

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Меркулов Раиса Сергеевна Должность: И.о. ректора Дата подписания: 18.04.2019 23:56:29 Уникальный программный ключ: 39428e82d614a3cd984f917b018f0fd2c07182daabc77db685db2d16370f6e7c	ОПОП	СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

Рассмотрено и утверждено на заседании  
кафедры математики и физики  
14.05.2019 г., протокол №9  
зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.П. Горюшкин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (КУРСА, МОДУЛЯ)

### Б1.В.01 «Функциональный анализ»

**Направление подготовки:** 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Год набора:** 2019

**Форма обучения:** очная

**Курс 3      Семестр 5**

**Зачет:** 5 семестр

Петропавловск-Камчатский 2019 г.

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 "Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата)", утвержденного приказом Минобрнауки России от 10.01.2018 № 9.

Составитель:

Профессор кафедры математики и физики \_\_\_\_\_ Р.И. Паровик

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

### Содержание

<b>1. Цель и задачи освоения дисциплины .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Место дисциплины в структуре ОП ВО .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Планируемые результаты обучения по дисциплине .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Содержание дисциплины .....</b>	<b>5</b>
<b>6. Самостоятельная работа .....</b>	<b>7</b>
<b>6.3 Внеаудиторная самостоятельная работа.....</b>	<b>9</b>
<b>7. Перечень вопросов на зачет .....</b>	<b>10</b>
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение .....</b>	<b>12</b>
<b>9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента .....</b>	<b>13</b>
<b>10. Материально-техническая база .....</b>	<b>17</b>

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является - формирование систематизированных знаний по функциональному анализу и навыков его применения. Приобретенные теоретические знания и практические навыки позволят студентам самостоятельно ставить и решать задачи функционального анализа.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б.1. Цикл математических и естественнонаучных дисциплин (базовая часть).

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки (специальности):

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Теоретические и практические основы профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. ОПК-1.3. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе полученных теоретических знаний.
	ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знает базовые математические методы решения прикладных задач. ОПК-2.2. Умеет адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. ОПК-2.3. Имеет опыт решения прикладных задач с использованием математических методов и систем программирования.
	ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические	ОПК-3.1. Знает классические математические модели,

ОПОП	СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»	

	модели для решения задач в области профессиональной деятельности	применяемые в различных областях человеческой деятельности. ОПК-3.2. Умеет модифицировать классические математические модели для решения конкретных задач профессиональной деятельности. ОПК-3.3. Имеет опыт применения методов математического моделирования для решения конкретных задач профессиональной деятельности.
ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям		ПК-1.1. Знает методы обработки и интерпретации данных исследований. ПК-1.2. Умеет осуществлять сбор, обработку и интерпретацию данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям. ПК-1.3. Владеет методами обработки и интерпретации данных научных исследований.

#### 4. Содержание дисциплины

##### Тема №1. Метрические и топологические пространства

Метрические и топологические пространства: множества, алгебра множеств; счетные множества и множества мощности континуума; метрические пространства; открытые и замкнутые множества; компактные множества в метрических пространствах; критерий Хаусдорфа; полнота и пополнение; теорема о стягивающих шарах; принцип сжимающих отображений; топологические пространства; примеры.

##### Тема №2. Мера и интеграл Лебега

Мера и интеграл Лебега: построение меры Лебега на прямой; общее понятие аддитивной меры; лебеговское продолжение меры; измеримые функции их свойства; определение интеграла Лебега; класс суммируемых функций; предельный переход под знаком интеграла; связь интеграла Лебега с интегралом Римана; интеграл Стильтьеса; теорема Радона-Никодима; прямое произведение мер и теорема Фубини; пространства  $L_1$ ,  $L_p$  ( $p > 1$ ); неравенства Гельдера и Минковского.

ОПОП	СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»	

### **Регулярные и хаотические режимы динамических систем. Аттракторы и репеллеры. Сечение Пуанкаре**

Хаотические колебания. Аттрактор Лоренца. Анализ системы Лоренца. Реакция Белоусова-Жаботинского. Хаос и сечение Пуанкаре. Характерные признаки хаоса. Дискретные отображения. Сдвиг Бернулли. Математические характеристики хаоса. Хаотическая диффузия. Сценарий перехода к хаосу. Переход к хаосу через удвоение периода. Переход к хаосу через перемежаемость. Странные аттракторы. Фрактальные свойства странного аттрактора. Эргодичность и перемешивание. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодические системы. Диссипативные перемешивающие системы. Отображение Пуанкаре.

#### **Тема №3. Банаховы пространства.**

Банаховы пространства: определение линейного нормированного пространства; примеры норм; банаховы пространства; сопряженное пространство, его полнота; теорема Хана-Банаха о продолжении линейного функционала; общий вид линейных функционалов в некоторых банаховых пространствах; линейные операторы; норма оператора; сопряженный оператор; принцип равномерной ограниченности; обратный оператор; спектр и резольвента; теорема Банаха об обратном операторе; компактные операторы; компактность интегральных операторов; понятие об индексе; теорема Фредгольма; примеры использования теоремы Фредгольма (задача Штурма-Лиувилля, теория потенциала, индекс дифференциального оператора).

#### **Тема №4. Гильбертовы пространства.**

Гильбертовы пространства: скалярное произведение; неравенство Коши-Буняковского-Шварца; ортогональные системы; неравенство Бесселя; базисы и гильбертова размерность; теорема об изоморфизме, ортогональное дополнение; общий вид линейного функционала; самосопряженные (эрмитовы) и унитарные операторы; ортопроекторы; спектр эрмитова и унитарного оператора; теорема Гильберта о компактных эрмитовых операторах; функциональное исчисление; приведение оператора к виду умножения на функцию; спектральная теорема; неограниченные самосопряженные операторы; примеры.

#### **Тема №5. Линейные топологические пространства.**

Линейные топологические пространства и обобщенные функции: полинормированные пространства; функционал Минковского; нормируемость и метризуемость; топологии в сопряженном пространстве; слабая компактность шара в сопряженном пространстве.

### **5. Тематическое планирование**

#### **Модули дисциплины**

№	Наименование модуля	Лекции	Практики/ семинары	Лабораторные	Сам. работа	Всего, часов
1	Функциональный анализ	10	12	0	50	72
	Всего	10	12	0	50	72

#### **Тематический план**

##### **Модуль 1**

№ темы	Тема	Кол- во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

1	Метрические и топологические пространства	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
2	Мера и интеграл Лебега	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
3	Банаховы пространства	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
4	Гильбертовы пространства	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
5	Линейные топологические пространства	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
<b>Практические работы</b>			
1	Метрические пространства.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
2	Линейные нормированные пространства.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
3	Гильбертовы пространства	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
4	Линейные функционалы и операторы.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
5	Сопряженное пространство	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
6	Вполне непрерывные операторы. Спектр линейного оператора.	2	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3
<b>Самостоятельная работа</b>			
1	Основные пространства гладких функций	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
2	Элементы линейного анализа	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
3	Гильбертовы пространства	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
4	Банаховы пространства	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
5	Линейные топологические пространства	10	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1

## 6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная.

Самостоятельная аудиторная работа включает выступление по вопросам семинарских занятий, выполнение практических заданий (*при наличии*).

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- Конспектирование, опрос.

### 6.1. Планы практических занятий

Задачи берутся из учебного пособия [1].

#### Тема №1. Метрические пространства.

*Основные понятия:*

Открытые и замкнутые множества в метрических пространствах. Замкнутые множества. Всюду плотные и нигде неплотные множества метрического пространства.

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

- Задачи для работы в аудитории. №№ 1.34-1.46, 1.67-1.81, 1.94-1.108, 1.118-1.137.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 1.47-1.66, 1.82-1.93, 1.108-1.117, 1.138-1.156.

## **Тема №2. Линейные нормированные пространства.**

*Основные понятия:*

Принципы вложенных шаров. Теорема Бэра. Принципы сжимающих отображений и ее приложения в алгебре, в теории функциональных и интегральных уравнений.

- Задачи для работы в аудитории. №№ 2.30-2.50
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 2.51-2.73

## **Тема №3. Гильбертовы пространства**

*Основные понятия:*

Лемма о параллелограмме. Ортогональные векторы. Приближение элемента пространства элементами подпространства. Разложение элемента гильбертова пространства в ряд Фурье по ортонормированной системе. Теорема Рисса-Фишера

- Задачи для работы в аудитории. №№ 3.14-3.34.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 3.35-3.53.

## **Тема №4. Линейные функционалы и операторы**

*Основные понятия:*

Линейные пространства. Нормы элемента. Сходность последовательности элементов. Пространства Евклида. Пространства Гильберта и его примеры. Длина вектора, угол между векторами.

- Задачи для работы в аудитории. №№ 4.34-4.84.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 4.85-4.138.

## **Тема №5. Сопряженное пространство**

*Основные понятия:*

Сопряженное пространство. Сильная топология в сопряженном пространстве. Примеры сопряженных пространств. Второе сопряженное пространство.

- Задачи для работы в аудитории. №№ 5.19-5.57.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 5.58-5.73.

## **Тема №6. Вполне непрерывные операторы. Спектр линейного оператора.**

*Основные понятия:*

Теорема Банаха - Штейнгауса. Критерии точечной сходимости. Теорема Банаха об обратном операторе. Собственные элементы и собственные значения линейного оператора. Спектр оператора. Резольвента. Спектр симметрического компактного оператора. Теорема Гильберта-Шмидта и ее следствия.



ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

- Задачи для работы в аудитории. №№ 6.8-6.21.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 6.22-6.35.
- Задачи для работы в аудитории. №№ 7.5-7.31.
- Задачи для самостоятельной работы. №№ 7.32-7.57.

### 6.3 Внеаудиторная самостоятельная работа

#### 1. Основные пространства гладких функций

Основные пространства гладких функций; пространства обобщенных функций; операции над обобщенными функциями: умножение на гладкую функцию, дифференцирование, замена переменных, преобразование Фурье.

#### 2. Элементы линейного анализа

Элементы линейного анализа: слабый и сильный дифференциал нелинейного функционала; экстремум функционала; классические задачи вариационного исчисления; уравнение Эйлера; вторая вариация; условия Лежандра и Якоби.

#### 3. Гильбертовы пространства.

Гильбертовы пространства: скалярное произведение; неравенство Коши-Буняковского-Шварца; ортогональные системы; неравенство Бесселя; базисы и гильбертова размерность; теорема об изоморфизме, ортогональное дополнение; общий вид линейного функционала; самосопряженные (эрмитовы) и унитарные операторы; ортопроекторы; спектр эрмитова и унитарного оператора; теорема Гильберта о компактных эрмитовых операторах; функциональное исчисление; приведение оператора к виду умножения на функцию; спектральная теорема; неограниченные самосопряженные операторы; примеры..

#### 4. Банаховы пространства.

Банаховы пространства: определение линейного нормированного пространства; примеры норм; банаховы пространства; сопряженное пространство, его полнота; теорема Хана-Банаха о продолжении линейного функционала; общий вид линейных функционалов в некоторых банаховых пространствах; линейные операторы; норма оператора; сопряженный оператор; принцип равномерной ограниченности; обратный оператор; спектр и резольвента; теорема Банаха об обратном операторе; компактные операторы; компактность интегральных операторов; понятие об индексе; теорема Фредгольма; примеры использования теоремы Фредгольма (задача Штурма-Лиувилля, теория потенциала, индекс дифференциального оператора)..

#### 5. Линейные топологические пространства.

Линейные топологические пространства и обобщенные функции: полинормированные пространства; функционал Минковского; нормируемость и метризуемость; топологии в сопряженном пространстве; слабая компактность шара в сопряженном пространстве.

№	Темы	Кол-во часов	Вид сам. работы
1	Основные пространства гладких функций	10	Конспект, опрос
2	Элементы линейного анализа	10	Конспект, опрос
3	Гильбертовы пространства	10	Конспект, опрос

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

4	Банаховы пространства	10	Конспект, опрос
5	Линейные топологические пространства	10	Конспект, опрос

## 7. Перечень вопросов на зачет

1. Понятие множества.
2. Операции над множествами.
3. Отображения множеств.
4. Понятие функции, прообраз, обратная функция.
5. Эквивалентность множеств.
6. Конечные и бесконечные множества.
7. Счетные множества.
8. Несчетность множества действительных чисел.
9. Теорема Кантора-Бернштейна.
10. Понятие мощности множества.
11. Аксиома выбора.
12. Метрическое пространство.
13. Неравенства Минковского, Гельдера.
14. Непрерывные отображения метрических пространств
15. Изометрия
16. Открытые и замкнутые множества в метрических пространствах
17. Замыкание в метрических пространствах
18. Сходимость в метрических пространствах
19. Плотные множества
20. Полные метрические пространства
21. Теорема о вложенных шарах
22. Теорема Бэра
23. Принцип сжимающих отображений
24. Простейшие применения принципа сжимающих отображений
25. Компактность в метрических пространствах
26. Теорема Арцела
27. Определение и примеры линейных пространств
28. Линейная зависимость
29. Подпространства линейного пространства
30. Фактор-пространства
31. Линейные функционалы
32. Геометрический смысл линейного функционала
33. Выпуклые множества и выпуклые тела
34. Однородно-выпуклые функционалы
35. Функционал Минковского
36. Теорема Хана-Банаха в линейных пространствах
37. Отделимость выпуклых множеств в линейном пространстве
38. Определение и примеры топологических пространств.
39. Открытые и замкнутые множества.
40. Сравнение топологий.
41. Определяющие системы окрестностей.
42. База топологии.

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

43. Аксиомы счетности.
44. Направленности и сходящиеся последовательности.
45. Непрерывные отображения топологических пространств.
46. Гомеоморфизм топологических пространств.
47. Аксиомы отделимости.
48. Понятие компактности.
49. Счетная компактность.
50. Непрерывные отображения компактных пространств.
51. Непрерывные функции на компактных пространствах.
52. Топологические линейные пространства
53. Определение и примеры ТЛП
54. Локальная выпуклость
55. Нормированные пространства
56. Подпространства нормированного пространства
57. Фактор-пространства нормированного пространства
58. Теорема Банаха—Штейнгауза
59. Теорема об открытом отображении
60. Теорема о замкнутом графике
61. Евклидовы пространства
62. Существование ортогональных базисов, ортогонализация
63. QR-алгоритм
64. SVD-, GSVD- разложения.
65. Неравенство Бесселя
66. Замкнутые ортогональные системы
67. Полные евклидовы пространства
68. Теорема Рисса-Фишера
69. Гильбертово пространство
70. Теорема об изоморфизме
71. Подпространства, ортогональные дополнения, прямая сумма
72. Характеристическое свойство евклидовых пространств
73. Непрерывные линейные функционалы в топологических линейных пространствах
74. Линейные функционалы на нормированных пространствах
75. Теорема Хана-Банаха в нормированном пространстве
76. Определение сопряженного пространства
77. Сильная топология в сопряженном пространстве
78. Примеры сопряженных пространств
79. Общий вид линейного функционала в евклидовом пространстве.
80. Второе сопряженное пространство
81. Слабая топология и слабая сходимости в линейном топологическом пространстве
82. Слабая сходимости в нормированных пространствах
83. Слабая топология и слабая сходимости в сопряженном пространстве
84. Ограниченные множества и сопряженном пространстве
85. Определение и примеры линейных операторов
86. Непрерывность и ограниченность
87. Сумма и произведение операторов
88. Обратный оператор, обратимость
89. Сопряженные операторы
90. Сопряженный оператор в евклидовом пространстве
91. Самосопряженные операторы

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

92. Спектр оператора
93. Резольвента
94. Функциональное исчисление непрерывных функций
95. Спектральная теорема
96. Определение и примеры компактных операторов
97. Основные свойства компактных операторов
98. Собственные значения компактного оператора
99. Компактные операторы в гильбертовом пространстве
100. Самосопряженные компактные операторы
101. Неограниченные операторы
102. Области определения, графики, сопряженные операторы и спектр
103. Симметрические и самосопряженные операторы
104. Основными критерий самосопряженности
105. Спектральная теорема
106. Сходимость неограниченных операторов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 8.1. Основная учебная литература:

1. Дерр, В. Я. Функциональный анализ: учебное пособие для бакалавров / В. Я. Дерр. — Москва: Издательство Юрайт, 2012. — 464 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-1448-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/359594> (дата обращения: 02.02.2021).
2. Скопин В.А. Функциональный анализ и интегральные уравнения: методические указания к самостоятельной работе / Скопин В.А., Седых И.А. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 17 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/55174.html> (дата обращения: 02.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Асташова И.В. Функциональный анализ: учебное пособие / Асташова И.В.. — Москва : Евразийский открытый институт, 2011. — 112 с. — ISBN 978-5-374-00486-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/11120.html> (дата обращения: 02.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Власова Е.А. Функциональный анализ: методические указания к практическим занятиям / Власова Е.А., Красновский Е.Е., Марчевский И.К. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 80 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/31318.html> (дата обращения: 02.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Сухинов А.И. Лекции по функциональному анализу: учебное пособие / Сухинов А.И., Фирсов И.П.. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. — 192 с. — ISBN 978-5-9275-0671-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46993.html> (дата обращения: 02.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 8.2. Дополнительная учебная литература:

1. Колмлгоров А. Н. Фомин С. В. Элементы теории функции и функционального анализа. М. 1976. 544 с.

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

2. Люстерник Л. А., Соболев В. И. Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1951. 360 с.
3. Люстерник Л. А., Соболев В. И. Краткий курс функционального анализа. М. 1982.
4. Рисс Ф. И., Секефальви-Надь Б. Лекции по функциональному анализу. М. 1979.
5. Данфорд Н. И. Линейные операторы. М.: Мир, 1962. 895 с.
6. Шилов Г. Е. Математический анализ, специальный курс. М. 1960.
7. Треногин В.А., Писаржевский В.С., Соболева Т.С. Задачи и упражнения по функциональному анализу. М.: Наука, 1984. 256 с.
8. Кирилов А.А., Гвишиани А.Д. Теоремы и задачи функционального анализа. М., 1979. 381 с.
9. Рудин У. Функциональный анализ, Т.1, Т.2, М.: Мир, 1975. 443 с.
10. Иосида К. Функциональный анализ. М.:Мир, 1967. 624 с.
11. Данфорд Н., Шварц Дж. Т. Линейные операторы. Общая теория. М.: ИЛ, 1962. 895 с.
12. Садовничий В.А. Тория операторов. – М.: МГУ, 1986. 386 с.
13. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ. М., Наука, 1977. 742 с.
14. Антонец А.Б., Князев П.Н., Радыно Я.В., Задачи и упражнения по функциональному анализу. – М., КомКнига, 2006. 208 с.
15. Талдыкин А.Т. Элементы прикладного функционального анализа. М., 1982.
16. Петров В.А., Виленкин Н.Я., Граев М.И. Элементы функционального анализа в задачах. М.: 1978.

#### 8.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Электронно-информационная среда вуза (Moodle) - <http://moodle3.kamgu.ru>
2. Учебно-методические материалы для студентов физико-математического факультета - <http://fizmatkamgu.ru/yymm/>
3. Научная электронная библиотека Elibrary.ru – <http://elibrary.ru>
4. Математический портал Math-Net – <http://mathnet.ru>
5. Академия Google - <https://scholar.google.ru/>
6. видеолекции на канале Постнаука youtube.com

#### 8.4. Информационные технологии:

Компьютерная программа символьной математики Maple.

### 9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

На основании разработанной компетентностной модели выпускника образовательные цели представлены в виде набора компетенций как планируемых результатов освоения образовательной программы. Определение уровня достижения планируемых результатов освоения образовательной программы осуществляется посредством оценки уровня сформированности компетенции и оценки уровня успеваемости обучающегося по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено»).

Основными критериями оценки в зависимости от вида работы обучающегося являются: сформированность компетенций (знаний, умений и владений), степень владения профессиональной терминологией, логичность, обоснованность, четкость изложения материала, ориентирование в научной и специальной литературе.

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

**Критерии оценивания уровня сформированности компетенций  
и оценки уровня успеваемости обучающегося**

**Текущий контроль**

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения модулей дисциплины (оценка)	Критерии оценивания отдельных видов работ обучающихся	
		Устный опрос, сообщение по вопросам семинарских (практических) занятий	Решение задач; составление задач; работа над обобщающими вопросами.
Высокий	Отлично	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков). Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.	Верно решено от 91 до 100 % заданий (задач)
Базовый	Хорошо	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками.	Верно решено от 76 до 90 % заданий (задач)

ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

		Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.	
Пороговые	Удовлетворительно	Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.	Верно решено от 50 до 75 % заданий (задач)
Компетенции не сформированы	Неудовлетворительно	Оценивается ответ студента, представляющей собой разрозненные знания с существенными ошибками. Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, методическая терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знания, умения, навыки) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют. Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы.	Верно решено верно менее 50 % заданий (задач)

### Промежуточная аттестация

Уровень сформированности компетенции	Уровень основание дисциплины	Критерии оценивания обучающихся (работ обучающихся)
		Зачет
Высокий	Зачтено (отлично)	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие

ОПОП	СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»	

		исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине. Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.
Базовый	Зачтено (хорошо)	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине, вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками. Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.
Пороговый	Зачтено (удовлетворительно)	Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по



ОПОП		СМК-РПД Д-В1.П2-2019
Рабочая программа по дисциплине Б1.В.01 «Функциональный анализ» для направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»		

		дисциплине, вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.
Компетенции не сформированы	Не зачтено (Неудовлетворительно)	<p>Ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы или ответ представляет разрозненные знания с существенными ошибками. Ответ фрагментарен и не логичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, методическая терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знаний, умений, навыков) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют.</p>

#### 10. Материально-техническая база

Аудитория вместимостью не менее 20 человек для лекционных и практических занятий, компьютеры с установленным программным обеспечением Maple, а также оснащенный современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации (проектор), получения и передачи электронных документов.