

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



Н. Л. Королева
«21» июня 2023 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

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 2018 г. № 8).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «14» июня 2023 г. Протокол № 9

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «21» июня 2023 г. № 3.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Бакалавриата.....	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 полученного 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 участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 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)
Общая трудоёмкость дисциплины	216
Контактная работа	56
Лекции (Лекции)	28
Практические (Практ. раб.)	28
Самостоятельная работа (СР)	124
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	2	2	10	Выполнение практических заданий
2	Линейные операторы. Ограниченные операторы	4	4	12	Выполнение практических заданий; Контрольная работа
3	Замкнутые операторы. Сопряженный оператор	4	4	12	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	18	Выполнение практических заданий; Выполнение практических заданий
7	Индексы дефекта	4	4	18	Выполнение практических заданий

8	Дифференциальные операторы	4	4	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 оператора. Самосопряженные расширения.

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	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.	Линейные операторы. Ограниченные 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.
3.	Замкнутые операторы. Сопряженный оператор	Выполнение практических заданий	15	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.	Теоремы фон Неймана о втором сопряженном 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.
		Контрольная работа(контрольный срез)	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 занятий без уважительной причины
6.	Премиальные баллы	20	Участие в студенческих олимпиадах – 10 баллов Участие в студенческих конференциях – 10 баллов
7.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы	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	Мак. 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		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 задач

Тема 2. Линейные операторы. Ограниченные операторы

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

Тема 3. Замкнутые операторы. Сопряженный оператор

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

Тема 4. Теоремы фон Неймана о втором сопряженном операторе

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

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 позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

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 изложения материала;
- 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>
4. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа в 3 т. Том 3 : Учебник для бакалавров. - пер. и доп; 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

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