

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



И. Н. Якунина  
«20» января 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.7 Линейные операторы в гильбертовом пространстве

Направление подготовки/специальность: 01.03.01 - Математика

Профиль/направленность/специализация: Дифференциальные уравнения,  
динамические системы и оптимальное управление

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2020

Тамбов, 2021

**Автор программы:**

Доктор физико-математических наук, профессор Молчанов Владимир Федорович

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.01 - Математика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2012 г. № 8).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «11» января 2021 г. Протокол № 5

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «20» января 2021 г. № 1.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	4
3. Объем и содержание дисциплины.....	4
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	7
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	14
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	15
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	16

## 1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-2 Способен строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полу результата

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сфере: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок)

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
- В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	ПК-2 Способен строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	Осуществляет постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-2 Способен строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения			
		Очная (семестр)			
		4	6	7	8
1	Дифференциальная геометрия и топология		+	+	+
2	Преддипломная практика				+
3	Физика	+			

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Линейные операторы в гильбертовом пространстве» относится к части, формируемой у 01.03.01 - Математика.

Дисциплина «Линейные операторы в гильбертовом пространстве» изучается в 7, 8 семестрах.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 6 з.е.

Очная: 6 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>216</b>
Контактная работа	64
Лекции (Лекции)	32
Практические (Практ. раб.)	32
Самостоятельная работа (СР)	116
Экзамен	36
Зачет	-

## 3.2.Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
7 семестр					
1	Гильбертово пространство	4	4	8	Выполнение практических заданий
2	Линейные операторы. Ограниченные операторы	4	4	12	Выполнение практических заданий; Контрольная работа
3	Замкнутые операторы. Сопряженный оператор	4	4	10	Выполнение практических заданий
4	Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе	2	2	14	Выполнение практических заданий; Контрольная работа; Зачет
8 семестр					
5	Теорема Банаха об ограниченном операторе	4	4	16	Выполнение практических заданий
6	Резольвента и спектр	4	4	16	Выполнение практических заданий; Выполнение практических заданий
7	Индексы дефекта	4	4	16	Выполнение практических заданий

8	Дифференциальные операторы	6	6	24	Выполнение практических заданий; Контрольная работа
---	----------------------------	---	---	----	--

### Тема 1. Гильбертово пространство (ПК-2)

#### Лекция.

Гильбертово пространство. Линейные функционалы.

#### Практическое занятие.

Гильбертово пространство. Линейные функционалы.

#### Задания для самостоятельной работы.

[5] упражнения 3-17 к главе 12

### Тема 2. Линейные операторы. Ограниченные операторы (ПК-2)

#### Лекция.

: Линейные операторы. Область определения. Непрерывность и ограниченность. Сумма и произведение операторов. Обратимость. Обратный оператор. Собственные векторы, инвариантные подпространства, приводимость. График оператора.

#### Практическое занятие.

Вычисление нормы оператора интегрирования в пространстве  $L_2(0;1)$ .

[4] задачи 1–7 к пункту 3, задачи 1–8 к пункту 6 главы V

#### Задания для самостоятельной работы.

[4] задачи 1–7 к пункту 3, задачи 1–8 к пункту 6 главы V

### Тема 3. Замкнутые операторы. Сопряженный оператор (ПК-2)

#### Лекция.

Замкнутые операторы. Замыкание. Сопряженный оператор. Симметрические и самосопряженные операторы. Изометрические и унитарные операторы.

#### Практическое занятие.

Замкнутые операторы. Замыкание. Сопряженный оператор. Симметрические и самосопряженные операторы. Изометрические и унитарные операторы.

#### Задания для самостоятельной работы.

[5] упражнения 1-7 к главе 13

### Тема 4. Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе (ПК-2)

#### Лекция.

Две теоремы фон Неймана о существовании второго сопряженного оператора для замкнутого оператора и замыкаемого оператора.

#### Практическое занятие.

Две теоремы фон Неймана о существовании второго сопряженного оператора для замкнутого оператора и замыкаемого оператора.

#### Задания для самостоятельной работы.

[5] упражнения 8-10 к главе 13

### Тема 5. Теорема Банаха об ограниченном операторе (ПК-2)

#### Лекция.

Теорема Банаха об ограниченности замкнутого оператора.

#### Практическое занятие.

Теорема Банаха об ограниченности замкнутого оператора.

**Задания для самостоятельной работы.**

[5] упражнения 14–20 к главе 12,

**Тема 6. Резольвента и спектр (ПК-2)****Лекция.**

Резольвента и спектр. Тождество Гильберта. Спектр самосопряженного оператора. Резольвента самосопряженного оператора. Спектральное разложение оператора с простым спектром. Спектральное разложение самосопряженного оператора.

**Практическое занятие.**

Резольвента и спектр. Тождество Гильберта. Спектр самосопряженного оператора. Резольвента самосопряженного оператора. Спектральное разложение оператора с простым спектром. Спектральное разложение самосопряженного оператора.

**Задания для самостоятельной работы.**

[5] упражнения 18–26 к главе 12, [5] упражнения 17, 19–22 к главе 13

**Тема 7. Индексы дефекта (ПК-2)****Лекция.**

Преобразование Кэли. Формулы фон Неймана. Симметрические расширения симметрического оператора. Самосопряженные расширения.

**Практическое занятие.**

Преобразование Кэли. Формулы фон Неймана. Симметрические расширения симметрического

**Задания для самостоятельной работы.**

[5] упражнения 10–16 к главе 13

**Тема 8. Дифференциальные операторы (ПК-2)****Лекция.**

Симметрические дифференциальные операторы. Самосопряженные расширения регулярного дифференциального оператора. Теорема Титчмарша-Кодаиры

**Практическое занятие.**

Симметрические дифференциальные операторы. Самосопряженные расширения регулярного дифференциального оператора. Теорема Титчмарша-Кодаиры

**Задания для самостоятельной работы.**

[5] упражнения 8, 9 к главе 13

**4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства****4.1. Распределение баллов:**

7 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 70 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

**Распределение баллов по заданиям:**

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
---------	------------------------------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------------------

1.	Гильбертово пространство	Выполнение практических заданий	15	<p>3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы;</p> <p>2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет);</p> <p>1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал;</p> <p>0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.</p>
2.	Линейные операторы. Ограниченные операторы	Выполнение практических заданий	10	<p>3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы;</p> <p>2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет);</p> <p>1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал;</p> <p>0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.</p>
		<b>Контрольная работа(контрольный срез)</b>	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
3.	Замкнутые операторы. Сопряженный оператор	Выполнение практических заданий	15	<p>3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы;</p> <p>2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет);</p> <p>1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал;</p> <p>0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.</p>
4.	Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе	Выполнение практических заданий	10	<p>3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы;</p> <p>2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет);</p> <p>1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал;</p> <p>0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.</p>
		<b>Контрольная работа(контрольный срез)</b>	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла



		Зачет	20	5 заданий по 4 балла за задание
5.	Посещаемость		10	Студент может получить дополнительно 10 баллов за регулярное выполнение заданий и отсутствие пропусков уважительной причины
6.	Премияльные баллы		20	Участие в студенческих олимпиадах – 10 баллов Участие в студенческих конференциях – 10 баллов
7.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать экзамене		50	Добор баллов: студент может предоставить все задания текущего контроля и задания контрольных срезов
8.	Итого за семестр		100	

### 8 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 40 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

### Распределение баллов по заданиям:

№ темы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Макс. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Теорема Банаха об ограниченном операторе	Выполнение практических заданий	10	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
2.	Резольвента и спектр	Выполнение практических заданий	10	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
		Выполнение практических заданий (контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.

