего элемента заданную линейную алгебраическую систему трех уравнений.
8. Для конкретной системы двух линейных алгебраических уравнений обосновать сходимость или расходимость метода простой итерации.
9. Оценить спектральный радиус конкретной матрицы. На комплексной плоскости изобразить круги Гершгорина для той же матрицы.
10. Способ Рунге – Кутта решения задачи Коши для одного обыкновенного уравнения первого порядка. Примеры: метод Эйлера или любой метод выше первого порядка точности (по выбору студента).
11. Определения локальной погрешности, порядка точности, главного члена погрешности одношагового метода.
12. Практическое применение правила Рунге оценки погрешности одношагового метода.
13. Метод стрельбы решения краевой задачи для уравнения второго порядка или для системы двух уравнений первого порядка.
14. Для конкретной краевой задачи применить формулы разностной аппроксимации первой и второй производных с указанием погрешностей.
15. Явная и неявная разностные схемы задачи Коши или смешанной задачи для уравнения теплопроводности. Порядки погрешностей и условия устойчивости.
16. Разностная схема задачи Коши для уравнения колебаний струны. Погрешность аппроксимации, условие устойчивости.
17. Определения аппроксимации, устойчивости, сходимости разностной схемы. Связь этих понятий.
18. Применить спектральный признак Неймана исследования устойчивости разностной схемы.

Примерные задачи к экзамену

Интерполяция

1. Для функции $f(x) = x^4 + 2x - 3$ по узлам $x_0 = -1; x_1 = 0; x_2 = -1; x_3 = 2$ выписать интерполяционный многочлен в форме Лагранжа. Опираясь на остаточный член интерполяции в форме Лагранжа, оценить погрешность в точке $x = 1$.
2. Для функции $f(x) = \log_2 x$ по узлам $x_0 = 2; x_1 = 4; x_2 = 8$ выписать интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Опираясь на остаточный член интерполяции в форме Лагранжа, оценить погрешность в точке $x = 1$.

Метод наименьших квадратов

1. Для функции $f(x) = x^2 + 3x - 5$ по узлам $x_0 = -2; x_1 = 0; x_2 = 1$ построить линейный двучлен $a_0 + a_1 x$, аппроксимирующий эту функцию по методу наименьших квадратов.

2. Для функции $f(x)=\cos\frac{\pi x}{3}$ по узлам $x_0=1; x_1=0; x_2=-1$ построить линейный двучлен a_0+a_1x, аппроксимирующий эту функцию по методу наименьших квадратов.

Среднеквадратичное приближение

1. Для функции $f(x)=x^2+2x-3$ построить линейный двучлен a_0+a_1x, аппроксимирующий эту функцию в пространстве $L_2(0;1)$, то есть в среднем квадратичном.
2. Для функции $\sin(\pi x)$ построить линейный двучлен a_0+a_1x, аппроксимирующий эту функцию в пространстве $L_2(0;1)$, то есть в среднем квадратичном.

Нелинейные уравнения

1. Для уравнения $x=3-\sin x$ отделить корень и обосновать сходимость метода простой итерации в окрестности корня.
2. Сходится ли метод простой итерации для уравнения $x=\log_{0,5}x$? Ответ обосновать графически.
3. Применить метод простой итерации к поиску корней уравнения $x=x^3$. При каких начальных приближениях метод сходится?
4. На основе метода Ньютона решения нелинейного уравнения построить итерационный процесс для приближенного вычисления $\sqrt[7]{5}$.

Квадратурные формулы

1. С помощью квадратурной формулы трапеций по всем целым узлам промежутка интегрирования найти приближенное значение интеграла $\int_{-1}^{4}\sin\frac{\pi x}{6}dx$.
2. С помощью квадратурной формулы Симпсона по всем целым узлам промежутка интегрирования найти приближенное значение интеграла $\int_{-2}^{4}\cos\frac{\pi x}{6}dx$.

Численные методы алгебры

1. Сходится ли метод простой итерации для системы

$$\begin{cases} x_1=\frac{1}{2}x_1-\frac{1}{3}x_2+1, \\ x_2=\frac{1}{6}x_1+\frac{2}{3}x_2-3? \end{cases}$$

2. Методом Гаусса вычислить матрицу, обратную к заданной матрице третьего порядка.

Разностные схемы

1. Методом Эйлера с шагом 0,1 на отрезке $x\in[0;1]$ построить приближенное решение

задачи Коши $y' = x \cdot y, \quad y(0) = 1.$

2. Показать, что приближенное равенство $y'(x) \approx \dfrac{-3y(x) + 4y(x+h) - y(x+2h)}{2h}$ имеет второй порядок аппроксимации, указать достаточный для этого порядок гладкости функции $y(x)$.

3. Построить разностную схему второго порядка аппроксимации для краевой задачи $y'' + x \cdot y' - 2y = x^3, \quad y(0) = 1, y(1) = 2.$

4. Аппроксимировать задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности с погрешностью второго порядка по обеим переменным. Проверить устойчивость разностной схемы спектральным признаком Неймана.

5. Используя кусочно-линейные элементы, построить аппроксимацию краевой задачи $-u'' + q(x)u = f(x), \quad u(0) = 1, u'(1) = 2$ методом Ритца (Галеркина).

Примерные билеты к экзамену

Билет № 1
по курсу «Численные методы» для направления бакалавриата «Математика»

1. Векторные и матричные нормы. Сходимость матричной геометрической прогрессии.

2. Разностные схемы для эллиптических краевых задач: аппроксимация уравнения.

3. Для функции $f(x) = x^2 + 2x - 3$ постройте линейный двучлен $a_0 + a_1 x$, аппроксимирующий эту функцию в пространстве $L_2(0;1)$, то есть в среднем квадратичном.

Заведующий кафедрой вычислительной

математики и информатики Гайденко С.В.

Билет № 2
по курсу «Численные методы» для направления бакалавриата «Математика»

1. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона и его погрешность.
2. Обращение матрицы и уточнение приближенной обратной матрицы.
3. Показать, что приближенное равенство $y'(x) \approx \dfrac{-3y(x) + 4y(x+h) - y(x+2h)}{2h}$

имеет второй порядок аппроксимации, указать достаточный для этого порядок гладкости функции $y(x)$.

Заведующий кафедрой вычислительной
математики и информатики Гайденко С.В.

Эталон решения практического задания экзаменационного билета

Задача. Сходится ли метод простой итерации для системы

$$\begin{cases} x_1 = \dfrac{3}{4}x_1 - \dfrac{1}{3}x_2 + 1, \\ x_2 = \dfrac{1}{2}x_1 + \dfrac{2}{3}x_2 - 3? \end{cases}$$

Решение. Вычисляем кубическую норму матрицы: $\max\left\{\dfrac{3}{4} + \dfrac{1}{3}; \dfrac{1}{2} + \dfrac{2}{3}\right\} = \dfrac{13}{12} > 1$

Находим октаэдрическую норму матрицы: $\max\left\{\frac{3}{4}+\frac{1}{2};\frac{1}{3}+\frac{2}{3}\right\}=\frac{5}{4}>1$. Поскольку ни одна из вычисленных норм не меньше единицы, то есть достаточное условие сходимости проверить не удалось, то проверяем необходимое и достаточное условие сходимости метода простой итерации: все собственные значения матрицы по модулю должны быть меньше единицы. Составляем характеристическое уравнение матрицы: $\begin{vmatrix} \frac{3}{4}-\lambda & -\frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & \frac{2}{3}-\lambda \end{vmatrix}=\lambda^2-\frac{17}{12}\lambda+\frac{2}{3}=0$ и находим его корни $\lambda_{1,2}=\frac{17}{24}\pm i\frac{\sqrt{95}}{24}$, их модуль равен $\frac{2}{3}$.

Значит, метод простой итерации для данной системы сходится при любом начальном приближении.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Численные методы: учебное пособие для студентов вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков, ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 7-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с. : ил.- Библиогр. : с. 624-628. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 9785996304493.

2. Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 400 с. https://e.lanbook.com/book/537.

3. Основы численных методов учебное пособие / Л.И. Турчак, П.В. Плотников. —

Москва : Физматлит, 2002. — 304 с. https://e.lanbook.com/book/2351.

