

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения

Кафедра дифференциальных уравнений и функционального анализа факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
магистратура

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 - Прикладная математика и информатика
Приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 13

Разработчик(и): кафедра дифференциальных уравнений и функционального анализа, Меджидов З.Г., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры дифференциальных уравнений и функционального анализа 31 мая 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Сиражудинов М.М.
(подпись)

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук 23.06. 2021 г., протокол № 6.

Председатель  Бейбалаев В.Д.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением 9 июля 2021 г. 

(подпись)

Содержание

Аннотация рабочей программы дисциплины	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	5
4. Объем, структура и содержание дисциплины.	7
5. Образовательные технологии.....	9
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.	10
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	11
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	14
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	14
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.	14
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.	15
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	16

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений магистратуры по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой дифференциальных уравнений и функционального анализа.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией ограниченных и неограниченных операторов в нормированных пространствах. Изучаемый материал применяется в задачах математической физики, в теории интегральных уравнений, в общей теории приближенных методов и т.д. Дисциплина «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» необходимо изучать для овладения общими методами решения операторных уравнений и применения их при решении конкретных задач.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ОПК-1, ОПК-3, ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия и самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: в форме *контрольных работ и коллоквиумов*, промежуточный контроль в форме *зачета*.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе 72 академических часа, распределенных по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия							Форма промежу- точной ат- тестации (зачет, дифферен- цирован- ный зачет, экзамен)
	Все го	в том числе						
		Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС	
		из них						
		Лек- ции	Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	кон- сульта- ции		
9	72	14		16			42	Зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «*Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения*» являются:

освоение основных понятий и методов функционального анализа; формирование у обучаемых математических знаний для успешного овладения общенаучными и инженерными дисциплинами на необходимом научном уровне; освоение основных навыков приближенного решения функциональных и интегральных уравнений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, магистратуры по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина относится к числу прикладных математических дисциплин и связана с приложениями методов функционального анализа к ряду важных разделов общей теории приближенных методов. Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами общих курсов линейной алгебры, математического анализа, теории дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными.

Для освоения дисциплины обучающиеся должны владеть следующими знаниями: знание курса «Математический анализ» в полном объеме; знание курса «Линейная алгебра и геометрия» в части, касающейся теории линейных пространств и линейных операторов; знание курсов «Дифференциальные уравнения» и «Уравнения в частных производных» в части, касающейся граничных и краевых задач.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК 1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК 1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	<i>Знает</i> фундаментальные основы математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений <i>Умеет</i> использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики. <i>Владеет</i> углубленными знаниями в области прикладной математики, информатики и методами математического моделирования.	Контрольные работы, зачет
ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-1 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	<i>Знает:</i> теоретические основы функционального анализа <i>Умеет:</i> решать задачи, связанные с исследованием различных методов, полученных в области математических и физических наук. <i>Владеет:</i> базовыми методами по исследованию математических и естественнонаучных задач.	Контрольные работы, коллоквиум
ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	<i>Знает:</i> основы теории вероятностей и математической статистики, численные методы; современные языки программирования и современные информационные технологии. <i>Умеет:</i> применять современные научные исследования для решения различных задач математических и естественных наук; составлять программы на современных языках программирования. <i>Владеет</i> навыками программирования на современных языках и методами построения математических моделей.	Контрольные работы, зачет

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/ п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контр. сам. раб.	Самост. работа	
Модуль 1. Линейные операторы и функционалы									
1	Пространство линейных ограниченных операторов	9	1	2	2			6	Устный опрос
2	Обратный оператор. Непрерывная обратимость.	9	2	2	2			6	Устный опрос
3	Вполне непрерывные операторы.	9	3-4	4	4			8	Тестирование
	Итого по модулю 1			8	8			20	Коллоквиум
Модуль 2. Элементы теории нелинейных операторов									
1	Дифференцирование нелинейных операторов	9	5-6	4	4			12	Устный опрос
2	Принципы неподвижной точки и их применения	9	7-8	2	4			10	Контрольная работа
	Итого по модулю 2			6	8			22	Коллоквиум
	ИТОГО			14	16			42	Зачет

4.3. Содержание разделов учебной дисциплины

4.3.1. Содержание лекционных занятий

Модуль 1. Линейные операторы и функционалы

Тема 1. Пространство линейных ограниченных операторов.

Линейные ограниченные операторы и функционалы. Норма оператора и

функционала. Сопряженное пространство. Теорема Хана-Банаха.

Тема 2. Обратный оператор. Непрерывная обратимость.

Обратный оператор. Непрерывная обратимость линейного оператора. Теорема Банаха об обратном операторе. Спектр и резольвента оператора.

Тема 3. Вполне непрерывные операторы.

Вполне непрерывные операторы. Свойства вполне непрерывных операторов. Спектр компактного оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Интегральные уравнения Фредгольма и Вольтерра второго рода. Компактность интегральных операторов с вырожденным и симметричным ядрами. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений.

Модуль 2. Элементы теории нелинейных операторов

Тема 5. Дифференцирование нелинейных операторов.

Производная и дифференциал Фреше нелинейного оператора. Производная и дифференциал Гато нелинейного оператора. Связь между сильной и слабой дифференцируемостью.

Тема 6. Принципы неподвижной точки и их применения.

Принцип сжимающих отображений и его применение. Итерационный процесс Ньютона. Принцип неподвижной точки Шаудера и его применение к решению краевых задач.

4.3.2. Содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час)
	Модуль 1.	Линейные операторы и функционалы	
1.		Линейные ограниченные операторы и функционалы. Норма оператора и функционала. Сопряженное пространство. Непрерывная обратимость линейного оператора. Теорема Банаха об обратном операторе. Спектр и резольвента оператора. ([1], [4], [6]) Свойства вполне непрерывных операторов. Спектр компактного оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Интегральные уравнения Фредгольма и Вольтерра второго рода. ([1],[2], [3] [4], [8])	8
	Модуль 2.	Элементы теории нелинейных операторов	

2.		Производная и дифференциал Фреше нелинейного оператора. Производная и дифференциал Гато нелинейного оператора. Связь между сильной и слабой дифференцируемостью. Принцип сжимающих отображений и его применение. Итерационный процесс Ньютона. Принцип неподвижной точки Шаудера и его применение к решению краевых задач ([1], [4], [6])	8
	Итого		16

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности магистров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: лекции в виде дискуссии, командная работа на практическом занятии, опережающая самостоятельная работа, разбор кейсов и др.

Одной из первых лекций должна быть обзорная лекция о современном состоянии развития функционального анализа.

Занятия по темам раздела «Элементы теории нелинейных операторов» проводятся в интерактивной форме с использованием видеопроектора.

При прохождении темы «Принципы неподвижной точки и их применение» целесообразно организовать встречу со специалистами по дифференциальным уравнениям из ДГПУ, ДГТУ и ДНЦ РАН.

Вузовская лекция должна выполнять не только информационную функцию, но также и мотивационную, воспитательную и обучающую.

Информационная функция лекции предполагает передачу необходимой информации по теме, которая должна стать основой для дальнейшей самостоятельной работы студента

Мотивационная функция должна заключаться в стимулировании интереса студентов к науке. На лекции необходимо заинтересовать, озадачить студентов с целью выработки у них желания дальнейшего изучения той или иной математической проблемы.

Воспитательная функция ориентирована на формирование у молодого поколения чувства ответственности, закладку нравственных, этических норм поведения в обществе и коллективе, формирование патриотических взглядов, мотивов социального поведения и действий, естественнонаучного мировоззрения.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Текущая и опережающая самостоятельная работа, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе студентов с лекционным материалом, поиске и анализе литературы и электронных источников информации по заданной проблеме и выбранной теме реферата или доклада,
- в выполнении домашних заданий,
- в изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- в изучении теоретического материала к практическим занятиям,
- подготовке к зачету.

6.1. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Три принципа линейного функционального анализа.
- Компактные множества и вполне непрерывные операторы.
- Решение интегральных уравнений с симметричным и вырожденным ядром.
- Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений.

6.2. *Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа* направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса общекультурных и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала магистров и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по определенной теме исследований,
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях и семинарах.

Для успешного освоения отдельных разделов рекомендуется написать реферат или сделать доклад на практическом занятии.

6.3. Примерные темы докладов и рефератов для самостоятельной работы

<i>Разделы (модули) и темы для самостоятельного изучения</i>	<i>Виды и содержание самостоятельной работы</i>
Модуль 1. Линейные операторы и функционалы	
1. Пространство линейных ограниченных операторов.	Рефераты на темы: 1. Пространства, сопряженные к основным функциональным пространствам 2. Виды сходимости в сопряженном пространстве и их взаимосвязь
2. Вполне непрерывные операторы	Доклады на темы:

ры.	1. Метод нахождения спектра оператора Фредгольма с симметричным ядром. 2. Построение резольвенты некоторых интегральных операторов.
Модуль 2. Элементы теории нелинейных операторов	
1. Дифференцирование нелинейных операторов.	Реферат на тему «Применение дифференциала Гато к обращению лучевого преобразования функции».
2. Принципы неподвижной точки и их применения.	Доклад на тему «Применение принципа сжимающих отображений к решению интегральных уравнений».

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Типовые контрольные задания

7.1.1. Примерные контрольные вопросы к коллоквиуму по разделу «Пространство линейных ограниченных операторов»

1. Линейные ограниченные операторы и функционалы.
2. Формулы для нормы оператора и функционала.
3. Доказать, что оператор $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$, $Ax(t) = t \int_0^1 x(\tau) d\tau$, является линейным ограниченным и найти его норму.
4. Линейные ограниченные операторы и функционалы в пространстве непрерывных функций.
5. Линейные ограниченные операторы и функционалы в пространстве числовых последовательностей.
6. Пространство линейных ограниченных операторов и его полнота.
7. Два вида сходимости в пространстве линейных ограниченных операторов.
8. Исследовать на сходимость последовательность операторов $A_n: l_2 \rightarrow l_2$, $A_n x = A_n(x_1, x_2, \dots) = (0, 0, \dots, x_n, 0, 0, \dots)$.
9. Принцип равномерной ограниченности линейных операторов.
10. Сопряженное пространство. Два вида сходимости последовательности непрерывных линейных функционалов.
11. Будет ли линейный функционал $f(x) = x'(\frac{1}{2})$, определенный на множестве непрерывно дифференцируемых функций из $C[0; 1]$, ограниченным? Если да, то найти его норму.
12. Доказать, что если линейный оператор $A: X \rightarrow X$ не является ограниченным в одной из двух эквивалентных норм, то он не будет ограниченным и в другой норме.

13. Доказать, что всякий линейный оператор, заданный на конечномерном пространстве, ограничен.
14. Слабая ограниченность и слабая сходимость.
15. Теорема Хана-Банаха. Следствия.
16. Теорема Рисса об общем виде линейного непрерывного функционала в гильбертовом пространстве.
17. Доказать, что в конечномерном пространстве всякая слабо сходящаяся последовательность сходится по норме.
18. Найти характеристические числа и собственные функции уравнения

$$x(t) - \lambda \int_0^1 (t^2 - 2ts)x(s)ds = 0.$$

19. Решить с помощью резольвенты интегральное уравнение

$$x(t) = \frac{2}{3} \int_0^t tsx(s)ds + 3t - 2.$$

7.1.2. Примерные контрольные вопросы к коллоквиуму по разделу «Вполне непрерывные операторы»

1. Теоремы Фредгольма в гильбертовом пространстве.
2. Интегральные уравнения второго рода. Союзное уравнение. Характеристические числа и собственные функции.
3. Компактность интегральных операторов с вырожденным и непрерывным ядрами.
4. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений.
5. Решение интегральных уравнений Фредгольма с вырожденным и симметричным ядром.
6. Решение интегральных уравнений Вольтерра с вырожденным и симметричным ядром.
7. В пространстве $C[-1; 1]$ решить интегральное уравнение $x(t) + \int_{-1}^1 e^{s+2t}x(s)ds = e^t$.
8. В пространстве $C[0; 1]$ решить интегральное уравнение $x(t) = \int_0^1 \sin \pi(t-s)x(s)ds + \cos \pi t$.

7.1.3. Примерные варианты контрольных работ по теме «Дифференцирование нелинейных операторов»

Вариант 1

1. Вычислить производную Фреше отображения $F: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$, заданного формулами $y_1 = \sin \pi x_1, y_2 = \cos \pi x_2, y_3 = x_1 x_2$, в точке $(1; 1)$.

2. Найти производную Фреше оператора $F: C[0; \pi] \rightarrow C[0; \pi]$, $F(u) = x^2 u(x) + \operatorname{sh} u(x)$, в точке $u_0(x) = 0$.

Будет ли оператор $F'(u_0)$ непрерывно обратим?

3. Найти производную Гато отображения $F: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$,

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 - xy & \text{при } y = x^3, \\ 0 & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

в точке $(0; 0)$. Будет ли F дифференцируема по Фреше в точке $(0; 0)$?

4. Пусть оператор $F: X \rightarrow Y$ непрерывно дифференцируем (по Фреше) на выпуклом множестве $\Omega \subset X$ и $F'(x) = 0$, $\forall x \in \Omega$. Докажите, что $F(x)$ постоянен на Ω .

Вариант 2

1. Вычислить производную Фреше отображения $F: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$, заданного формулами $u = x^2 + y \cos(xy)$, $v = y^2 - x \sin(xy)$, в точке $(1; 1)$.

2. Найти производную Фреше оператора $F: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$, $F(u) = u(x) - e^{xu(x)}$, в точке $u_0(x) = 0$.

Будет ли оператор $F'(u_0)$ непрерывно обратим?

3. Найти производную Гато отображения $F: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$,

$$F(x, y) = \begin{cases} \frac{x^3 y}{x^4 + y^4} & \text{при } (x, y) \neq (0; 0), \\ 0 & \text{при } (x, y) = (0; 0) \end{cases}$$

в точке $(0; 0)$. Будет ли F дифференцируема по Фреше в точке $(0; 0)$?

4. Пусть оператор $F: X \rightarrow Y$ непрерывно дифференцируем (по Фреше) на выпуклом отрезке $[x_1, x_2] \subset X$ и $F'(x) = 0$ на $[x_1, x_2]$. Докажите, что $F(x)$ постоянен на отрезке $[x_1, x_2]$.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50% и промежуточного контроля – 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- участие на практических занятиях – 10 баллов,
- коллоквиум – 40 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 50 баллов,
- письменная контрольная работа – 50 баллов.

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

а) основная литература:

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М., Наука, 1989.
1. Данилин А.Р. Функциональный анализ для магистрантов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Данилин А.Р.– Электрон. текстовые данные.– Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013.– 192 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66614.html>.– ЭБС «IPRbooks»
2. Треногин В.А., Писаревский Б.М., Соболева Т.С. Задачи и упражнения по функциональному анализу. М.: Наука, 1984.
3. Треногин В.А. Функциональный анализ. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

б) дополнительная литература:

4. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1965.
5. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ в нормированных пространствах. М.: Наука, 1984.
6. Городецкий В.В., Нагнибида Н.И., Настасиев П.П. Методы решения задач по функциональному анализу. М.: URSS, 2010.
7. Леонтьева Т.А., Панферов В.С., Серов В.С. Задачи по теории функций действительного переменного. М.: Изд-во МГУ, 1997.
8. Меджидов З.Г. Методические указания и задачи по курсу "Интегральные уравнения". Махачкала: ИПЦ ДГУ, 1999.

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

- 1) www.math.ru;
- 2) www.exponenta.ru;
- 3) www.mathematics.ru;
- 4) <http://elib.dgu.ru>;
- 5) <http://edu.icc.dgu.ru>;

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Специфика дисциплины «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» состоит в том, что рассмотрение теоретических вопросов здесь тесно связано с решением практических задач из разных разделов выс-

шей математики. Эти задачи служат иллюстрацией отдельных понятий, теорем и методов функционального анализа.

Систематическое изложение научных материалов, освещение главных тем данной дисциплины проводится в ходе лекционного курса. Изучение теоретического курса выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций и практических занятий, используя конспект лекций, учебники, представленные в разделе 8 «Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины», результаты контролируются преподавателем на практических занятиях.

Если возникают вопросы, следует обратиться на кафедру к преподавателю, согласно графику консультаций ведущего преподавателя. Обращаясь за консультацией, необходимо указать, каким учебником пользовались и какой раздел, глава, параграф вам не понятен.

Индивидуальные задания для самостоятельной проработки сдаются в конце каждой зачетной единицы.

Для сдачи зачетной единицы «Линейные ограниченные операторы и функционалы» необходимо проанализировать лекционный материал с использованием источников литературы, предварительно проработав самостоятельно материал темы "Линейные нормированные и банаховы пространства".

Для подготовки к практическим занятиям нужно изучить соответствующий теоретический материал из следующих литературных источников:

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М., Наука, 1989.
2. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1965.
3. Треногин В.А. Функциональный анализ. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

Решать задачи и упражнения из учебных и учебно-методических пособий:

1. Треногин В.А., Писаревский Б.М., Соболева Т.С. Задачи и упражнения по функциональному анализу. М.: Наука, 1984.;
2. Данилин А.Р. Функциональный анализ для магистрантов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Данилин А.Р.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66614.html>.— ЭБС «IPRbooks»

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая пе-

речень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине: «Прикладной функциональный анализ и интегральные уравнения» необходимы:

Системное программное обеспечение: ОС Windows 7/8/10;

Прикладное программное обеспечение: MSOffice 2007/2010/2013;

Сетевые приложения: электронная почта, поисковые системы Google, Yandex.

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

Для проведения лекционных занятий на факультете необходима аудитория на 25-35 мест, оборудованная ноутбуком, экраном и цифровым проектором.