

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.33
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Обратные и некорректные задачи

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)

Компьютерные технологии и математическое моделирование

Форма обучения: очная

Год набора: 2023

Общая трудоемкость 5 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	5	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	32	32
Лабораторные	-	-
Практические	32	32
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0.35	0.35
Контактная работа	64,35	64,35
Самостоятельная работа	80	80
Контроль	35,65	35,65
Итого	180	180

Рабочую программу составил(и):

Профессор кафедры ПМИ, доцент, д.ф.-м.н. С.В. Талалов

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2027 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Прикладная математика и информатика»

(протокол заседания № 1 от «30» августа 2022 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель – освоить простейшие методы решения некорректных (по Адамару) и обратных задач математической физики.

Задачи:

1. Получить представление о практических задачах науки и техники, математическое решение которых является некорректным в смысле Адамара;
2. Освоить математический аппарат, необходимый для решения таких задач;
3. Получить навыки компьютерного исследования обратных задач, некорректных по Адамару, но корректных по Тихонову.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – линейная алгебра и аналитическая геометрия, математический анализ, дифференциальные уравнения.

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – выпускная квалификационная работа.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК -2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1 Знает математические основы программирования и языков программирования.	Знать: математические основы программирования и языков программирования. Уметь: разрабатывать программы на основе построенного алгоритма Владеть: технологией разработки программ на языке программирования
	ОПК-2.2 Умеет использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.	Знать: математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач Уметь: использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач Владеть: навыками использования существующих математических методов и систем программирования для решения прикладных задач
	ОПК-2.3. Владеет навыками применения данного	Знать: математический аппарат для решения конкретных задач Уметь: разрабатывать алгоритмы и

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	математического аппарата при решении конкретных задач.	реализовывать их на языке программирования Владеть: использования математического аппарата для решения конкретных задач

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1. Введение. Понятие о корректных и некорректных задачах.	Л	Тема 1. Прямые и обратные задачи математической физики. Корректность задачи по Адамару. Примеры некорректных по Адамару задач.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 1 -4
	Пр	Тема 1. Прямые и обратные задачи математической физики. Корректность задачи по Адамару. Примеры некорректных по Адамару задач.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 1 -4
Раздел 2. Избранные разделы функционального анализа с приложениями к вычислительной математике	Л	Тема 1. Нормированные, метрические и евклидовы функциональные пространства. Применение различных норм в вычислительной математике.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 5 -22
	Пр	Тема 1. Нормированные, метрические и евклидовы функциональные пространства. Применение различных норм в вычислительной математике.	5	2	20	-	Практическое задание №1 Вопросы к экзамену № 5 -10
	Л	Тема 2. Линейные операторы в гильбертовых пространствах. Примеры: линейные дифференциальные и интегральные операторы.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 25 -28, 31 -34
	Пр	Тема 2. Линейные операторы в гильбертовых пространствах. Примеры: линейные дифференциальные и интегральные операторы.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 28 -34

Раздел 3. Некорректные задачи для дифференциальных операторов второго порядка.	Л	Тема 1. Прямая и обратная задача Штурма –Лиувилля	5	4	-	-	Вопросы к экзамену № 41,42
	Пр	Тема 1. Прямая и обратная задача Штурма –Лиувилля		6	20		Практическое задание №2
	Л	Тема 2. Примеры вычисления спектра операторов. Дискретный спектр оператора Штурма – Лиувилля: метод «стрельбы»	5	6	-	-	Вопросы к экзамену № 35 -40
	Пр	Тема 2. Примеры вычисления спектра операторов. Дискретный спектр оператора Штурма – Лиувилля: метод «стрельбы»	5	8	30	-	Практическое задание №3
Раздел 4. Методы решения обратных задач	Л	Тема 1. Невязка, ее минимизация. Градиентный метод поиска экстремума функции многих переменных	5	4	-	-	Вопросы к экзамену № 48,49
	Пр	Тема 1. Невязка, ее минимизация. Градиентный метод поиска экстремума функции многих переменных	5	4	-	-	Вопросы к экзамену № 48,49
	Л	Тема 2. Теория возмущений для спектральной задачи Штурма – Лиувилля.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 43 -47
	Пр	Тема 2. Теория возмущений для спектральной задачи Штурма – Лиувилля.	5	2	20	-	Практическое задание №4
	Л	Тема 3.Решение обратной задачи Штурма – Лиувилля методом подбора. Минимизация невязки градиентным методом	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 50 -54
	Пр	Тема 3.Решение обратной задачи Штурма – Лиувилля методом подбора. Минимизация невязки градиентным методом	5	2	10	-	Практическое задание №5