3.	Индексы дефекта	Выполнение практических заданий	10	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике
4.	Дифференциальные операторы	Выполнение практических заданий	10	3 балла – задача решена верно, метод выбран наиболее рационально, студент грамотно отвечает на все поставленные преподавателем вопросы; 2 балла – задача решена верно, но при этом использован не самый рациональный метод (или студент неуверенно отвечает на поставленные вопросы, ошибается, но сам себя исправляет); 1 балл – студент может правильно решить задачу только с помощью наводящих вопросов преподавателя, но в процессе работы осваивает нужный учебный материал; 0 баллов – студент не может привести решение задачи и не может ответить на наводящие вопросы преподавателя и обнаруживает полную неподготовленность по изучаемой тематике.
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла
5.	Посещаемость		10	Студент может получить дополнительно 10 баллов за регулярное выполнение заданий и отсутствие пропусков занятий без уважительной причины
6.	Премияльные баллы		20	Участие в студенческих олимпиадах – 10 баллов Участие в студенческих конференциях – 10 баллов
7.	Ответ на экзамене		30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
8.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы на экзамене		50	Добор баллов: студент может предоставить все задания текущего контроля и задания контрольных срезов
9.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

## 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Выполнение практических заданий

#### Тема 1. Гильбертово пространство

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных

#### Тема 2. Линейные операторы. Ограниченные операторы

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных

#### Тема 3. Замкнутые операторы. Сопряженный оператор

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных

#### Тема 4. Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных

#### Тема 5. Теорема Банаха об ограниченном операторе

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных задач

#### Тема 6. Резольвента и спектр

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных задач

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

#### Тема 7. Индексы дефекта

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных задач

#### Тема 8. Дифференциальные операторы

Собеседование, устный опрос, самостоятельная работа, решение контекстных, ситуационных задач

### Зачет

#### Тема 4. Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе

Задания для зачетной работы

### Контрольная работа

#### Тема 2. Линейные операторы. Ограниченные операторы

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

#### Тема 4. Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

#### Тема 8. Дифференциальные операторы

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

## 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, экзамена

### Типовые вопросы зачета (ПК-2)

**Типовые вопросы зачета:**

- 1 Линейные операторы.
- 2 Область определения. Непрерывность. Ограниченность. График.
- 3 Сумма, произведение операторов.
- 4 Обратимость. Обратный оператор.
- 5 Собственные векторы, инвариантные подпространства.
- 6 Изометрические и унитарные операторы.
- 7 Замкнутые операторы. Замыкание.
- 8 Сопряженный оператор.
- 9 Симметрические и самосопряженные операторы.
- 10 Оператор умножения на независимую переменную.
- 11 Оператор дифференцирования.

### Типовые задания для зачета (ПК-2)

Типовые задания для зачета

1. Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $\{x_i\}$  – ортонормированный базис. Пусть  $D(A) = \text{span}\{x_i\}$  и на векторах  $x_i$  оператор  $A$  действует по правилу:  $Ax_i = \lambda_i x_i$ . Доказать, что спектр оператора  $A$  совпадает с замыканием множества  $\{\lambda_i\}$ .
2. Пусть  $H = L^2(0; 1)$ ,  $D(A) = \{x \in C^2[0; 1] : x(0) = x(1) = 0, (Ax)(t) = -x'(t)\}$ .  
Найти спектр оператора  $A$ .
3. Пусть  $H = L^2(0; 1)$ ,  
 $D(A) = \{x \in C^4[0; 1] : x(0) = x(1) = 0, x''(0) = x''(1) = 0, (Ax)(t) = x^{(4)}(t)\}$ .  
Найти спектр оператора  $A$ .

### Типовые вопросы экзамена (ПК-2)

Типовые вопросы экзамена:

- 1 Линейные операторы.
- 2 Область определения.
- 3 Непрерывность. Ограниченность. График.
- 4 Сумма, произведение операторов.
- 5 Обратимость. Обратный оператор.
- 6 Собственные векторы, инвариантные подпространства.
- 7 Изометрические и унитарные операторы.
- 8 Замкнутые операторы. Замыкание.
- 9 Сопряженный оператор.
- 10 Симметрические и самосопряженные операторы.
- 11 Оператор умножения на независимую переменную.
- 12 Оператор дифференцирования.
- 13 Теоремы фон Неймана.
- 14 Теорема Банаха об ограниченности замкнутого оператора.

- 15 Резольвента и спектр.
- 16 Спектр самосопряженного оператора.
- 17 Резольвента самосопряженного оператора.
- 18 Спектральное разложение самосопряженного оператора.
- 19 Индексы дефекта.
- 20 Преобразование Кэли.
- 21 Формулы фон Неймана.
- 22 Симметрические расширения симметрического оператора.
- 23 Самосопряженные расширения.
- 24 Симметрические дифференциальные операторы.
- 25 Самосопряженные расширения регулярного дифференциального оператора.
- 26 Теорема Титчмарша-Кодаиры.

### Типовые задания для экзамена (ПК-2)

#### Типовые практико-ориентированные задания для экзамена

1. Пусть  $A: X \rightarrow X$  – линейный оператор и оператор  $A^{-1}$  существует. Доказать, что  $A$  и  $A^{-1}$  имеют одни и те же собственные векторы.
2. Может ли линейный оператор  $A: X \rightarrow X$ , удовлетворяющий условию  $A^2=0$ , иметь ненулевые собственные векторы.
3. Пусть  $A: X \rightarrow X$  – линейный оператор и оператор  $A^2$  имеет собственный вектор. Доказать, что  $A$  имеет собственный вектор.
4. В вещественном линейном пространстве  $C[-\pi; \pi]$  найти собственные значения и собственные векторы оператора  $Ax(t) = x(\pi - t)$ .
5. Пусть  $A: H \rightarrow H$  – линейный ограниченный оператор и  $AA^* = A^*A$  (нормальный оператор), причем  $A^{-1}: H \rightarrow H$  – линейный ограниченный оператор. Доказать, что  $A^{-1}$  – нормальный оператор.
6. Пусть  $A: H \rightarrow H$  – линейный ограниченный и нормальный оператор. Доказать, что если спектральный радиус оператора равен нулю ( $r_\sigma(A) = 0$ ), то  $A=0$ .

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

##### Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)	ПК-2	Умеет осуществлять постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем
«не зачтено» (0 - 49 баллов)	ПК-2	Не умеет осуществлять постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем

##### Экзамен

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-2	Отлично осуществляет постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-2	Хорошо осуществляет постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-2	Удовлетворительно осуществляет постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем

«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-2	Неудовлетворительно осуществляет постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем
--	------	---

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

#### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература:

1. Данфорд Н., Шварц Д. Т. Линейные операторы. - Москва: Мир, 1974. - 662 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456615>
2. Золотарев М. Л., Федоров И. А. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве : учебное пособие. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 116 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278960>
3. Шилов Г. Е. Математический анализ: второй специальный курс. - Москва: Наука, 1965. - 328 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468252>

### 6.2 Дополнительная литература:

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник. 4-е изд., перераб.. - М.: Наука, 1976. - 543 с.
2. Ахиезер Н. И., Глазман И. М. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Москва: Наука, 1966. - 544 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456612>
3. Наймарк М. А. Линейные дифференциальные операторы. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Москва: Наука, 1969. - 527 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456626>
- 6-е изд.. - Москва: Юрайт, 2020. - 351 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/449951>
5. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа в 3 т. Том 2 в 2 книгах. Книга 2 : Учебник для вузов. - пер. и доп; 6-е изд.. - Москва: Юрайт, 2020. - 323 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/451942>
6. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа в 3 т. Том 1 : Учебник для бакалавров. - пер. и доп; 6-е изд.. - Москва: Юрайт, 2019. - 703 с. - Текст : электронный // ЭБС «ЮРАЙТ» [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/425369>

### 6.3 Иные источники:

1. База данных zbMath - <https://www.zbmath.org/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Операционная система "Альт Образование"

Microsoft Windows 10

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

LibreOffice

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
2. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.