4. Рябенький, В.С. Введение в вычислительную математику учебное пособие / В.С. Рябенький. — Москва : Физматлит, 2008. — 288 с. https://e.lanbook.com/book/2297.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Университетская библиотека ONLINE».

5.2 Дополнительная литература:

1. Методы вычислительной математики учебное пособие / Г.И. Марчук. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 608 с. https://e.lanbook.com/book/255.
2. Функциональный анализ и вычислительная математика учебное пособие / В.И. Лебедев. — Москва : Физматлит, 2000. — 296 с. https://e.lanbook.com/book/2243.
3. Численные методы. Решения задач и упражнения учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.А. Корнев, Е.В. Чижонков. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 355 с. https://e.lanbook.com/book/90239.
4. Математическое программирование в примерах и задачах учебное пособие / И.Л. Акулич. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. https://e.lanbook.com/book/2027.
5. Численные методы. Курс лекций учебное пособие / В.А. Срочко. — Санкт-Петербург Лань, 2010. — 208 с. https://e.lanbook.com/book/378.
6. Фаддеев, Д.К. Вычислительные методы линейной алгебры учебник / Д.К. Фаддеев, В.Н. Фаддеева.. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 736 с. https://e.lanbook.com/book/400.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web
2. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" http://biblioclub.ru/
3. Электронная библиотечная система издательства "Лань" https://e.lanbook.com/
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» http://www.biblio-online.ru
5. Электронная библиотечная система «ZNANIUM. COM» www.znanium.com
6. Электронная библиотечная система «BOOK.ru» https://www.book.ru
7. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации преподавателям и студентам по составлению и выполнению лабораторных заданий по темам

Все лабораторные задания предполагают написание, отладку и тестирование программы на одном из языков высокого уровня. Требования к программе: информация о решаемой задаче запрашивается в диалоговом режиме, программа должна быть оптимальна по объему вычислений (повторные вычисления полученных ранее величин недопустимы) и по объему памяти (например, в итерационных методах в памяти сохраняются только те члены последовательности, которые необходимы для ее продолжения). Требования к подбору тестовых примеров: простота, отсутствие заметных вычислительных погрешностей и, если возможно, отсутствие погрешности метода, в то же время тестовые примеры должны обладать общностью, достаточной для проверки алгоритма во всех возможных ситуациях.

Непосредственно на лабораторных занятиях студенты получают от преподавателя индивидуальное задание по конкретному численному методу, пишут программу, отлаживают и тестируют ее под контролем преподавателя. Большая часть лабораторных заданий приходится на самостоятельную работу: изучение теоретического материала по конспектам лекций и по основным источникам литературы, разработка алгоритма программной реализации метода, отладка программы на каком-либо языке высокого уровня (подбор тестовых примеров также входит в самостоятельную работу).

Требования к студентам при отчете по лабораторному заданию

1) Аппроксимация функций. По материалам лекционного курса и по литературным источникам сформулировать постановку задачи: исходная информация о приближаемой функции, вид аппроксимирующей функции, понятие близости в выбранном методе аппроксимации, аргументация единственности решения задачи, теоретическая оценка погрешности, возможность практического контроля погрешности. Указать достоинства и недостатки выбранного метода аппроксимации в сравнении с другими методами при том же способе задания приближаемой функции.

2) Численные методы решения скалярных уравнений. Указать вид уравнения и требования к функции, необходимые для применения выбранного метода. Достаточные условия сходимости метода, его теоретическая оценка погрешности, возможность практического контроля сходимости и точности приближенного решения. Сравнение по скорости сходимости выбранного метода с аналогичными методами. В тестовом примере указать способ отделения корней.

3) Методы численного интегрирования. Знание алгебраической степени точности выбранного метода и скорости сходимости как функции количества узлов квадратуры. Указание класса функций, на котором квадратурный процесс сходится. Практическая оценка погрешности выбранного метода на соответствующем классе функций.

4) Численные методы алгебры. Задание одного из двух типов: метод решения алгебраической системы или полная проблема собственных значений.

По алгебраическим системам. В случае точного метода – знание количества арифметических операций, как функции числа уравнений. Способы уменьшения влияния вычислительных погрешностей. Контроль невырожденности матрицы. В случае итерационных методов – знание достаточных условий сходимости метода, возможность их проверки в алгоритме, практическая оценка погрешности.

По проблеме собственных значений в лекционном курсе излагаются как классические методы, основанные на построении характеристического полинома, так и современные методы приведения матрицы преобразованиями подобия к диагональному или треугольному виду. В лабораторных заданиях предлагаются к реализации метод вращений для симметричных матриц и QR-алгоритм для матриц общего вида. Программа должна контролировать погрешность итерационного метода для собственных значений, а также находить соответствующие приближенные собственные векторы.

5) Способ Рунге – Кутта решения задачи Коши для одного обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. К реализации предлагаются методы второго – четвертого порядков точности. В отчете каждый студент должен сформулировать определение понятия локальной погрешности и определение порядка точности одношагового метода, объяснить идею способа Рунге – Кутта построения одношаговых методов. Алгоритм предполагает задание оценки точности метода на шаге, основываясь на которой программа сама формирует сетку по правилу Рунге практической оценки погрешности. Обязательное требование – правый конец отрезка, на котором поставлена задача Коши, должен быть узловой точкой. Это необходимо для последующего применения метода решения задачи Коши к решению краевой задачи методом стрельбы.

6) Метод Рунге – Кутта решения задачи Коши для системы двух уравнений

первого порядка. Модификация предыдущей программы с обобщением расчетных формул на случай системы уравнений первого порядка общего вида.

7) Метод стрельбы решения краевой задачи для системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с краевыми условиями общего вида. В отчете студент должен пояснить идею применения метода решения задачи Коши к решению краевой задачи, в основе которой непрерывная зависимость решения системы от начальных данных. Программа в диалоговом режиме должна помочь пользователю подобрать начальные значения пристреливаемого параметра. Результат работы программы – две сеточные функции решения задачи Коши со значением пристрелянного с заданной точностью параметра.

8) Метод сеток решения дифференциальных задач в частных производных. Данное задание относится к контролируемой самостоятельной работе.

В качестве лабораторных заданий предлагаются задачи Коши или смешанные краевые задачи для уравнения теплопроводности или волнового уравнения с одной пространственной переменной. Желающие могут разработать алгоритм решения краевой задачи для уравнения Пуассона в прямоугольнике. В отчете о выполнении задания обязательно знание определений основных понятий теории разностных схем: аппроксимации, устойчивости, сходимости. Для реализованного метода должны быть указаны условия устойчивости и порядок аппроксимации.

9) Численные методы решения интегральных уравнений. Численные методы решения интегральных уравнений Фредгольма или Вольтерра второго рода: метод механических квадратур, метод замены ядра на вырожденное, Линейная аппроксимация решений кусочно-постоянными либо кусочно-линейными функциями, определение коэффициентов методом коллокаций.

Содержание самостоятельной работы описано выше. Форма контроля – устный отчет преподавателю с демонстрацией работы программы на собственных тестовых примерах и на примерах, предлагаемых преподавателем.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень информационных технологий. Возможно консультирование по электронной почте.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

Список лицензионного программного обеспечения:

1. Microsoft Office Word Professional Plus.
2. Mathcad PTC Prime 3.0
3. Maple 18
4. MATLAB

Список свободно распространяемого программного обеспечения

1. Free Pascal
2. Lazarus
3. Microsoft Visual Studio Community

8.3 Перечень необходимых информационных справочных систем

1.Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web
2. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" http://biblioclub.ru/
3. Электронная библиотечная система издательства "Лань" https://e.lanbook.com/
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» http://www.biblio-online.ru
5. Электронная библиотечная система «ZNANIUM. COM» www.znanium.com
6. Электронная библиотечная система «BOOK.ru» https://www.book.ru
7. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оборудованная обычной доской. Ауд. 303 Н, 308 Н, 505 Н, 507 Н.
2.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный персональными компьютерами с набором базового программного обеспечения разработчика - системы программирования на языках Free Pascal, Lazarus и C/C++ с возможностью многопользовательской работы, математические пакеты Mathcad либо MATLAB, Maple. Ауд. 301 Н,309Н, 316 Н, 320 Н.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Компьютерный класс: ауд. 301 Н, 309Н, 316 Н, 320 Н.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Для текущего контроля компьютерный класс: ауд. 301 Н, 309Н, 316 Н, 320 Н. Для промежуточной аттестации аудитории 302 Н, 303 Н, 308 Н, 505 Н, 507 Н.
5.	Самостоятельная работа	Аудитория, оборудованная доступом к информационным системам библиотеки КубГУ: 108С

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Численные методы» по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (квалификация «бакалавр»), подготовленную заведующим кафедрой вычислительной математики и информатики КубГУ кандидатом физико-математических наук доцентом Гайденко С.В.

Рабочая программа дисциплины «Численные методы» содержит цели и задачи освоения дисциплины, место дисциплины в структуре ООП ВО, требования к результатам освоения содержания дисциплины, содержание и структуру дисциплины, образовательные технологии, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, методические рекомендации студентам и преподавателям.

Название и содержание рабочей программы дисциплины «Численные методы» соответствует учебному плану по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки.

Содержание рабочей программы соответствует уровню подготовленности студентов к изучению данной дисциплины. Успешность изучения дисциплины обеспечивается предшествующей подготовкой студентов по таким дисциплинам, как математический анализ, алгебра, дифференциальные уравнения, функциональный анализ.

Классические методы численного анализа, вычислительные методы алгебры, приближенные методы решения дифференциальных задач и интегральных уравнений отражены в рабочей программе достаточно полно. Современные достижения в области численных методов решения задач алгебры, дифференциальных и интегральных уравнений также представлены в рабочей программе: QR-алгоритм, методы регуляризации плохо обусловленных систем, вариационные и проекционные методы решения краевых задач, сингулярные интегральные уравнения.

Практические занятия по рецензируемой дисциплине стимулируют активную самостоятельную работу студентов: изучение теоретического материала по конспектам лекций и по основным источникам литературы, разработка алгоритма программной реализации метода, отладка программы на каком-либо языке высокого уровня, подбор тестовых примеров.

Рабочая программа нацелена на всестороннюю подготовку высококвалифицированных специалистов, как в теоретическом, так и в и прикладном направлении.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что рабочая программа соответствует государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (квалификация «бакалавр») и может быть рекомендована для высших учебных заведений.

Доктор экономических наук,
кандидат технических наук,
профессор кафедры компьютерных
технологий и систем КубГАУ Луценко Е.В.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Численные методы» по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (квалификация «бакалавр»), подготовленную заведующим кафедрой вычислительной математики и информатики КубГУ кандидатом физико-математических наук доцентом Гайденко С.В.

Рабочая программа дисциплины «Численные методы» содержит:

1. Цели и задачи освоения дисциплины;
2. Место дисциплины в структуре ООП ВО;
3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины;
4. Содержание и структуру дисциплины;
5. Образовательные технологии;
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;
7. Методические рекомендации студентам и преподавателям.

Название и содержание рабочей программы дисциплины «Численные методы» соответствует учебному плану по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки.

Содержание рабочей программы соответствует уровню подготовленности студентов к изучению данной дисциплины. Успешность изучения дисциплины обеспечивается предшествующей подготовкой студентов по таким дисциплинам, как математический анализ, алгебра, дифференциальные уравнения, функциональный анализ.

Классические методы вычислительной математики, численные методы алгебры, методы приближенного решения дифференциальных задач и интегральных уравнений отражены в рабочей программе достаточно полно. Современные достижения в области численных методов решения задач алгебры, дифференциальных и интегральных уравнений также представлены в рабочей программе: QR-алгоритм, методы регуляризации плохо обусловленных систем, вариационные и проекционные методы решения краевых задач, сингулярные интегральные уравнения.

Лабораторные занятия по рецензируемой дисциплине стимулируют активную самостоятельную работу студентов: изучение теоретического материала по конспектам лекций и по основным источникам литературы, разработка алгоритма программной реализации метода, отладка программы на языке высокого уровня, подбор тестовых примеров.

Рабочая программа нацелена на всестороннюю подготовку высококвалифицированных специалистов, как в теоретическом, так и в и прикладном направлении.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что рабочая программа соответствует государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (квалификация «бакалавр») и может быть рекомендована для высших учебных заведений.

Эксперт профессор кафедры
прикладной математики
Кубанского государственного
университета кандидат
физико-математических наук
доцент

Кармазин В.Н.