Минобрнауки России

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

Кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.15 Численный анализ»

Уровень высшего образования

СПЕЦИАЛИТЕТ

Специальность
10.05.01 Компьютерная безопасность
(код и наименование специальности)

специализация №3 «Разработка защищенного программного обеспечения»
(наименование направленности (профиля)/специализации образовательной программы)

Квалификация
Специалист по защите информации

Форма обучения
Очная

Год набора 2022

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.15 Численный анализ*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем
наименование кафедры

протокол № 7 от "14" марта 2022г.

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

Исполнители:
доцент — К.Р. Джукашев
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по специальности
10.05.01 Компьютерная безопасность — И.В. Влацкая
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
Н.Н. Бигалиева
личная подпись *расшифровка подписи*

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

№ регистрации 149119

©Джукашев К.Р., 2022
© ОГУ, 2022

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:
формирование готовности специалиста 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 и уравнений в частных производных;
- формирование умений по исследованию и сопоставлению осваиваемых 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 Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.6 Математический анализ, Б1.Д.Б.7 Алгебра, Б1.Д.Б.14 Дифференциальные уравнения*

Постреквизиты дисциплины: *Б2.П.Б.У.1 Ознакомительная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-2 Способен применять программные средства системного и прикладного назначений, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2-В-4 Умеет применять типовые программные средства сервисного назначения, офисные программы, средства информационного поиска и обмена данными в сети Интернет ОПК-2-В-5 Умеет применять основные методы программирования в выбранной операционной среде	**Знать:** • представление вещественных чисел и выполнение арифметических операций над ними в ЭВМ; • выполнение арифметических действий над нормализованными числами; • погрешности представления числовой информации в ЭВМ.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		• область использования математических моделей и вычислительного эксперимента в его будущей профессиональной деятельности; • эффективные численные методы для решения стандартных учебно-профессиональных задач. **Уметь:** • спроектировать вычислительный эксперимент для поставленной задачи (исследуемой проблемы); • провести исследование выбранного численного метода; • провести теоретическое и (или) численное сопоставление численных методов для заданного класса задач; • выбрать эффективную платформу программирования для реализации вычислительного эксперимента; • осуществить наглядную визуализацию результатов вычислительного эксперимента, используя соответствующие инструментальные средства. **Владеть:** • технологией про-

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		граммирования 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.
ОПК-3 Способен на основании совокупности математических методов разрабатывать, обосновывать и реализовывать процедуры решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3-В-14 Знает основные положения теории функций одной и нескольких переменных, методы дифференциального и интегрального исчисления, методы исследования числовых и функциональных рядов ОПК-3-В-15 Умеет обосновывать методы математического анализа при решении профессиональных задач ОПК-3-В-16 Владеет навыками использования справочных материалов по математическому анализу	**Знать:** • основные идеи, расчетные формулы, алгоритмы, условия применения, оценки погрешности / ошибки аппроксимации, устойчивости и скорости сходимости (для итерационных методов) для численных методов следующих классов задач: • решения нелинейных уравнений (метод бисекций, метод Ньютона, метод хорд, метод простых итераций); • решения систем линейных алгебраических уравнений (далее - СЛАУ): прямые методы (метод Гаусса, LU-алгоритм, метод скалярной 3-х точечной прогонки) и итерационные методы (метод Зейделя, метод

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		верхней релаксации, итерационные методы с Чебышевским набором параметров); • решения частичной проблемы собственных значений матрицы (степенной метод, метод скалярных произведений и метод частных Релея); • решения полной проблемы собственных значений (итерационный метод вращения Якоби, LR-алгоритм); • интерполирования таблично заданной функции (алгебраическими многочленами Лагранжа и Ньютона; нелокальными кубическими сплайнами); • восстановления функций (метод наименьших квадратов); • интегрирования (формулы левых, правых, средних прямоугольников, трапеции, Симпсона; общий вид формул Ньютона-Котеса); • дифференцирования (формулы вычисления первой производной таблично заданной функции с первым и вторым порядками точности, формулы вычисления второй производной); решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (далее - ОДУ) (метод Эйлера, предиктор-корректор, методы Рунге-Кутта); численное решение краевой задачи, задачи Дирихле, одномерной

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		задачи теплопроводности. **Уметь:** • выбрать дискретную модель для решения учебной математической задачи; • оценить погрешность и исследовать иные характеристики используемого численного метода; • провести теоретическое и (или) численное сопоставление численных методов для заданного класса задач; • сформировать модельные (тестовые) задачи для оценки характеристик исследуемого численного метода; • спроектировать вычислительный алгоритм для решения учебной математической задачи; • разработать программу реализации вычислительного алгоритма; • осуществить интерпретацию полученного результата, используя различные формы его представления (графики, таблицы, диаграммы и т.д.). **Владеть:** • основными приемами исследования численных методов; технологией выбора численного метода для решения определенного класса задач

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**84,25**	**84,25**
Лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	50	50
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и зачету*	**59,75**	**59,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в вычислительную математику	2	2	0	0	0
2	Численное решение нелинейных уравнений	14	4		4	6
3	Прямые методы решения СЛАУ	28	6		10	12
4	Итерационные методы решения СЛАУ	10	2		4	4
5	Проблема собственных значений матрицы. Численные методы ее решения	14	4		4	6
6	Интерполирование и восстановление функций	20	4		8	8
7	Численное интегрирование и дифференцирование	14	4		4	6
8	Численное решение дифференциальных уравнений.	42	8		16	18
	Итого:	144	34		50	60
	Всего:	144	34		50	60

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 методов, их сопоставление).

3. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). 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. LU –алгоритм. Определение трудоёмкости. Контроль точности решения СЛАУ. Вычисление определителя матрицы и обращение матриц. Метод скалярной 3х точечной прогонки. Для каждого метода: основные идеи, расчетные формулы, алгоритм, условия применения

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

5. Проблема собственных значений матрицы. Численные методы ее решения. 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.

6. 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.

Постановка задачи восстановления функций. Этапы построения эмпирической формулы. Метод наименьших квадратов.

7. Численное интегрирование и дифференцирование. Постановка задачи численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы прямоугольников. Погрешность в малом, погрешность в целом. 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.

8. Численное решение дифференциальных уравнений. Численные методы решения задачи Коши. Постановка задачи. Метод Эйлера, метод предиктор-корректор, методы Рунге-Кутта. Оценка ошибки аппроксимации на точном решении. Исследование сходимости численного решения на последовательности разностных сеток.

Численные методы решения краевых задач. Постановка задачи. Метод стрельбы. Метод Ньютона. Метод разностной прогонки.

Численные методы решения уравнений математической физики. Задача Дирихле. Постановка задачи. Численное решение задачи Дирихле. Одномерное уравнение теплопроводности. Постановка задачи. Явное и неявное численное решение.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Численное решение нелинейных уравнений	4

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
2	3	Прямые методы решения СЛАУ. Метод Гаусса, LU-алгоритм. Вычисление определителя матрицы. Построение обратной матрицы	8
3	3	Прямые методы решения СЛАУ. Метод скалярной 3-точечной прогонки.	2
4	4	Итерационные методы решения СЛАУ. Метод Якоби и Гаусса-Зейделя	4
5	5	Решение проблемы собственных значений	4
6	6	Сплайн-интерполяция функции одной переменной	4
7	6	Восстановление функции методом наименьших квадратов	4
8	7	Численное интегрирование	4
9	8	Численное решение задачи Коши для ОДУ	4
10	8	Численное решение краевой задачи	4
11	8	Численное решение задачи Дирихле	4
12	8	Численное решение одномерного уравнения теплопроводности	4
		Итого:	50

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков.- 2-е изд. - М. : Лаборатория базовых знаний, 2001. - 632 с. : ил. - (Технический университет) - ISBN 5-93208-043-4.

2. Зализняк В. Е. Теория и практика по вычислительной математике : учебное пособие [Электронный ресурс] / Зализняк В. Е., Щепановская Г. И. - Сиб. федер. ун-т, 2012. Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=100676 (дата обращения: 29.04.2022.

3. 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

5.2 Дополнительная литература

1. **Самарский, А. А. Численные методы математической физики** [Текст] : 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.

2. **Костомаров, Д. П. Вводные лекции по численным методам** [Текст] : учеб. пособие / Д. П. Костомаров, А. П. Фаворский; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - М. : Логос, 2004. - 184 с. : ил. - (Классический университетский учебник). - Библиогр.: с. 184. - Предм. указ.: с. 181-183 . - ISBN 5-94010-286-7.

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

5.3 Периодические издания

Периодические издания не используются

5.4 Интернет-ресурсы

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

2 Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Режим доступа: http://window.edu.ru;

3 Интернет-университет информационных технологий. Комплекс бесплатных учебных курсов INTUIT.RU (версия 1.0). Режим доступа: http://www.intuit.ru

4 Пименов В.Г. Численные методы. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пименов В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 112 с.— Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006766368/ (дата обращения: 29.04.2022). - Национальная электронная библиотека

5 Пименов В.Г. Численные методы. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пименов В.Г., Ложников А.Б.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 108 с.— Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000021803/ (дата обращения: 29.04.2022). - Национальная электронная библиотека

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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

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

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный компьютерами с операционной системой Windows текущей версии с установленным пакетом офисных программ и интегрированной средой разработки ПО.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.