

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

«26» мая 2023 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.31 ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование  
(с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) Математика, Информатика

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) направленность (профиль) "Математика, Информатика"

Программу составил(и):

Бочаров А.В., старший преподаватель кафедры функционального анализа и алгебры



Рабочая программа «элементы функционального анализа» утверждена на заседании кафедры функционального анализа и алгебры протокол № 8 от «18» апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой Барсукова В.Ю



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук, протокол № 3 от «20» апреля 2023 г.

Председатель УМК факультета Шмалько С.П. \_

  
подпись

Рецензенты:

Н.А. Наумова, доктор тех. наук, профессор кафедры прикладной математики КубГТУ

А.В. Павлова, доктор физико-математических наук, профессор кафедры матем. моделирования КубГУ

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Цели освоения дисциплины определены федеральным государственным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) «Математика, Информатика» в рамках которой преподается дисциплина.

Целями освоения дисциплины «Элементы функционального анализа» являются формирование у студентов базовых знаний по функциональному анализу, математической культуры, способностей к алгоритмическому и логическому мышлению; формирование и развитие личности студентов; овладение современным аппаратом функционального анализа для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Задачами изучения дисциплины являются:

- 1 получение студентами основных теоретических знаний;
- 2 развитие познавательной деятельности;
- 3 приобретение практических навыков работы с понятиями и объектами функционального анализа

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Элементы функционального анализа» относится к вариативной обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана читается на 3 курсе в 5 семестре.

Место курса в профессиональной подготовке бакалавра определяется ролью функционального анализа в формировании высококвалифицированного специалиста по направлению Педагогическое образование. Данная дисциплина является одной из основных дисциплин для дальнейшего изучения дисциплин высшей математики и механики.

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками по программам дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Алгебра».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующей компетенции:

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
---	-----------------------------------

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-8 Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний</b>	
ИОПК-8.1 Демонстрирует специальные научные знания в том числе в предметной области	Знать основные теоремы теории линейных непрерывных операторов, принцип сжимающих отображений и другие теоремы о существовании решений различных классов уравнений
	Уметь решать задачи функционального анализа; применять полученные навыки в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания;
	Владеть аппаратом функционального анализа, методами применения этого аппарата к решению задач
ИОПК-8.2 Применяет методы анализа педагогической ситуации, профессиональной рефлексии на основе специальных научных знаний	Знать формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства
	Уметь доказывать утверждения функционального анализа; ставить задачи, пользуясь языком функционального анализа
	Владеть методами функционального анализа при профессиональной рефлексии

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет \_\_\_ зачетных единиц ( \_\_\_ часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		5 семестр (часы)	X семестр (часы)		
<b>Контактная работа, в том числе:</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>34</b>	<b>34</b>			
занятия лекционного типа	16	16			
лабораторные занятия	18	18			
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>					
<i>Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	35,8	35,8			
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену					

Общая трудоемкость	час.	72	72			
	в том числе контактная работа	36,2	36,2			
	зач. ед	2	2			

## 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6 семестре (3 курса) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Линейные нормированные пространства	11	2		3	6
2.	Принцип сжимающих отображений	13	2		3	8
3.	Линейные операторы	15	4		4	7
4.	Гильбертовы пространства	14,8	4		4	6,8
5.	Вполне непрерывные операторы	16	4		4	8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	69,8	16		18	35,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	72	72			

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Линейные нормированные пространства	Линейные и нормированные пространства. Примеры: $l_p^n$ , $l_p$ , $l_\infty$ , $C[a,b]$ , $L_p[a,b]$ . Топология. Теорема о вложенных шарах. Теорема Бэра.	Устный опрос
2	Принцип сжимающих отображений	Принцип сжимающих отображений. Применение ПСО к уравнениям, алгебраическим системам, интегральным уравнениям. Обобщённый принцип сжимающих отображений.	Устный опрос
3	Линейные операторы	Линейные непрерывные операторы. Примеры. Норма оператора. Полнота пространства $L(X,Y)$ . Принцип равномерной ограниченности.	Коллоквиум

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
		Обратимость линейных операторов. Теорема Банаха-Штейнгауза. Теорема Хана – Банаха. Спектр линейного непрерывного оператора.	
4	Гильбертовы пространства	Конечномерные пространства. Гильбертовы пространства. Ряды Фурье.	Устный опрос
5	Вполне непрерывные операторы	Вполне непрерывные операторы. Пример вполне непрерывного оператора в $L_2[a, b]$ . Сопряженные операторы. Конечномерные операторы. Представление вполне непрерывного оператора в виде суммы конечномерного и малого по норме. Теория Фредгольма.	Коллоквиум

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№ п/п	Наименование раздела	Тематика практических занятий	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Линейные нормированные пространства	Линейные пространства. Сходимость.	Самостоятельная работа
2	Принцип сжимающих отображений	Принцип сжимающих отображений. Его применение к скалярным уравнениям, к системам алгебраических уравнений, к дифференциальным и интегральным уравнениям	Устный опрос, самостоятельная работа
3	Линейные непрерывные операторы	Линейные отображения. Операции над ними. Оценка и вычисление нормы операторов	Контрольная работа
4	Гильбертовы пространства	Скалярное произведение и его свойства. Гильбертовы пространства. Теорема о проекции. Ряды Фурье.	Контрольная работа
5	Вполне непрерывные	Уравнения с вырожденным ядром. Нахождение характеристических чисел	Устный опрос, самостоятельная

№ п/ п	Наименование раздела	Тематика практических занятий	Форма текущего контроля
	операторы	и собственных функций интегрального уравнения. Теоремы Фредгольма	я работа

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Курсовые работы - не предусмотрены*

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид самостоятельной работы	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Подготовка к текущему контролю	<p>1. Методические указания для подготовки к занятиям лекционного и семинарского типа. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p> <p>2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p> <p>3. Методические указания по использованию интерактивных методов обучения. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p> <p>4. Методические указания по подготовке эссе, рефератов, курсовых работ. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p>
2.	Выполнение лабораторных работ и расчетно-графических заданий	<p>1. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p> <p>2. Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.</p>
4.	Подготовка и оформление	Методические указания по подготовке и оформлению отчета по практике. Утверждены на заседании Совета

	отчетов по практике	факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.
5.	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	Методические указания по выполнению и защите выпускной квалификационной работы (бакалавриат, магистратура, специалитет). Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 5 от 05 мая 2022 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При изучении данного курса используются традиционные лекции и лабораторные занятия.

Цель лабораторных занятий – научить студента применять полученные на лекциях теоретические знания к решению и исследованию конкретных задач.

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью процесса подготовки. Под самостоятельной работой понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирования умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. СРС помогает формировать культуру мышления студентов, расширять познавательную деятельность.

Виды самостоятельной работы по курсу:

а) по целям: подготовка к лекциям, к практическим занятиям, к контрольной работе, к коллоквиуму; подготовка научного доклада и выполнение заданий по НИР.

б) по характеру работы: изучение литературы, конспекта лекций; поиск литературы в библиотеке; конспектирование рекомендуемой для самостоятельного изучения научной литературы; написание реферата, эссе; решение задач, тестов; работа с обучающими и контролирующими программами.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**



Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций.

Оценочными средствами дисциплины являются средства текущего контроля (коллоквиумы, контрольные работы, а также на практических занятиях – ответ у доски и проверка домашних заданий) и итоговая аттестация (зачет).

#### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

.Проверить, образует ли  $V$  линейное подпространство пространства  $X$ :

$$X = R^3, V = \{x \in R^3 : x_1 + x_2 + x_3 = 0\}$$

2. Является ли функция  $\varphi(x) = 2|x_1 + x_2|$  нормой в пространстве  $R^2$ .

3. Сходятся ли последовательности в указанных пространствах. В случае сходимости указать предел.

$$a) l_2, x_k = \left( 0, 0, \dots, 0, \frac{1}{k}, 0, \dots \right);$$

$$b) C[0,1], x_k(t) = t^k.$$

4. Найти проекцию вектора на подпространство и расстояние от вектора до подпространства

$$a) l_2, a = \left( \frac{1}{2}, \frac{1}{2^2}, \frac{1}{2^3}, \dots, \frac{1}{2^n}, \dots \right)$$

$$\text{на подпространство } M = \{x \in l_2 : x = (0, 0, \dots, 0, x_{n+1}, x_{n+2}, \dots)\};$$

$$b) l_2^3, a = (1, 2, 1) \text{ на подпространство } M = \{x \in l_2^3 : x_1 - x_2 = 0\}.$$

5. Проверить линейность операторов:

$$a) A : R^3 \rightarrow R^3, Ax = (x_1^2, x_1 + x_3, x_3^2);$$

$$b) A : C[0,1] \rightarrow C[0,1], (Ax)(t) = x^2(t).$$

6. Оценить норму следующих операторов:

$$A: l_1^3 \rightarrow l_1^3, \quad Ax = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 6 \\ -3 & 0 & 4 \\ 2 & -6 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix};$$

a)

$$b) A: C[0,1] \rightarrow C[0,1], \quad (Ax)(t) = t^2 x(t).$$

7. Доказать, что уравнение имеет решение

$$x = \frac{1}{3} \sin x + 2$$

8. Доказать, используя принцип сжатых отображений, что система имеет единственное решение

$$\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}x_1 - \frac{1}{3}x_2 + 2 \\ x_2 = \frac{1}{3}x_1 + \frac{1}{2}x_2 + 5 \end{cases}$$

9. Найти спектр и спектральный радиус оператора A:

$$a) A: l_\infty \rightarrow l_\infty, \quad Ax = (x_1 + x_2, x_2, x_3, \dots, x_n, \dots);$$

$$b) A: C[0,1] \rightarrow C[0,1], \quad (Ax)(t) = \int_0^t x(s) ds$$

10. Решить уравнение

$$x(t) = \int_{-1}^1 t^2 s x(s) ds + t$$

11. Найти характеристические значения и собственные функции

$$x(t) = \mu \int_0^1 (t^2 s + s) x(s) ds$$

**4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

**Вопросы для подготовки к зачету**

1. Линейные пространства.
2. Нормированные пространства.
3. Пространства  $l_p^n$  и  $l_p$ .
4. Топология нормированных пространств.
5. Теорема о вложенных шарах.
6. Теорема Бэра.
7. Конечномерные пространства.
8. Принцип сжатых отображений.
9. Применение принципа сжимающих отображений к уравнениям
10. Применение принципа сжимающих отображений к алгебраическим системам
11. Применение принципа сжимающих отображений к интегральным уравнениям.
12. Непрерывные линейные операторы.
13. Непрерывность интегрального оператора.
14. Пространство линейных операторов.
15.  $L(X, Y)$ .
16. Принцип равномерной ограниченности.
17. Теорема Банаха – Штейнгауза.
18. Теорема Хана – Банаха.
19. Пространства со скалярным произведением. Неравенство Коши-Буняковского.
20. Теорема о диагоналях параллелограмма.
21. Теорема Пифагора.
22. Теорема о проекции.
23. Линейная зависимость и независимость.
24. ОНС. Процесс ортогонализации.
25. Ряд Фурье.
26. Частичная сумма ряда Фурье.
27. Сходимость ряда Фурье.
28. Обратимость близких операторов.
29. Спектр оператора и его свойства. Примеры.
30. Резольвента оператора и её свойства. Теорема о непустоте спектра.
31. Вполне непрерывные операторы и их свойства.
32. Сопряженные операторы в  $H$ .
33. Свойство  $A^*$ .
34. Вполне непрерывность сопряженного оператора.
35. Сопряженный интегральный оператор.
36. Замкнутость  $\text{Im}(I - A)$ .
37. Конечномерные операторы.
38. Аппроксимация вполне непрерывных операторов конечномерными.
39. Первая теорема Фредгольма.
40. Вторая теорема Фредгольма.
41. Третья теорема Фредгольма.

### **Критерии оценивания усвоенных знаний обучающихся**

Зачет выставляется по результатам работы студента в течение семестра. Отметка «зачтено» выставляется студентам, которые регулярно посещали занятия, выполняли домашние работы, написали контрольные работы на положительные оценки, успешно отвечали на вопросы коллоквиума. Отметка «не зачтено» выставляется студентам, которые пропустили более 60 % занятий и написали контрольные работы на неудовлетворительные оценки.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 572 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2206>.

2. Филимоненкова, Н.В. Сборник задач по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65041>

3. Филимоненкова, Н.В. Конспект лекций по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64343>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Библиоклуб».

### **5.2 Дополнительная литература:**

1 Люстерник, Л.А. Краткий курс функционального анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/245>

- 2 Треногин, В.А. Функциональный анализ [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2002. — 488 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2340>
- 3 Треногин, В.А. Задачи и упражнения по функциональному анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2342>. — Загл. с экрана.
- 4 Цалюк З.Б., Цалюк М.В. Функциональный анализ. Просвещение-Юг, Краснодар, 2014.

**6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

Не предусмотрены.

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, лабораторных занятий, в ходе которых студентами приобретаются и закрепляются основные практически навыки решения различных задач, в том числе с применением полученных теоретических знаний.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью процесса подготовки. Под самостоятельной работой понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирования умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. СРС помогает формировать культуру мышления студентов, расширять познавательную деятельность.

Виды самостоятельной работы по курсу:

*а) по целям:* подготовка к лекциям, к практическим занятиям, к контрольной работе, к коллоквиуму.

*б) по характеру работы:* изучение литературы, конспекта лекций; поиск литературы в библиотеке; конспектирование рекомендуемой для самостоятельного изучения научной литературы; решение задач, тестов; работа с обучающими и контролирующими программами.

Тематическое планирование самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Вид работы
1	2	3	4
1	Линейные нормирован	Линейные и нормированные	Поиск необходимой информации. Изучение

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Вид работы
	ные пространства	пространства. $l_p^n, l_p, l_\infty, C[a,b], L_p[a,b]$ . Топология. Теорема Бэра.	лекционного материала. Конспектирование.
2	Принципы сжимающих отображений	Принцип сжимающих отображений. Применения. Интегральные уравнения.	Изучение лекционного материала и материала учебников.
3	Линейные операторы	Принцип равномерной ограниченности. Обратимость линейных операторов. Теорема Хана – Банаха. Линейный функционал в некоторых банаховых пространствах.	Поиск необходимой информации. Подготовка к контрольной работе
4	Гильбертовы пространства	Конечномерные пространства. Гильбертовы пространства.	Повторение лекционного материала и материала учебников. Подготовка к контрольной работе
6	Вполне непрерывные операторы	Резольвента. Спектр. Спектральный радиус. Вполне непрерывные операторы. Сопряженные операторы. Теория Фредгольма. Спектр вполне непрерывного оператора. Теорема Гильберта-Шмидта.	Поиск необходимой информации. Решение задач. Подготовка к контрольной работе

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

информационные технологии - не предусмотрены

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

Программное обеспечение - не предусмотрено

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением
	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью, презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением
	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета