

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«**ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»  
Факультет математики и компьютерных наук

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Дополнительные главы**  
**функционального анализа**

Кафедра: *дифференциальных уравнений и функционального анализа*  
Факультета: *математики и компьютерных наук*

Образовательная программа  
*01.04.01 Математика*

Профили подготовки:  
*Математический анализ*

Уровень высшего образования:  
*магистратура*


Форма обучения:  
*очная*

Статус дисциплины: *входит в обязательную часть ОПОП,*  
*базовый модуль направления.*

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы функционального анализа» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.01 Математика (уровень магистратуры) от 10.01.2018 №12 (с изменениями №1456 от 26.11.2020)

Разработчик: кафедра дифференциальных уравнений и функционального анализа,

Рагимханов В.Р., к. ф.-м.н., доцент: 

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры ДУ и ФА от «15» марта 2022 г., протокол № 8

Зав. Кафедрой  Сиражудинов М.М.

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук  
от «23» марта 2022 г., протокол № 7

Председатель  Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением  
«31» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «*Дополнительные главы функционального анализа*» входит в обязательную часть образовательной программы магистратуры по направлению *01.04.01 Математика*.

Дисциплина реализуется на *факультете математики и компьютерных наук кафедрой дифференциальные уравнения и функциональный анализ*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с метрическими, банаховыми и гильбертовыми пространствами, операторами, действующими в них; дальнейшее изучение и освоение таких понятий как полнота и сепарабельность метрических и линейно нормированных пространств, компактность множеств, ряды Фурье в гильбертовых пространствах; изучение фундаментальных свойств линейных операторов; построение и основные свойства абстрактной теории меры и интеграла по мере; свойства классических функциональных пространств.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:  
*общефессиональных – ОПК-1;*  
*профессиональных – ПК-1; ПК-2.*

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: *контрольной работа и коллоквиума, промежуточный контроль в форме экзамена*.

Объем дисциплины 5 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						Форма промежуточн ой аттестации	
	Все го	в том числе						
		Контактная работа обучающихся с преподавателем						
		из них						
Лекц ии	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации	СРС, в том числе экзамен			
9	180	26		36				90+36

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины дополнительные главы функционального анализа являются:

- более углубленное изучение теории интеграла и его обобщений на основе абстрактной теории меры, освоение приложений интеграла в различных областях математики и механики;
- более глубокое изучение метрических пространств и отображений, заданный в них;
- творческое овладение основными методами функционального анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина дополнительные главы функционального анализа входит в базовую часть образовательной программы по направлению 01.04.01 Математика.

Знания по данному курсу необходимы при работе над диссертацией и в дальнейшей научно-исследовательской работе по выбранному направлению.

Изучение данной дисциплины предполагает хорошее знание основных понятий и методов математического анализа и общей топологии в рамках первых двух курсов математического факультета, а также знаний свойств функций основных классов функций действительного переменного.

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области математики ОПК-1.2. Умеет использовать фундаментальные знания в области математики в профессиональной деятельности ОПК-1.3. Может осуществить выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	<b>Знает:</b> важнейшие свойства линейных мер и основных видов интегралов, применяемых в современном анализе; постановку различных актуальных и значимых задач современного функционального анализа. <b>Умеет:</b> анализировать измеримость множеств и функций, существование интегралов, давать двусторонние оценки интегралов, применять их при решении задач фундаментальной и прикладной математики. <b>Владеет:</b> основными методами современного функционального анализа, в частности, анализа свойств метрических, линейно нормированных и гильбертовых пространств, а также различных операторов	Конспектирование и проработка лекционного материала. Самостоятельная работа

		в этих пространствах	
ПК-1. способностью к интенсивной научно-исследовательской работе		<p><b>Знает:</b> теоретические основы базовых математических дисциплин современного анализа (вещественного анализа, комплексного анализа и функционального анализа), а также определения и важнейшие свойства основных видов интегралов, применяемых в современном анализе.</p> <p><b>Умеет:</b> решать задачи, связанные с анализом и применением различных методов из области математических и физических наук; анализировать существование интегралов, давать двусторонние оценки интегралов, применять их в прикладных задачах.</p> <p><b>Владеет:</b> базовыми методами современной математики по исследованию математических и естественнонаучных задач; методами функционального анализа</p>	Конспектирование и проработка лекционного материала. Самостоятельная работа
ПК-2. способностью к организации научно-следователских и научно-		<p><b>Знать:</b> существо поставленной научно-исследовательской (научно-производственной) проблемы перед коллективом;</p>	Конспектирование и проработка лекционного материала. Самостоятельная

производственных работ, к управлению научным коллективом		<p>методы и приемы решения научно-исследовательской (научно-производственной) проблемы; основы педагогики и психологии; современные проблемы педагогики и психологии;</p> <p><b>Уметь:</b> создать научный коллектив, способный справиться с поставленной задачей; строить деловые отношения с работниками; организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы;</p> <p><b>Владеть:</b> в полном объеме информацией о состоянии дел в каждом подразделении научного учреждения.</p>	работа
--	--	--	--------

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет зачетных единиц 5, академических часов 180.

4.2. Структура дисциплины.

Названия разделов и тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Аудиторные занятия, в том числе				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практ. занятия	лабор. работы	Контр. сам. раб.		
<b>Модуль 1. Метрические пространства</b>								
1. Основные определения теории метрических пространств			4	4			10	Контрольная работа
2. Полнота, сепарабельность и компактность метрических пространств			4	4			10	Контрольная работа
<b>Всего по модулю 1</b>	<b>9</b>		<b>8</b>	<b>8</b>			<b>20</b>	
<b>Модуль 2. Топология метрического пространства</b>								
1. Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве			2	4			8	Контрольная работа
2. Связность и компактность метрических пространств			2	4			16	Контрольная работа

<b>Всего по модулю 2</b>	<b>9</b>		<b>4</b>	<b>8</b>			<b>24</b>	
<b>Модуль 3. Отображения метрических пространств</b>								
1. Непрерывные отображения метрических пространств			2	4			10	Контрольная работа
2. Сжимающие отображения			4	6			10	Контрольная работа
<b>Всего по модулю 3</b>	<b>9</b>		<b>6</b>	<b>10</b>			<b>20</b>	
<b>Модуль 4. Основы абстрактной теории меры</b>								
1. Основные классы множеств и аддитивные функции множества			4	4			8	Контрольная работа
2. Интеграл по счетно аддитивной функции множества			4	6			10	Контрольная работа
<b>Всего по модулю 4</b>	<b>9</b>		<b>8</b>	<b>10</b>			<b>18</b>	
<b>Модуль 5. Промежуточная аттестация</b>								
Подготовка к экзамену							<b>36</b>	экзамен
<b>ИТОГО за 9 семестр</b>			<b>26</b>	<b>36</b>			<b>82+36</b>	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

##### **Модуль 1. Метрические пространства**

###### *Тема 1. Основные определения теории метрических пространств*

Метрика на множестве. Различные аксиоматики метрического пространства.

Шар, замкнутый шар, сфера в метрическом пространстве. Диаметр множества в метрическом пространстве. Ограниченные множества. Расстояние между множествами.

###### *Тема 2. Полнота, сепарабельность и компактность метрических пространств*

Сходимость в метрическом пространстве и простейшие свойства этого понятия.

Фундаментальные последовательности и простейшие их свойства. Полные метрические пространства. Принцип вложенных шаров. Теорема Бэра о категориях. Пополнение метрического пространства. Сепарабельные метрические пространства. Компактные метрические пространства. Основные топологические свойства компактных пространств. Вполне ограниченные множества и их свойства. Теорема Хаусдорфа.

##### **Модуль 2. Топология метрического пространства**

###### *Тема 1. Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве*

Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве, различные их характеристики и основные их свойства.

###### *Тема 2. Связность метрических пространств*

Связные метрические пространства. Критерии связности. Компоненты связности.

Линейно связные пространства. Взаимоотношения связности и линейной связности.

##### **Модуль 3. Отображения метрического пространства**

###### *Тема 1. Непрерывные отображения метрических пространств*

Непрерывные отображения метрических пространств. Критерии непрерывности отображений. Изометрические отображения. Топологическая изоморфность и изометрическая изоморфность метрических пространств. Вполне непрерывные отображения.

*Тема 2. Сжимающие отображения*

Неподвижные точки отображения. Сжимающие отображения. Теорема Банаха о сжимающих отображениях. Приложения теоремы Банаха.

#### **Модуль 4. Основы абстрактной теории меры**

*Тема 1. Основные классы множеств и аддитивные функции множества*

Кольцо множеств, алгебра множеств, полукольцо множеств. Сигма-кольцо и сигма-алгебра множеств. Монотонный класс множеств. Теорема о монотонном классе.

*Тема 2. Интеграл по счетно-аддитивной функции множества*

Измеримые функции, простые функции. Интеграл по простым функциям. Интеграл по счетно-аддитивной функции множества (общий случай).

### **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине**

#### **Модуль 1. Метрические пространства**

*Тема 1. Основные определения теории метрических пространств*

Метрика на множестве. Различные аксиоматики метрического пространства.

Шар, замкнутый шар, сфера в метрическом пространстве. Диаметр множества в метрическом пространстве. Ограниченные множества. Расстояние между множествами.

*Тема 2. Полнота, сепарабельность и компактность метрических пространств*

Сходимость в метрическом пространстве и простейшие свойства этого понятия.

Фундаментальные последовательности и простейшие их свойства. Полные метрические пространства. Принцип вложенных шаров. Теорема Бэра о категориях. Пополнение метрического пространства. Сепарабельные метрические пространства. Компактные метрические пространства. Основные топологические свойства компактных пространств. Вполне ограниченные множества и их свойства. Теорема Хаусдорфа.

#### **Модуль 2. Топология метрического пространства**

*Тема 1. Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве*

Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве, различные их характеристики и основные их свойства.

*Тема 2. Связность метрических пространств*

Связные метрические пространства. Критерии связности. Компоненты связности.

Линейно связные пространства. Взаимоотношения связности и линейной связности.

#### **Модуль 3. Отображения метрического пространства**

*Тема 1. Непрерывные отображения метрических пространств*

Непрерывные отображения метрических пространств. Критерии непрерывности отображений. Изометрические отображения. Топологическая изоморфность и изометрическая изоморфность метрических пространств. Вполне непрерывные отображения.

*Тема 2. Сжимающие отображения*

Неподвижные точки отображения. Сжимающие отображения. Теорема Банаха о сжимающих отображениях. Приложения теоремы Банаха.

#### **Модуль 4. Основы абстрактной теории меры**



*Тема 1. Основные классы множеств и аддитивные функции множества*

Кольцо множеств, алгебра множеств, полукольцо множеств. Сигма-кольцо и сигма-алгебра множеств. Монотонный класс множеств. Теорема о монотонном классе.

*Тема 2. Интеграл по счетно-аддитивной функции множества*

Измеримые функции, простые функции. Интеграл по простым функциям. Интеграл по счетно-аддитивной функции множества (общий случай).

## **5. Образовательные технологии**

В основе преподавания дисциплины лежит лекционно-семинарская система обучения, что связано с необходимостью активного продумывания теоретического материала, содержащего глубокие и абстрактные понятия. Индивидуальные особенности обучающихся учитываются подбором заданий разного уровня сложности для самостоятельной работы студентов.

По данной дисциплине учебным планом предусмотрено также проведение занятий в интерактивных формах. Лекции проводятся в аудиториях, оснащенных видеопроекторами. В университете функционирует Центр современных образовательных технологий, в котором предусматриваются мастер-классы специалистов.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Для обеспечения самостоятельной работы магистров использовать учебные пособия

- 1) Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для вузов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - 6-е изд., испр. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 624 с. : ил. - ISBN 5-02-013993-9 : 1-50.
- 2) Фёдоров В.М. Курс функционального анализа : учебник / Фёдоров В. М. - СПб. [и др.] : Лань, 2005. - 351 с. ; 20 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 351. - ISBN 5-8114-0589-8 : 187-66.
- 3) Люстерник Л.А. Краткий курс функционального анализа : учеб. пособие / Люстерник Л.А., В. И. Соболев. - Изд. 2-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань : Изд. высшая школа, 1982. - 270,[1] с. - (Классическая учебная литература по математике). - ISBN 978-5-8114-0976-1: 288-75.
- 4) Кириллов А. А. Теоремы и задачи функционального анализа : [учебное пособие для вузов] / Кириллов А.А., А. Д. Гвишиани. - М. : Наука, 1979. - 384 с. : ил. - Библиогр.: с. 369-372. - Предм. указ.: с. 373-377. - 1-10.
- 5) Рамазанов А.К. Функциональный анализ : учеб. пособие для вузов. Ч.1 / Рамазанов А.К., Р. К. Рагимханов ; Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2013. - 318,[1] с. - 222-00.
- 6) Треногин В. А. Задачи и упражнения по функциональному анализу: Учеб. пособие для вузов / Треногин В.А.; Б.М.Писаревский, Т.С.Соболева. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Физматлит, 2002. - 239 с. - ISBN 5-9221-0271-0 : 151-01.

## Задания для самостоятельной работы

1. Определение метрического пространства, примеры. Шары в метрических пространствах примеры. Открытые и замкнутые множества, их свойства.
  2. Сходящиеся последовательности в метрических пространствах, их свойства. Смысл сходимости в конкретных пространствах.
  3. Окрестности точки, их свойства.
  4. Фундаментальные последовательности, их свойства.
  5. Теорема о вложенных шарах.
  6. Компактные множества, их свойства.
  7.  $\varepsilon$ -сеть множества. Критерий компактности.
  8. Теорема Арцела.
  9. Оператор сжатия, теорема Банаха.
  10. Теорема существования и единственности для дифференциальных уравнений
  11. Интегральные уравнения Фредгольма
  12. Интегральные уравнения Вольтера.
  13. Определение нормированных пространств, примеры
  14. Сходящиеся последовательности в нормированных пространствах, их свойства.
  15. Полные нормированные пространства, критерий полноты.
  16. Определение и примеры линейных непрерывных операторов. Непрерывность и ограниченность.
  17. Норма линейного непрерывного оператора.
  18. . Полнота пространства линейных непрерывных операторов.
  19. Распространение линейных операторов.
  20. Последовательности линейных операторов. Теорема Банаха – Штейнгауза.
  21. Обратные операторы. Теоремы об обратимости операторов.
  22. Линейные функционалы. Сопряженное пространство, примеры сопряженных пространств.
  23. Теорема Хана – Банаха. Теоремы отделимости.
  24. Сопряженное пространство, примеры сопряженных пространств.
  25. Теорема о вложении нормированного пространства во второе сопряженное.
- Рефлексивные пространства.
26. Слабая сходимости в нормированном пространстве.
  27. Слабая сходимости в сопряженном пространстве.
  28. Счетно-нормированные пространства. Пространство основных функций.
  29. Обобщенные функции, действия над ними.
  30. Простейшие множества в  $R^n$ , их мера. Элементарные множества, их мера.
  31. Внешняя мера множества, ее свойства.
  32. Измеримые множества, мера измеримых множеств, операции над измеримыми множествами.
  33. Счетная аддитивность меры.
  34. Измеримые функции, действия над ними.
  35. Сходимость почти всюду, теорема Егорова.
  36. Сходимость по мере, ее свойства.
  34. Простые интегрируемые функции, их свойства.
  35. Определения интегрируемой функции и интеграла Лебега. Свойства интеграла Лебега.
  36. Теорема Лебега о предельном переходе под знаком интеграла.

37. Теорема Б. Леви о предельном переходе под знаком интеграла.
38. Сравнение интеграла Лебега с интегралом Римана.
39. Функции ограниченной вариации, их свойства.
40. Интеграл Стильеса, его свойства. Вычисление интеграла Стильеса.

### Рефераты, доклады и задания по темам для самостоятельной работы

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
<b>Раздел 1. Метрические пространства</b>	
1. Основные определения теории метрических пространств	Доклад на тему: Метрические пространства в различных разделах математики
2. Полнота, сепарабельность и компактность метрических пространств	Доклад на тему: Теорема о вложенных шарах, теорема Бэра и их приложения
<b>Раздел 2. Топология метрического пространства</b>	
1. Открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве	Реферат на тему: Метризация теоремы
2. Связность метрических пространств	Доклад на тему: $n$ -связность топологического пространства
<b>Раздел 3. Отображения метрических пространств</b>	
1. Непрерывные отображения метрических пространств	Решение задач и упражнений.
2. Сжимающие отображения	Доклад на тему: Теорема Брауэра о неподвижной точке
<b>Раздел 4. Основы абстрактной теории меры</b>	
1. Основные классы множеств и аддитивные функции множества	Рефераты на темы: 1. Основные классы множеств: кольцо, полукольцо, алгебра множеств. 2. Построение меры Лебега в $\mathbb{R}^1$
2. Интеграл по счетно аддитивной функции множества	Доклады на темы: 1. Борелевские множества. 2. Различные виды сходимости измеримых функций и связь между ними. 3. Теоремы Лузина и Егорова.

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

### 7.1. Типовые контрольные задания

#### Примерный перечень вопросов к коллоквиуму

1. Теорема о вложенных шарах.
2. Теорема Бэра.
3. Критерий компактности в пространстве непрерывных функций, заданных на компакте.
4. Теорема Банаха о неподвижной точке.
5. Применение принципа сжимающих отображений к решению алгебраических уравнений.
6. Применение принципа сжимающих отображений к решению систем линейных алгебраических уравнений.

7. Применение принципа сжимающих отображений к решению интегральных уравнений.
8. Применение принципа сжимающих отображений к нахождению пределов последовательностей, заданных рекуррентно.
9. Линейные нормированные пространства, их связь с метрическими.
10. Примеры банаховых пространств.
11. Неравенства Гельдера и Минковского.
12. Пространства  $L^p$ , их полнота.
13. Норма в предгильбертовом пространстве. Примеры.
14. Тожество параллелограмма.
15. Непрерывные линейные операторы. Норма оператора.
16. Пространство линейных операторов, его полнота.
17. Ядро и образ линейного оператора. Обратный оператор.
18. Обратный оператор. Теорема Банаха об обратном операторе.
19. Линейные функционалы. Общий вид линейных функционалов в некоторых функциональных пространствах.
20. Универсальность пространства  $C_{[0,1]}$ .

### Примерные контрольные работы

#### Вариант 1.

1. Задаёт ли норму на числовой прямой функция  $\sqrt{|x|}$ .
2. Проверьте, что  $C_{[a,b]}$  – нормированное пространство.
3. Найдите норму функции  $y = \frac{1}{5}(4x^3 - x^4)$  в пространстве  $C_{[a,b]}$ .
4. Докажите, что последовательность  $\sqrt{2}, \sqrt{2 + \sqrt{2}}, \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}, \dots$  имеет предел и найдите его.
5. Решите интегральное уравнение  $u(x) = \frac{1}{2} \int_0^1 u(t) dt + e^x - \frac{e}{2} + \frac{1}{2}$ .
6. Докажите, что функция  $f(x) = \begin{cases} 1, & x \neq \frac{1}{n} \\ -x^2, & x = \frac{1}{n} \end{cases}$  интегрируема по Лебегу на  $[0, 1]$  и найдите  $(L) \int_0^1 f(x) dx$ .

#### Вариант 2.

1. Задаёт ли норму на числовой прямой функция  $|x - 1|$ .
2. Проверьте, что  $C_1[a,b]$  – нормированное пространство.
3. Найдите норму функции  $y = \frac{1}{5}(4x^3 - x^4)$  в пространстве  $C_1[a,b]$ .
4. Докажите, что последовательность  $\sqrt{3}, \sqrt{3 + \sqrt{3}}, \sqrt{3 + \sqrt{3 + \sqrt{3}}}, \dots$  имеет предел и найдите его.

5. Решите интегральное уравнение  $u(x) = \frac{1}{2} \int_0^1 xu(t)dt - \frac{3}{4}x$ .

6. Докажите, что функция  $f(x) = \begin{cases} x^2, & x \in I \cap [1; 2], \\ 2x, & x \in I \cap [0; 1], \\ \sin x, & x \in Q \end{cases}$  интегрируема по Лебегу на

$[0, 2]$  и найдите  $(L) \int_0^2 f(x)dx$ .

## 7.2. 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 - 20 баллов,
- коллоквиум – 30 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ - 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос (экзамен) - 100 баллов.

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

### Основная

- 1) Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для вузов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - 6-е изд., испр. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 624 с. : ил. - ISBN 5-02-013993-9 : 1-50.
- 2) Люстерник Л.А. Краткий курс функционального анализа : учеб. пособие / Люстерник Л.А., В. И. Соболев. - Изд. 2-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань : Изд. высшая школа, 1982. - 270,[1] с. - (Классическая учебная литература по математике). - ISBN 978-5-8114-0976-1: 288-75.
- 3) Рамазанов А.К. Функциональный анализ : учеб. пособие для вузов. Ч.1 / Рамазанов А.К., Р. К. Рагимханов ; Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2013. - 318,[1] с. - 222-00.
- 4) Треногин В А. Задачи и упражнения по функциональному анализу: Учеб. пособие для втузов / Треногин В.А.; Б.М.Писаревский, Т.С.Соболева. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Физматлит, 2002. - 239 с. - ISBN 5-9221-0271-0 : 151-01.
- 5) 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» (25.05.2018)

## Дополнительная

- 6) Фёдоров В.М. Курс функционального анализа : учебник / Фёдоров В. М. - СПб. [и др.] : Лань, 2005. - 351 с. ; 20 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 351. - ISBN 5-8114-0589-8 : 187-66.
- 7) Кириллов А. А. Теоремы и задачи функционального анализа : [учебное пособие для вузов] / Кириллов А.А., А. Д. Гвишиани. - М. : Наука, 1979. - 384 с. : ил. - Библиогр.: с. 369-372. - Предм. указ.: с. 373-377. - 1-10.
- 8) Канторович Л.В. Функциональный анализ / Канторович, Леонид Витальевич. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1977. - 741 с. : ил. ; 22 см. - Список лит.: с.719-730. - Указ. предм.: и обозначений: с. 731-741. - 3-20.
- 9) Глазырина П.Ю. Функциональный анализ. Типовые задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глазырина П.Ю., Дейкалова М.В., Коркина Л.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66213.html>.— ЭБС «IPRbooks» (25.05.2018)

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

№	Название	Электронный адрес	Содержание
1.	Math.ru	<a href="http://www.math.ru">www.math.ru</a>	Сайт посвящён математике (и математикам. Этот сайт — для школьников, студентов, учителей и для всех, кто интересуется математикой. Тех, кого интересует зона роста современной науки математика.
2.	Exponenta.ru	<a href="http://www.exponenta.ru">www.exponenta.ru</a>	<b>Студентам:</b> - запустить установленный у Вас математический пакет, выбрать в списке примеров, решенных в среде этого пакета, подходящий и решить свою задачу по аналогии; <b>Преподавателям:</b> - использовать математические пакеты для поддержки курса лекций. <b>Всем заинтересованным пользователям:</b> <b>1.</b> – можно ознакомиться с примерами применения математических пакетов в образовательном процессе. <b>2.</b> – найти демо-версии популярных математических пакетов, электронные книги и свободно распространяемые программы.
3.	Математика	<a href="http://www.mathematics.ru">www.mathematics.ru</a>	учебный материал по различным разделам математики – алгебра, планиметрия, стереометрия, функции, графики и другие.
4.	Российское образование.	<a href="http://www.edu.ru">www.edu.ru</a>	федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ.
5.	Электронные каталоги Научной библиотеки ДГУ	<a href="http://elib.dgu.ru">http://elib.dgu.ru</a> , <a href="http://edu.icc.dgu.ru">http://edu.icc.dgu.ru</a>	
6.	Общероссийский	<a href="http://www.mathnet.ru">www.mathnet.ru</a>	Портал, предоставляет различные возможности в поиске

математический портал (Math-Net.Ru)		информации о математической жизни в России Портал содержит разделы: журналы, видеотека, библиотека, персоналии, организации, конференции.
-------------------------------------	--	---

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Учебная программа по функциональному анализу распределена по темам и по часам на лекции, практические и лабораторные занятия; предусмотрена также самостоятельная учебная работа студентов. По каждой теме преподаватель указывает студентам необходимую литературу (учебники, учебные пособия, сборники задач и упражнений), а также соответствующие темам параграфы и номера упражнений и задач.

Самостоятельная работа студентов складывается из работы над лекциями, с учебниками, решения рекомендуемых задач, подготовки к защите лабораторных работ, а также из подготовки к контрольным работам, коллоквиумам и сдаче зачетов и экзаменов.

При работе с лекциями и учебниками особое внимание следует уделить изучению основных понятий и определений по данному разделу, а также особенностям примененных методов и технологий доказательства теорем. Решение достаточного количества задач по данной теме поможет творческому овладению методами доказательства математических утверждений.

После изучения каждой темы рекомендуется самостоятельно воспроизвести основные определения, формулировки и доказательства теорем. Для самопроверки рекомендуется также использовать контрольные вопросы, приводимые в учебниках после каждой темы.

Основная цель практических занятий – подготовка студентов к самостоятельной работе над теоретическим материалом и к решению задач и упражнений.

### Методические рекомендации

Для подготовки к практическим занятиям нужно изучить следующие литературные источники:

- 1 Колмогоров А.Н., Фомин С.В. *Элементы теории функций и функционального анализа*. М.: Наука, 1981.
- 2 Люстерник Л.А., Соболев В.И. *Краткий курс функционального анализа*. М.: Высшая школа, 1982.

Решить задач и упражнений из учебного пособия Треногин В А. Задачи и упражнения по функциональному анализу: Учеб. пособие для втузов / Треногин В.А.; Б.М.Писаревский, Т.С.Соболева. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Физматлит, 2002. - 239 с. Для проверки остаточных знаний использовать тесты и вопросы для самопроверки

Для подготовки к экзамену: повторить лекционный материал, проанализировать список рекомендованной литературы, решить самостоятельно задачи и примеры из учебного пособия: Треногин В А. Задачи и упражнения по функциональному анализу: Учеб. пособие для втузов / Треногин В.А.; Б.М.Писаревский, Т.С.Соболева. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Физматлит, 2002. - 239 с.

## 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса по предмету рекомендуются компьютерные технологии, основанные на операционных системах Windows, Ubuntu, Linux, прикладные программы Mathcad, Matlab, Mathematica, а также сайты образовательных учреждений и журналов, информационно-справочные системы, электронные учебники.

При проведении занятий рекомендуется использовать компьютеры, мультимедийные проекторы, интерактивные экраны.

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

Университет обладает достаточной базой аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины математический анализ. Кроме того, на факультете 4 компьютерных класса и 4 учебных класса, оснащенных компьютерами с соответствующим программным обеспечением и мультимедиа-проекторами.

В университете имеется необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.