Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.Б.19 Численные методы»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки)

Общий профиль
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы
Программа академического бакалавриата

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2016

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем
наименование кафедры

протокол № 2 от "8" 09 2016 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем
наименование кафедры *подпись* И.В. Влацкая *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент *должность* *подпись* И.В. Влацкая *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика *код наименование* *личная подпись* И.П. Болодурина *расшифровка подписи*

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
личная подпись И.В. Крючкова *расшифровка подписи*

№ регистрации 39732

© Влацкая И.В., 2016
© ОГУ, 2016

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью изучения дисциплины является формирование готовности бакалавра к проведению вычислительного эксперимента.

Задачи:

- формирование представления о вычислительном эксперименте как о методе исследования сложных процессов и явлений, о перспективах его использования в будущей профессиональной деятельности;
- формирование знаний идей, расчетных формул, алгоритмов, характеристик классических численных методов алгебры, анализа, решения обыкновенных дифференциальных уравнений;
- формирование умений исследования и сопоставления методов в некотором классе учебно-профессиональных задач;
- приобретение опыта выбора оптимального метода для решения поставленной учебно-профессиональной задачи, интерпретации полученных численных результатов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.11 Математический анализ, Б.1.Б.13 Алгоритмы и алгоритмические языки, Б.1.Б.15 Дифференциальные уравнения, Б.1.Б.17 Языки программирования, Б.1.Б.23 Алгебра и геометрия, Б.1.В.ОД.15 Основы объектно-ориентированного проектирования, Б.1.В.ОД.19 Дополнительные главы математического анализа*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.5 Компьютерная графика, Б.1.В.ОД.20 Введение в теорию нечётких множеств и систем, Б.1.В.ДВ.6.2 Численные методы математической физики, Б.1.В.ДВ.7.1 Математическое моделирование социальных и экономических систем*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: • производные и дифференциалы; исследование функции и отыскание экстремальных значений; дифференциальное исчисление функций многих переменных; первообразная функции и неопределенный интеграл; разложение функции одной и двух переменных в ряд Тейлора; непрерывные функции (в том числе теорема о существовании корня непрерывной функции; понятие о Липшиц-непрерывной функции); метрические пространства (основные понятия); • матрицы; определители; решение невырожденных систем линейных алгебраических уравнений; собственные числа и векторы матрицы; • модуль и аргумент комплексного числа, алгебраическая и тригонометрические формы записи комплексного числа и операции над комплексными числами; • основные сведения из теории обыкновенных дифференциальных уравнений, включая теорему о существовании и единственности решения задачи Коши;	ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
• свойства решений уравнения теплопроводности; • типы уравнений в частных производных • представление вещественных чисел и выполнение арифметических операций над ними в ЭВМ; выполнение арифметических действий над нормализованными числами; погрешности представления числовой информации в ЭВМ. **Уметь:** • применять указанные выше знания из области математики и информатики при решении учебных задач. **Владеть:**	
Знать: • перспективы развития численных методов; • сущность и этапы вычислительного эксперимента; • область использования математических моделей и вычислительного эксперимента в его будущей профессиональной деятельности; • эффективные численные методы для стандартных учебно-профессиональных задач. **Уметь:** • провести теоретическое и (или) численное сопоставление численных методов для заданного класса задач; • сформировать модельные (тестовые) задачи для оценки характеристик исследуемого численного метода; • выбрать эффективную платформу программирования для реализации вычислительного эксперимента; • осуществить наглядную визуализацию результатов вычислительного эксперимента, используя соответствующие инструментальные средства. **Владеть:** • технологией программирования численных методов алгебры, анализа, решения дифференциальных уравнений; • основными приемами проектирования и реализации вычислительного эксперимента; • основными приемами исследования численных методов; основными приемами интерпретации и визуализации численных результатов для стандартных учебно-профессиональных задач.	ПК-3 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**144**	**252**
Контактная работа:	**51,25**	**45,25**	**96,5**
Лекции (Л)	34	30	64
Лабораторные работы (ЛР)	16	14	30
Консультации	1	1	2

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям.	**56,75**	**98,75**	**155,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в математическое моделирование и вычислительный эксперимент	2	1			1
2	Численное решение нелинейных уравнений	12	3		2	7
3	Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)	34	10		6	18
4	Итерационные методы решения СЛАУ	14	4		2	8
5	Приближенное решение систем нелинейных уравнений	4	2			2
6	Численные методы решения проблемы собственных значений матрицы.	22	8		2	12
7	Интерполирование и восстановление функций	20	6		4	10
	Итого:	108	34		16	58

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
7	Интерполирование и восстановление функций	8	2		2	4
8	Численное интегрирование и дифференцирование	24	8		4	12
9	Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	22	6		4	12
10	Численное решение уравнений в частных производных	40	14		4	22
7-10	Выполнение индивидуальной исследовательской работы	50				50
	Итого:	144	30		14	100
	Всего:	252	64		30	158

4.2 Содержание разделов дисциплины

1.Введение в математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Вычислительный эксперимент и его этапы; точность вычислительного эксперимента; понятие

погрешности; классификация погрешностей вычислительного эксперимента; требования к вычислительным методам.

2.Численное решение нелинейных уравнений. Постановка задачи численного решения нелинейных уравнений; отделение корней; уточнение корней методами бисекций, Ньютона (касательных), хорд (секущих), простых итераций (расчетные формулы, алгоритм, геометрическая интерпретация, сходимость); сопоставление методов.

3.Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Постановка задачи. Краткие сведения о нормах векторов и матриц. Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений. Устойчивость по правой части, коэффициентная устойчивость и полная устойчивость. Метод Гаусса и его модификации. Матричная запись метода. Определение трудоёмкости метода на основе количества арифметических операций. Применение метода Гаусса к вычислению определителя и обращению матриц. Решение СЛАУ на основе LU-разложения матриц. Связь LU-разложения с методом Гаусса. Вычисление определителя с помощью LU- разложения. Решение СЛАУ со специального вида матрицами: метод скалярной 3 х точечной прогонки; метод квадратных корней. Метод вращений, матричная запись метода вращений. Контроль точности решения СЛАУ. О вычислительных затратах прямых методов. Сопоставление прямых методов решения СЛАУ.

4.Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Общая схема итерационных методов. Необходимые и достаточные условия сходимости. Оценка скорости сходимости. Метод Зейделя, его матричная запись. Условия сходимости. Каноническая форма записи одношаговых итерационных методов. Метод верхней релаксации. Итерационные методы с Чебышевским набором параметров.

5. Приближенное решение систем нелинейных уравнений. Постановка задачи. Метод простых итераций, скорость его сходимости, модификация метода: метод покоординатных итераций. Метод Ньютона, его модификации: сведение к методу простых итераций, двухступенчатый метод, аппроксимационный аналог, разностная (дискретная) модификация

6. Численные методы решения проблемы собственных значений матрицы. Основные определения и сведения из матричной алгебры. Постановка задач полной и частичной проблемы собственных значений. Степенной метод, метод частных Релея, метод скалярных произведений (поиск наибольшего по модулю собственного числа и соответствующего ему собственного вектора). Обратные итерации (поиск наименьшего по модулю собственного числа и соответствующего ему собственного вектора). Преобразование подобия (основные сведения). Итерационный метод вращений Якоби (алгоритм, сходимость) для симметричных матриц. RU-алгоритм(алгоритм, сходимость).QR-алгоритм.

7. Интерполирование и восстановление функций. Постановка задачи интерполирования. Глобальная интерполяция алгебраическими многочленами Лагранжа и Ньютона. Погрешность интерполяции. Сходимость интерполяционного процесса. Интерполирование сплайнами. Эрмитовы интерполяционные кубические сплайны. Нелокальные интерполяционные кубические сплайны (определение, граничные условия, вывод основных формул, алгоритм построения сплайнов, сходимость интерполяционного процесса). Постановка задачи восстановления функций. Этапы построения эмпирической формулы. Метод наименьших квадратов.

