

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета факультета математики,
информационных и авиационных технологий
от «21» мая 2024 г., протокол №_5/24

Председатель _____ / М.А. Волков
«21» мая 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Функциональный анализ
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Кафедра прикладной математики
Курс	3 - очная форма обучения

Направление (специальность): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль/специализация): Имитационное моделирование и анализ данных

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Богданов Андрей Юрьевич	Кафедра прикладной математики	Доцент, Кандидат физико-математических наук, Доцент

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Данная дисциплина знакомит студентов с важнейшими методами функционального анализа, как классическими, так и численными. Достижение этих целей обеспечивает выпускнику получение высшего профессионально профилированного образования и обладание перечисленными ниже общими и предметно-специализированными компетенциями. Дисциплина "Функциональный анализ" непосредственно связана с дисциплинами "Алгебра и геометрия", "Математический анализ", "Дифференциальные уравнения".

Задачи освоения дисциплины:

Задачами освоения дисциплины являются общая теория бесконечномерных метрических пространств, линейных нормированных пространств, гильбертовых пространств, функционалов и операторов на них; теория меры и интегрирования в общих пространствах с мерой, установление обобщающих связей между различными разделами математики, такими как классический анализ, дифференциальные уравнения, линейная алгебра и т.д. В процессе обучения студенты должны усвоить методику дисциплины и приобрести навыки исследования и решения задач функционального анализа.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Функциональный анализ» относится к числу дисциплин блока Б1.О, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Теория чисел, Дополнительные главы математической статистики, Дополнительные главы математического анализа, Теория случайных процессов, Дифференциальные уравнения, Информатика и программирование, Алгебра и геометрия, Теория вероятностей, Математический анализ, Численные методы, Теория риска, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление, Математические методы прогнозирования, Методы имитационного компьютерного моделирования, Управляемые стохастические системы данных, Базы данных, Теория игр и исследование операций, Python для анализа данных.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</p>	<p>знать: Знать основные теоретические положения функционального анализа, методы решения и исследования важнейших типовых задач, важнейшие итерационные алгоритмы.</p> <p>уметь: Уметь правильно проводить математическую формализацию задач, выбирать адекватные математические модели, математически корректно применять методы функционального анализа, выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем.</p> <p>владеть: Владеть знаниями основных понятий, утверждений, а так же методами функционального анализа, как теоретическими, так и численными.</p>
<p>ОПК-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>	<p>знать: Знать основные теоретические положения функционального анализа, методы решения и исследования важнейших типовых задач, важнейшие итерационные алгоритмы.</p> <p>уметь: Уметь правильно проводить математическую формализацию задач, выбирать адекватные математические модели, математически корректно применять методы функционального анализа, выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем.</p> <p>владеть: Владеть знаниями основных понятий, утверждений, а так же методами функционального анализа, как теоретическими, так и численными.</p>
<p>ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>знать: Знать основные теоретические положения функционального анализа, методы решения и исследования важнейших типовых задач, важнейшие итерационные алгоритмы.</p> <p>уметь: Уметь правильно проводить математическую формализацию задач, выбирать адекватные математические модели, математически корректно применять методы функционального анализа, выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем.</p> <p>владеть: Владеть знаниями основных понятий, утверждений, а так же методами функционального анализа, как теоретическими, так и численными.</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 5 ЗЕТ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 180 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		5
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	54	54
Аудиторные занятия:	54	54
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	36	36
Лабораторные работы, практикумы	-	-
Самостоятельная работа	90	90
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (36)	Экзамен
Всего часов по дисциплине	180	180

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Метрические пространства							
Тема 1.1. Основные характеристики метрически	14	2	4	0	2	8	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
х пространств							
Тема 1.2. П редкомпактность и компактность	9	1	2	0	1	6	Тестирование
Тема 1.3. Критерии п редкомпактности и компактности	9	1	2	0	0	6	
Тема 1.4. Принцип сжимающих отображений	9	1	2	0	1	6	Тестирование
Раздел 2. Мера и интеграл Лебега							
Тема 2.1. Мера Лебега	16	2	4	0	1	10	
Тема 2.2. Измеримые функции	14	2	4	0	1	8	
Тема 2.3. Интеграл Лебега	16	2	4	0	2	10	
Раздел 3. Банаховы и гильбертовы пространства							
Тема 3.1. Банаховы пространства, линейные непрерывные функционалы и операторы	14	2	4	0	2	8	

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 3.2. Гильбертовы пространства	9	1	2	0	0	6	
Тема 3.3. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах	7	1	2	0	0	4	
Тема 3.4. Сильная и слабая сходимости	9	1	2	0	0	6	
Тема 3.5. Спектр и резольвента оператора. Сопряженные и самосопряженные операторы	18	2	4	0	2	12	
Итого подлежит изучению	144	18	36	0	12	90	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Метрические пространства

Тема 1.1. Основные характеристики метрических пространств

Плотные, открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве. Сепарабельность. Пример сепарабельного и несепарабельного пространства. Полные метрические пространства, примеры. Неполнота пространства $CL_p[0,1]$, $p \geq 1$.

Тема 1.2. Предкомпактность и компактность

Лемма о вложенных шарах. Компактные и предкомпактные множества в метрическом

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

пространстве. Предкомпактность и вполне ограниченность. Теорема Хаусдорфа. Компактные метрические пространства. Связь с предкомпактностью и замкнутостью.

Тема 1.3. Критерии предкомпактности и компактности.

Теорема Арцела. Критерий компактности в l_p , $p \geq 1$.

Тема 1.4. Принцип сжимающих отображений

Уравнение Кеплера. Условия однозначной разрешимости системы линейных уравнений. Интегральные уравнения Вольтерры и Фредгольма.

Раздел 2. Мера и интеграл Лебега

Тема 2.1. Мера Лебега

Полукольцо прямоугольников в R^2 и сигма-аддитивная мера на этом полукольце. Продолжение ее на кольцо элементарных множеств. Измеримые по Жордану и Лебегу множества. Справедливость импликации: если A измеримо по Жордану, то A измеримо по Лебегу. Несправедливость обратной импликации. Теорема о сигма-алгебре измеримых по Лебегу множеств. Непрерывность и полнота меры. Измеримость ограниченных открытых и замкнутых множеств. Существование неизмеримых множеств на отрезке. Обобщение меры Лебега для неограниченных множеств. Мера Лебега-Стилтьеса. Теорема Лебега о представлении любой меры в виде суммы специальных мер.

Тема 2.2. Измеримые функции

Измеримые функции. Различные общие определения. Измеримость композиции функций. Измеримые функции на отрезке, критерий. Примеры. Измеримость функции, непрерывной почти всюду. Измеримость предела последовательности измеримых функций, сходящихся почти всюду. Связь между сходимостью почти всюду и по мере. Контрпример. Существование сходящейся п.в. подпоследовательности в сходящейся по мере последовательности измеримых функций. Теоремы Лузина и Егорова (без доказательства).

Тема 2.3. Интеграл Лебега

Определенный интеграл Лебега. Существование интеграла Лебега от ограниченной измеримой функции и от функции, для которой сходится ряд с единичными интервалами. Теоремы Б. Леви, Фату и Лебега (без доказательства). Теорема о полноте пространства $L_1[0,1]$. Теорема о сепарабельности пространства $L_1[0,1]$ (плотность в нем непрерывных функций).

Раздел 3. Банаховы и гильбертовы пространства

Тема 3.1. Банаховы пространства, линейные непрерывные функционалы и операторы

Линейные нормированные и банаховы пространства. Линейные непрерывные функции, их норма. Эквивалентность непрерывности и ограниченности. Сопряженное пространство, его полнота и нетривиальность. Теорема о пространстве, сопряженном к l_p , $p \geq 1$. Теорема Хана-Банаха.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 3.2. Гильбертовы пространства

Предгильбертово пространство. Неравенство Коши-Буняковского, нормируемость. Гильбертово пространство, примеры. Теорема об ортогонализации системы. Полные и замкнутые системы. Теорема о существовании замкнутых ОНС в сепарабельном гильбертовом пространстве.

Тема 3.3. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах

Неравенство Бесселя и равенство Парсеваля. Эквивалентность полноты и замкнутости для систем. Изоморфизм бесконечномерных сепарабельных гильбертовых пространств. Теорема Рисса-Фишера.

Тема 3.4. Сильная и слабая сходимости

Сильная и слабая сходимости элементов в гильбертовом и банаховом пространствах. Пример слабо сходящейся последовательности, не сходящейся сильно. Сильная ограниченность слабо сходящейся последовательности.

Тема 3.5. Спектр и резольвента оператора. Сопряженные и самосопряженные операторы

Спектр оператора в банаховом пространстве. Резольвентное множество и его открытость (замкнутость спектра). Непустота спектра. Верхняя оценка спектрального радиуса нормой оператора. Сопряженные операторы в гильбертовом пространстве, их существование. Теорема о разложении пространства в прямую сумму замыкания образа оператора и ядра сопряженного. Спектр сопряженного оператора. Самосопряженные операторы, их спектр. Равенство спектрального радиуса норме оператора для самосопряженного оператора. Критерий компактности оператора в гильбертовом пространстве. Компактность оператора, сопряженного к компактному. Необратимость компактного оператора. Альтернатива Фредгольма (с неполным доказательством). Теорема о спектре самосопряженного оператора. Спектр компактного самосопряженного оператора. Теорема Гильберта.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ


Раздел 1. Метрические пространства

Тема 1.1. Основные характеристики метрических пространств

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Примеры метрических пространств.
- 2) Корректность метрик.
- 3) Сепарабельность метрических пространств.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

4) Полнота метрических пространств.

Тема 1.2. Предкомпактность и компактность

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Примеры предкомпактных и компактных множеств в метрических пространствах.
- 2) Принцип сжимающих отображений для конечномерных и бесконечномерных пространств.

Тема 1.3. Критерии предкомпактности и компактности.

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Задачи на теорему Арцела
- 2) Задачи на теорему Хаусдорфа ("гильбертов кирпич" и др.)

Тема 1.4. Принцип сжимающих отображений

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Классический принцип сжимающих отображений
- 2) Обобщённый принцип сжимающих отображений

Раздел 2. Мера и интеграл Лебега

Тема 2.1. Мера Лебега

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Мера Лебега на отрезке и квадрате
- 2) Теорема о сигма-алгебре измеримых по Лебегу множеств
- 3) Непрерывность и полнота меры Лебега
- 4) Существование неизмеримых по Лебегу множеств. Пример Витали.

Тема 2.2. Измеримые функции

Вопросы к теме:

Очная форма

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

- 1) Различные определения измеримых отображений
- 2) Измеримость суммы, произведения, частного измеримых функций
- 3) Измеримость сложной функции (композиции)
- 4) Связь между сходимостью почти всюду и по мере

Тема 2.3. Интеграл Лебега

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Полнота пространства $L_1[0,1]$
- 2) Сепарабельность пространства $L_1[0,1]$
- 3) Вычисление интеграла Лебега от степенных функций
- 4) Связь между интегралами Римана и Лебега. Примеры

Раздел 3. Банаховы и гильбертовы пространства

Тема 3.1. Банаховы пространства, линейные непрерывные функционалы и операторы

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Вычисление нормы ЛНФ в банаховом пространстве
- 2) Продолжение ЛНФ с подпространства на все пространство с сохранением нормы
- 3) Эквивалентность непрерывности и ограниченности ЛНФ
- 4) Вычисление норм ЛНО

Тема 3.2. Гильбертовы пространства

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Примеры гильбертовых пространств
- 2) Неравенство Коши-Буняковского
- 3) Примеры полных и замкнутых систем

Тема 3.3. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Неравенство Бесселя
- 2) Равенство Парсеваля
- 3) Теорема Рисса-Фишера. Примеры

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 3.4. Сильная и слабая сходимость

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Примеры сильной и слабой сходимости
- 2) Пример слабо сходящейся последовательности, не сходящейся сильно
- 3) Сильная ограниченность слабо сходящейся последовательности. Примеры

Тема 3.5. Спектр и резольвента оператора. Сопряженные и самосопряженные операторы

Вопросы к теме:

Очная форма

- 1) Вычисление спектра и резольвенты оператора
- 2) Нахождение сопряжённого оператора
- 3) Альтернатива Фредгольма
- 4) Спектр компактного самосопряжённого оператора

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Метрическое пространство. Плотные, открытые и замкнутые множества в метрическом пространстве. Сепарабельность. Пример сепарабельного и несепарабельного пространства.
2. Полные метрические пространства, примеры. Полнота пространства $C_p[0,1]$, $p \geq 1$. Лемма о вложенных шарах.
3. Компактные и предкомпактные множества в метрическом пространстве. Предкомпактность и вполне ограниченность. Теорема Хаусдорфа.
4. Компактные метрические пространства. Связь с предкомпактностью и замкнутостью.
5. Теорема Арцела.
6. Критерий предкомпактности в C_p , $p \geq 1$
7. Принцип сжимающих отображений.
8. Разрешимость уравнений Вольтерры и Фредгольма
9. Полукольцо прямоугольников в R^2 и сигма - аддитивная мера на этом полукольце. Продолжение

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ее на кольцо элементарных множеств (без доказательства). Измеримые по Жордану и Лебегу множества. Справедливость импликации: если A измеримо по Жордану, то A измеримо по Лебегу. Несправедливость обратной импликации.

10. Теорема осигма - алгебре измеримых по Лебегу множеств. Непрерывность и полнота меры. Измеримость ограниченных открытых и замкнутых множеств. Существование неизмеримых множеств на отрезке.

11. Обобщение меры Лебега для неограниченных множеств. Мера Лебега-Стилтьеса. Теорема Лебега о представлении любой меры в виде суммы специальных мер.

12. Измеримые функции. Различные общие определения. Измеримость композиции функций. Измеримые функции на отрезке, критерий. Примеры.

13. Измеримость функции, непрерывной почти всюду. Измеримость предела последовательности измеримых функций, сходящихся почти всюду

14. Связь между сходимостью почти всюду и по мере. Контрпример.

15. Существование сходящейся п.в. подпоследовательности в сходящейся по мере последовательности измеримых функций. Теоремы Лузина и Егорова (без доказательства).

16. Определенный интеграл Лебега. Существование интеграла Лебега от ограниченной измеримой функции и от функции, для которой сходится ряд от срезов.

17. Теоремы Б.Леви, Фату и Лебега (без доказательства).

18. Теорема о полноте пространства $L_1[0,1]$

19. Теорема о сепарабельности пространства $L_1[0,1]$ (плотность в нем непрерывных функций)

20. Линейные нормированные и банаховы пространства. Линейные непрерывные функционалы, их норма. Эквивалентность непрерывности и ограниченности.

21. Сопряженное пространство, его полнота и нетривиальность. Теорема о пространстве, сопряженном к l_p , $p \geq 1$.

22. Теорема Хана-Банаха.

23. Линейные ограниченные операторы, их норма. Компактные операторы. Примеры. Некомпактность единичного оператора в бесконечномерном банаховом пространстве.

24. Теорема Банаха-Штейнгауза.

25. Теорема Банаха об обратном операторе (без доказательства). Достаточность одного из условий для обратимости операторов в конечномерном пространстве L . Примеры необходимых операторов, для которых не выполнено одно из условий на ядро или образ.

26. Предгильбертово пространство. Неравенство Коши-Буняковского, нормируемость. Гильбертово пространство, примеры.

27. Теорема об ортогонализации системы. Полные и замкнутые системы. Теорема о существовании замкнутых ОНС с сепарабельным гильбертовым пространством.

28. Неравенство Бесселя и равенство Парсеваля.

29. Эквивалентность полноты и замкнутости для систем. Изоморфность бесконечномерных сепарабельных гильбертовых пространств.

30. Теорема Рисса-Фишера.

31. Сильная и слабая сходимость элементов в гильбертовом и банаховом пространствах. Пример слабо сходящейся последовательности, не сходящейся сильно. Сильная ограниченность слабо сходящейся последовательности.

32. Спектр оператора в банаховом пространстве. Резольвентное множество и его открытость (замкнутость спектра). Непустота спектра. Верхняя оценка спектрального радиуса нормой оператора.

33. Сопряженные операторы в гильбертовом пространстве, их существование. Теорема о

разложении пространства в прямую сумму замыкания образа оператора и ядра сопряженного. Спектр сопряженного оператора.

34. Самосопряженные операторы, их спектр. Равенство спектрального радиуса норме оператора для самосопряженного оператора.

35. Критерий компактности оператора в гильбертовом пространстве. Компактность оператора, сопряженного к компактному.

36. Альтернатива Фредгольма (с неполным доказательством). Теорема о спектре компактного самосопряженного оператора.

37. Теорема Гильберта.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. Метрические пространства			
Тема 1.1. Основные характеристики метрических пространств	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.2. Предкомпактность и компактность	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Критерии предкомпактности и компактности.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 1.4. Принцип сжимающих отображений	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 2. Мера и интеграл Лебега			
Тема 2.1. Мера Лебега	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	10	Вопросы к экзамену
Тема 2.2. Измеримые функции	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену
Тема 2.3. Интеграл Лебега	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	10	Вопросы к экзамену
Раздел 3. Банаховы и гильбертовы пространства			
Тема 3.1. Банаховы пространства, линейные непрерывные функционалы и операторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену
Тема 3.2. Гильбертовы пространства	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену
Тема 3.3. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену
Тема 3.4. Сильная и слабая сходимости	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену
Тема 3.5. Спектр и резольвента оператора. Сопряженные и	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-	12	Вопросы к экзамену

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
самосопряженные операторы	методического и информационного обеспечения дисциплины.		

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Колмогоров Андрей Николаевич. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для матем. спец. ун-тов / Колмогоров Андрей Николаевич, С. В. Фомин. - 6-е изд., испр. - Москва : Наука, 1989. - 623 с. : ил. - Библиогр.: с. 607-609 (57 назв.).-Предм. указ.: с. 610-623. - ISBN 5-02-013993-9 (в пер.). / .— ISBN 1_144422

2. Богданов А. Ю. Лекции по функциональному анализу : учеб.-метод. пособие / А. Ю. Богданов. - Ульяновск : УлГУ, 2003. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,87 МБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/984>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_34407

дополнительная

1. Ревина, С. В. Функциональный анализ в примерах и задачах : учебное пособие / С. В. Ревина, Л. И. Сазонов ; С. В. Ревина, Л. И. Сазонов. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 120 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/47190.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-9275-0683-5. / .— ISBN 0_131241

2. Люстерник Лазарь Аронович. Краткий курс функционального анализа : учеб. пособие для вузов / Люстерник Лазарь Аронович, В. И. Соболев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 272 с. - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по математике) (Учебники для вузов) (Специальная литература). - Библиогр.: с. 267. - ISBN 978-5-8114-0976-1 (в пер.). / .— ISBN 1_176389

учебно-методическая

1. Богданов Андрей Юрьевич. Задачи и упражнения по функциональному анализу : учеб.-метод. пособие / Богданов Андрей Юрьевич ; ФМиИТ, Каф. прикл. математики. - Ульяновск : УлГУ, 2008. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,92 МБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/985>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст :

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

электронный. / .— ISBN 0_34430.

2. Богданов А. Ю. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Функциональный анализ» для студентов направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» профиль «Имитационное моделирование и анализ данных» / А. Ю. Богданов ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 618 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/7613>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_41091.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.gosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Доцент Кандидат физико-математических наук, Доцент	Богданов Андрей Юрьевич
	Должность, ученая степень, звание	ФИО