Раздел 5. Некорректные задачи для вполне непрерывных интегральных операторов.	Л	Тема 1. Компактные операторы. Свойства собственных чисел вполне непрерывных операторов (на примере интегральных). Основные положения теории интегральных уравнений Фредгольма.	5	2	-	-	Вопросы к экзамену № 23,24,29,30
	Пр	Тема 1. Компактные операторы. Свойства собственных чисел вполне непрерывных операторов (на примере интегральных). Основные положения теории интегральных уравнений Фредгольма.	5	2	-	-	Вопросы к зачету № 23,24,29,30
	Л	Тема 2. Некорректность при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода. Способы решения некорректной задачи при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода. Передаточная функция. Алгоритм Ландвебера.	5	2	-	-	Вопросы к зачету № 55 - 62
	Пр	Тема 2. Некорректность при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода. Способы решения некорректной задачи при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода. Передаточная функция. Алгоритм Ландвебера.	5	2	-	-	Вопросы к зачету № 55 - 62
Раздел 6. Задачи компьютерной томографии и методы их решения	Л	Тема 1. Постановка задач компьютерной томографии. Преобразование Радона. Связь с преобразованием Фурье. Сведение задачи компьютерной томографии к интегральному уравнению	5	4	-	-	Вопросы к зачету № 63 - 67
Итого:				64	100		

Схема расчета итогового балла:

Сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе + результаты итогового тестирования), разделённая на 2 + ББ.

5. Образовательные технологии.

Традиционные технологии. Чтение лекций, проведение практических занятий в компьютерном классе.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Необходимо регулярно изучать теоретический материал, представленный в лекциях. Практические задания большей частью выполняются в виде самостоятельной работы, на контактных часах проходит доводка программ, демонстрация результата преподавателю, коонсультации с преподавателем, сдача практической работы.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ОПК-2	Тестовые задания №..1 - 5 Вопросы к экзамену №...1 – 67 Итоговое тестирование через ОТ

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Типовые примеры заданий

Практическое задание №1 (20 баллов). Аппроксимация кусочно-постоянной функцией кусочно-гладкой функции, заданной на конечном интервале. Точность аппроксимации по указанной норме считать известной.

Типовой пример задания

На отрезке $[-1,1]$ дана функция $y(x) = 5(x^2 - 1)$. Аппроксимировать данную функцию кусочно-постоянной (т.е. постоянной на полуинтервалах $[x_i, x_{i+1})$, где $x_i, i = 1, \dots, M$ – некоторое разбиение отрезка $[-1,1]$) функцией. Аппроксимацию выполнить с относительной точностью $\epsilon = 1\%$ по норме пространства $L_2[-1,1]$.

Критерии оценки:

Максимальный балл - представлена действующая программа на языке Python 3.X. При запуске и пользовательском вводе числа ϵ программа должна: 1. Выводить график данной функции $y(x)$; 2. Выводить (в том же масштабе) график аппроксимирующей функции; 3. Выводить число M . Баллы снимаются соответственно невыполненному объему.

Практическое задание №2 (20 баллов). Вычисление дискретного спектра оператора Штурма –Лиувилля в пространстве $L_2[a,b]$ в простейших случаях (коэффициентная функция $u(x) = \text{const}$) при заданных граничных условиях, с заданной точностью ϵ .

Типовой пример задания

Найти собственные значения оператора $L = -d^2/dx^2 - 4$ на отрезке $[-1,1]$ при граничных условиях: $\Psi(-1) = \Psi(1) = 0$ с относительной точностью $\epsilon = 0.5\%$

Критерии оценки:

Максимальный балл - представлена действующая программа на языке Python 3.X. При запуске и пользовательском вводе числа ϵ программа должна выводить собственные числа спектральной задачи $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, где порядковый номер n последнего выводимого собственного числа определяется заданной точностью (для собственных чисел, начиная с λ_{t+1} , можно использовать известные асимптотические формулы). Баллы снимаются соответственно невыполненному объему.

Практическое задание №3 (30 баллов). Вычисление дискретного спектра оператора Штурма –Лиувилля с заданной коэффициентной функцией $u(x)$ в пространстве $L_2[a,b]$ методом «стрельбы». Граничные условия заданы. Точность, с которой задана функция $u(x)$ и точность, с которой необходимо найти собственные числа, считать известной.

Типовой пример задания

На отрезке $[-1,1]$ найти собственные числа задачи Штурма – Лиувилля
 $-d^2y/dx^2 + 5(x^2 - 1)y = \lambda y$ при выполнении граничных условий
 $dy/dx(-1) + y(-1) = 0; \quad dy/dx(1) - 4y(1) = 0$. Считать, что коэффициентная функция $u(x) = 5(x^2 - 1)$ известна с относительной точностью $\epsilon_1 = 0.5\%$ по норме пространства $L_1[-1,1]$, собственные числа найти с точностью $\epsilon_2 = 0.8\%$.

Критерии оценки:

Максимальный балл - представлена действующая программа на языке Python 3.X. При запуске и пользовательском вводе числа ϵ_1 (относительной точности, с которой, по предположению, известна коэффициентная функция $u(x)$) и числа ϵ_2 (относительной точности, с которой необходимо вычислить СЧ) программа должна выводить собственные числа спектральной задачи (конечное число чисел, для которых нельзя, в силу заданной точности, использовать известные асимптотические формулы). Баллы снимаются соответственно невыполненному объему.

Практическое задание №4 (20 баллов). Вычисление поправок к собственным числам оператора Штурма –Лиувилля в пространстве $L_2[a,b]$ в простейших случаях (коэффициентная функция $u(x) = V_0 = \text{const}$) при заданных граничных условиях, с заданной точностью ϵ .

Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

Найти поправки первого порядка к нижнему уровню спектра оператора Штурма – Лиувилля $-d^2/dx^2 + V_0$, обусловленные возмущением $f(x)$, на отрезке $[a,b]$ при выполнении граничных условий $dy/dx(a) + 2y(a) = 0; \quad dy/dx(b) - 5y(b) = 0$.

Варианты:

$V_0 = -2;$	$a = -1;$	$b = 3,5.$	$f(x) = 0,2 [\theta(x-a) - \theta(x-b)](x-a)(x-b),$
$V_0 = -1,5;$	$a = -2,5;$	$b = 1.$	$f(x) = -0,32 [\theta(x-a) - \theta(x-b)] \sin(\pi(x-a)/(b-a));$
$V_0 = -4;$	$a = 1;$	$b = 4,1.$	$f(x) = 0,23 [\theta(x-a) - \theta(x-b)](x-a)^2(x-b)^2,$
$V_0 = -5;$	$a = -4,3;$	$b = 0.$	$f(x) = [\theta(x-a) - \theta(x-b)] \sin(\pi(x-a))(x-b),$

Критерии оценки:

Максимальный балл - представлена действующая программа на языке Python 3.X. При запуске и пользовательском вводе числа n – номера собственного значения – программа должна выводить: 1. Собственное значение λ_n ; 2. Поправку первого порядка к этому собственному значению. Баллы снимаются соответственно невыполненному объему.

Практическое задание №5 (**10 баллов**). Составить подробный алгоритм (блок – схему) решения обратной задачи Штурма – Лиувилля на интервале методом подбора. Использовать градиентные методы. Считать заданными числа ϵ_1 (относительная точность, с которой, по предположению, должна быть найдена коэффициентная функция $u(x)$) и ϵ_2 (относительная точность, с которой, по предположению, заданы собственные числа и нормировочные коэффициенты). Указать, для каких частей блок схемы у вас есть готовые программы (из предыдущих практических заданий).

Критерии оценки:

Максимальный балл - представлена актуальная блок – схема в виде файла в формате .pdf (редактируемого, не скан-копия рисунка!) либо в формате MS Word. Обучающийся должен отвечать на вопросы преподавателя о назначении того или иного блока и их взаимосвязи. Баллы снимаются соответственно - блок-схема не представлена; обучающийся не знает назначение того или иного блока в схеме (хотя бы одного); блок-схема не актуальна (т.е. ее программная реализация не приведет к решению обратной задачи).

Темы письменных работ

Письменные работы отсутствуют

7.2.5. Итоговое тестирование

Типовые примеры заданий

Раздел 1. Введение. Понятие о корректных и некорректных задачах.

1. Что изучает математическая физика?
2. Какая краевая задача является корректной по Адамару?
3. Какие краевые задачи возникают при исследовании распространения излучения по планарному волноводу?

Раздел 2. Избранные разделы функционального анализа с приложениями к вычислительной математике.