8. Численное интегрирование и дифференцирование. Постановка задачи численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы прямоугольников. Погрешность в малом, погрешность в целом. Оценка погрешности формул прямоугольников. Формула трапеции (вывод формул, оценка погрешности, вычисление интеграла с заданной точностью ε). Семейство квадратурных формул Ньютона-Котеса. Погрешность квадратурных формул. Формула Симпсона. Принцип Рунге практического оценивания погрешностей. Устойчивость формул численного интегрирования. Постановка задачи численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования с помощью метода неопределенных коэффициентов. Оценка погрешности формул численного дифференцирования. Устойчивость формул численного дифференцирования.

9. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи. Существование и единственность решения задачи Коши для ОДУ. Разностные методы решения ОДУ: основные понятия: сходимость, точность, порядок точности, ошибка аппроксимации на точном решении, порядок аппроксимации; технология определения порядка аппроксимации. Метод Эйлера и метод предиктор-корректор: алгоритмы построения и реализации,

исследование ошибки аппроксимации на точном решении, сопоставление методов по эффективности. Методы Рунге-Кутта: историческая справка, основная идея, алгоритм их построения. Получение расчетных формул для метода Рунге-Кутта второго порядка точности. Примеры методов Рунге-Кутта 3 и 4 порядков точности. Исследование сходимости численного решения на последовательности разностных сеток.

10. Численное решение уравнений в частных производных. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, сходимость, устойчивость. Построение и исследование простейших сеточных задач.

Модельное уравнение конвективного переноса. Интерпретация, краевые задачи, свойства решений. Построение конечно-разностных схем: явных (ориентированные уголки, Лакса, «крест», «чехарда») и неявных (ориентированные уголки, «прямоугольник», четырех и шеститочечная). Исследование их свойств, дополнительные сеточные граничные условия, алгоритмы реализации сеточных уравнений. Сопоставление явных и неявных разностных схем. Качественные свойства схем первого порядка точности, регуляризация схем второго порядка точности. Практические расчеты. Исследование сходимости схем на последовательности сеток. Особенности решения квазилинейного уравнения конвективного переноса.

Модельное уравнение диссипации, конвекции, кинетики. Интерпретация, краевые задачи, свойства решений. Основные аппроксимации уравнения: явные схемы (традиционные четырехточечные схемы, схема Дюфорта-Франкела), неявные схемы (четырех и шеститочечные схемы: схема с «весами», двухшаговая, двухслойная схема с хорошими стабилизирующими свойствами; трехслойная схема), расщепление по физическим процессам; исследование их свойств, алгоритмы численной реализации. Моделирование вычислительного эксперимента, исследование сходимости получающегося решения. Стабилизирующие свойства схем для уравнения теплопроводности. Особенности решения задач с малым параметром при старшей производной.

Нестационарные задачи с двумя пространственными переменными. Постановки краевых задач. Схемы метода переменных направлений и метода расщепления. Исследование их свойств, алгоритмы численной реализации. Технология проведения вычислительного эксперимента.

Двумерные стационарные задачи. Разностная аппроксимация задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Методы решения сеточной задачи. Использование принципа установления для решения стационарных задач.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Численное решение нелинейных уравнений	2
2	3	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений на основе метода Гаусса и LU-алгоритма. Вычисление определителя матрицы. Построение обратной матрицы	4
3	3	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений методом скалярной трехточечной прогонки	2
4	4	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений методом Зейделя	2
5	5	Численные методы решения частичной проблемы собственных значений матрицы	2
6	6	Интерполирование функции одной переменной	4
7	6	Восстановление функции методом наименьших квадратов	2
8	7	Численное интегрирование и дифференцирование	4
9	8	Численное решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения	4
10	9	Численное решение уравнений в частных производных	4
		Итого:	30

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Бахвалов, Н. С. Численные методы: учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; МГУ им. М. В. Ломоносова.- 6-е изд. - М. : Бином, 2008. - 636 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-94774-815-4.

5.1.2 Пименов, В.Г. Численные методы: учебное пособие : в 2 ч. / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ю.А. Меленцова. -Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - Ч. 2. - 107 с. : ил., табл., схем. -Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-7996-1342-6 [Электронный ресурс]. -URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819

5.1.3 Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск :Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. - ISBN 978-5-7638-2498-8 [Электронный ресурс]. – URL:https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=229271

5.1.4 Петухова, Т.П. Диагностические средства для оценки готовности студентов к проведению вычислительного эксперимента. Часть 1 Тестовые задания: учеб.пособие/ Т.П. Петухова, Е.А. Шнякина. – Оренбург. ООО «НикОс», 2011. – 180 с. - ISBN 987 – 5-4417-0005-4

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Самарский, А. А. Численные методы математической физики: учеб.пособие / А. А. Самарский, А. В. Гулин.- 2-е изд. - М. : Научный мир, 2003. - 316 с. - Библиогр.: с. 311-312.- Предм. указ.: с. 313-315. - ISBN 5-89176-196-3.

5.2.2. Костомаров, Д. П. Вводные лекции по численным методам : учеб.пособие для вузов / Д. П. Костомаров, А. П. Фаворский. - М.: Логос, 2006. - 184 с. : ил.. - (Классический университетский учебник). - Предм. указ.: с. 181-182. - Имен. указ.: с. 183. - Библиогр.: с. 184. - ISBN 5-98704-160-0.

5.2.3 Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях: учеб.пособие / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - М. :Высш. шк., 2000. - 190 с. - (Высшая математика) - ISBN 5-06-003684-7.

5.2.4 Численные методы в информационных системах: учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, М.А. Ивановский и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет», 2012. - 135 с. : ил. - [Электронный ресурс]. -URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277634

5.2.5 Пантина, И. В. Вычислительная математика [Электронный ресурс] : учебник / И. В. Пантина, А. В. Синчуков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МФПУ Синергия, 2012. - 176 с. - (Университетская серия). - ISBN 978-5-4257-0064-3 [Электронный ресурс]. - URL:http://znanium.com/go.php?id=451160

5.2.6 Вержбицкий, В. М. Численные методы: мат. анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения: учеб.пособие для вузов/ В. М. Вержбицкий.- 2-изд., испр. - М.: Оникс 21 век, 2005. - 400 с. - ISBN 5-329-01111-6.

5.2.7 Вержбицкий, В. М. Численные методы: линейная алгебра и нелинейные уравнения / В. М. Вержбицкий.- 2-е изд., испр. - М.: Оникс 21 век, 2005. - 432 с. - ISBN 5-329-01110-8.

5.3 Периодические издания

Периодические издания не используются

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 Библиотека международного научно-образовательного сайта EqWorld. Мир математических уравнений. Режим доступа: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm;

5.4.2 Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9+%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7;

5.4.3 Интернет-университет информационных технологий. Комплекс бесплатных учебных курсов INTUIT.RU (версия 1.0). Курс «Численные методы» Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/2317/617/info

5.4.4 Интернет-университет информационных технологий. Комплекс бесплатных учебных курсов INTUIT.RU (версия 1.0). Курс «Основы вычислительной математики» Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/1083/324/info

5.4.5 Интернет-университет информационных технологий. Комплекс бесплатных учебных курсов INTUIT.RU (версия 1.0). Курс «Современные численные методы в объектно-ориентированном изложении на C#» Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/671/527/info

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.5.1. Операционная система Microsoft Windows текущей версии. Доступна в рамках подписки Microsoft DreamSpark Premium. Разработчик: компания Microsoft. Режим доступа: https://e5.onthehub.com/WebStore/ProductsByMajorVersionList.aspx?cmi_mnuMain=bdba23cf-e05e-e011-971f-0030487d8897&ws=58727022-4bac-e211-88b7-f04da23e67f4&vsro=8

5.5.2. Офисный пакет Microsoft Office (Word, Excel, Power Point) текущей версии. Доступен в рамках лицензионного соглашения OVS-ES. Разработчик: компания Microsoft. Режим доступа: https://products.office.com/en/home

5.5.3. Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio текущей версии. Доступно бесплатно в рамках лицензионного соглашения Visual Studio Community. Разработчик: компания Microsoft. Режим доступа https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/community/

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерными и мультимедийными средствами. Рабочие станции студентов и преподавателя объединены в локальную компьютерную сеть с возможностью выхода в Интернет.

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием.

Лабораторные занятия проходят в компьютерных классах, в которых установлено оборудование:

- системные блоки модели Intel Pentium Core 2 Duo;
- мониторы модели Samsung 793 DF.

Аудитория для самостоятельной работы обучающихся оснащена компьютерной техникой, с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.