1. Что такое метрическое пространство?
2. Что такое нормированное пространство?
3. Что такое Евклидово пространство?

Раздел 3. Некорректные задачи для дифференциальных операторов второго порядка.

1. Сформулируйте спектральную задачу Штурма – Лиувилля на интервале.
2. Сформулируйте обратную задачу Штурма – Лиувилля на интервале.
3. Что входит в данные рассеяния спектральной задачи Штурма – Лиувилля на интервале?

Раздел 4. Методы решения обратных задач

1. В чем заключается метод подбора при решении некорректных задач?
2. Какая обратная задача называется корректной по Тихонову?
3. Что является необходимым условием локального экстремума функции многих переменных в точке?

Раздел 5. Некорректные задачи для вполне непрерывных интегральных операторов.

1. Какой оператор называется вполне непрерывным (компактным)?
2. Является ли интегральный оператор с ограниченным в области интегрирования ядром вполне непрерывным?
3. Сформулируйте Альтернативу Фредгольма.

Раздел 6. Задачи компьютерной томографии и методы их решения

1. Какие задачи решает компьютерная томография?
2. Имеет ли математическая задача компьютерной томографии явное решение?
3. Какие проблемы встречаются при решении задачи компьютерной томографии?

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 5

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Понятие о корректных и некорректных задачах. Корректность по Адамару.
2	Пример некорректной задачи: решение интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода.
3	Примеры некорректных задач: проектирование планарных волноводов с заданными модами (связь с обратной задачей Штурма-Лиувилля)
4	Примеры некорректных задач: определение квантовомеханического потенциала взаимодействия по спектру.
5	Метрические пространства. Примеры различных метрик. Сходимость.
6	Последовательности Коши. Полные метрические пространства, примеры.
7	Примеры использования метрик в вычислительной математике (задача о наилучшем приближении).
8	Нормированные пространства. Примеры: нормы в пространствах R_n , $C[a,b]$, $L_2[R]$.
9	Связь между нормированными и метрическими пространствами. Примеры.
10	Соотношение между различными нормами в одном пространстве. Эквивалентность норм. Банаховы пространства.

11	Евклидовы пространства. Скалярное произведение. Примеры: R_n , C_n , l_2 , $L_2[R, \rho]$. Норма в евклидовом пространстве.
12	Неравенство Шварца в гильбертовых пространствах.
13	Гильбертовы пространства. Определение, примеры (l_2 , $L_2[R]$). Сепарабельные гильбертовы пространства.
14	Гильбертовы пространства. Ортогональность векторов в гильбертовых пространствах.
15	Ортонормированные системы векторов в гильбертовом пространстве. Ряды Фурье. Примеры.
16	Задача о наилучшем приближении заданного вектора рядом Фурье. Коэффициенты Фурье.
17	Задача о наилучшем приближении заданного вектора рядом Фурье. Коэффициенты Фурье.
18	Полные ортонормированные системы векторов в гильбертовом пространстве.
19	Неравенство Бесселя в гильбертовом пространстве.
20	Равенство Парсеваля в гильбертовом пространстве.
21	Процедура ортогонализации Грама – Шмидта.
22	Примеры базисов в функциональных пространствах.
23	Компактные и предкомпактные множества в бесконечномерных пространствах.
24	Компактность и ограниченность. Примеры.
25	Линейные операторы в гильбертовых пространствах. Обратный оператор.
26	Сопряженный оператор. Симметрические (эрмитовы) и самосопряженные операторы.
27	Норма оператора. Ограниченные операторы.
28	Линейные операторы в гильбертовых пространствах. Унитарные операторы. Примеры: унитарные матрицы, оператор сдвига.
29	Компактные (вполне непрерывные) операторы. Примеры.
30	Общее представление компактного оператора в виде $K = K_1 + K_2$, где K_1 - конечномерный оператор, а K_2 - оператор со сколь угодно малой нормой.
31	Спектр оператора в гильбертовом пространстве. Общее определение. Дискретный и непрерывный спектр.
32	Свойства собственных функций и собственных значений самосопряженного оператора.
33	Собственные векторы (СВ) и собственные значения (СЗ) оператора.
34	Свойства собственных векторов и собственных значений самосопряженных операторов
35	Нахождение дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ в случае, когда $V(x)$ - симметричная «прямоугольная потенциальная яма» конечной глубины.
36	Нахождение дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ в случае, когда $V(x)$ - несимметричная «прямоугольная потенциальная яма» конечной глубины.
37	Нахождение дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ (в случае, когда $V(x) = \text{const}$) на отрезке при заданных граничных условиях.
38	Алгоритм нахождения дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ на отрезке при заданных граничных условиях. Метод «стрельбы».
39	Алгоритм нахождения дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ в случае, когда $V(x)$ - симметричная «потенциальная яма» произвольной формы (конечной глубины). Метод «стрельбы».
40	Алгоритм нахождения дискретного спектра оператора $-d^2/dx^2 + V(x)$ в случае, когда $V(x)$ - несимметричная «потенциальная яма» произвольной формы

	(конечной глубины).
41	Задача рассеяния для оператора Штурма-Лиувилля. Дискретный спектр. Данные рассеяния.
42	Задача рассеяния для оператора Штурма-Лиувилля. Решения Йоста. Непрерывный спектр. Данные рассеяния.
43	Теория возмущений для спектральной задачи Штурма – Лиувилля. Нахождение поправок первого порядка к собственным значениям.
44	Теория возмущений для спектральной задачи Штурма – Лиувилля. Нахождение поправок первого порядка к собственным функциям.
45	Теория возмущений для спектральной задачи Штурма – Лиувилля. Нахождение поправок первого порядка к собственным функциям.
46	Примеры нахождения поправок первого порядка к дискретному спектру оператора Штурма – Лиувилля.
47	Примеры нахождения поправок первого порядка к собственным функциям оператора Штурма-Лиувилля.
48	Метод подбора в решении некорректных задач. Ограничение на компакт. Корректность по Тихонову.
49	Понятие невязки при решении некорректных задач. Минимизация невязки.
50	Общие вопросы поиска экстремума функции многих переменных.
51	Математические проблемы, возникающие при численном исследовании необходимых условий экстремума функции многих переменных.
52	Градиент, его определение и свойства. Градиентные методы поиска экстремума.
53	Алгоритм для реализации метода наискорейшего спуска при решении обратной задачи Штурма – Лиувилля методом подбора.
54	Градиентные методы минимизации невязки при решении обратной задачи Штурма – Лиувилля.
55	Основные положения теории интегральных уравнений (Фредгольма): определения,
56	Альтернатива Фредгольма.
57	Свойства характеристических чисел интегрального уравнения фредгольма второго рода..
58	Метод итераций в теории интегральных уравнений (Фредгольма).
59	Некорректность при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода в теории восстановления изображения (временного сигнала). Свойства собственных значений интегрального оператора задачи как причина некорректности.
60	Вытянутые сферические функции, определение, основные свойства, приложения.
61	Способы решения некорректной задачи в теории восстановления изображения. Передаточная функция.
62	Способы решения некорректной задачи в теории восстановления временного сигнала. Алгоритм Ландвебера.
63	Постановка задач компьютерной томографии.
64	Преобразование Радона
65	Связь преобразования Радона и преобразования Фурье
66	Сведение задач томографии к интегральному уравнению.
67	Простейшие алгоритмы решения задач компьютерной томографии

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
4	Экзамен (по накопительному рейтингу)	отлично	от 85 до 100 баллов
		хорошо	от 70 до 84 баллов
		удовлетворительно	от 55 до 69 баллов
		неудовлетворительно	от 0 до 54 баллов

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Павлов Е.А.	Основы функционального анализа	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
2	Сизиков В.С.	Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab	Учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
3	Слабнов В.Д.	Численные методы	Учебник	2020	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Васильев А.Н.	Python на примерах. Практический курс по программированию	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPR BOOKS»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Springer International Publishing , Part of Springer Science+Business Media [Электронный ресурс] – Springer International Publishing AG. — Режим доступа к журн.: <http://link.springer.com> . – Загл. с экрана

2. Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016 – . Режим доступа :apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.

3. Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. С экрана. – Яз. рус., англ.

4. Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Python 3.X	Свободно распространяемое ПО. Сайт: https://www.python.org/
2	Windows	2013г., № 00179-40183-81808-ААОЕМ, бессрочный
3	Microsoft Office 13	№61935138 от 28.05.2012 (бессрочный)

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Компьютер (монитор 19”, системный блок Pentium (R) Dual-Core E5500 2,8 GHz / 4 Gb / 500 Gb), Столы ученические , Столы компьютерные , стол преподавательский, стулья, доска аудиторная(меловая
2	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет