



1920

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
филиал Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
в г. Новороссийске
Кафедра информатики и математики

УТВЕРЖДАЮ



Директор по работе с филиалами
ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный университет»
А.А.Евдокимов

2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.ДВ.04.02 ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль): Системный анализ, исследование операций и
управление (Математическое и информационное обеспечение экономической
деятельности)

Программа подготовки: академическая

Форма обучения: очная

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Краснодар 2018

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 228 от 12 марта 2015 года.

Программу составил(и):

И.Г.Рзун , доцент канд.физ.-мат.наук

С.В. Дьяченко доцент канд.физ.-мат.наук



Рабочая программа дисциплины Теория операторов утверждена на заседании кафедры Информатики и математики протокол № 1 от 30.08. 2018 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Рзун И.Г.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Информатики и математики протокол № 1 от 30.08. 2018 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Рзун И.Г.



Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии филиала УГС 01.00.00 «Математика и механика» 30.08. 2018 г. протокол № 1

Председатель УМК



С.В. Дьяченко

Рецензенты:

Сулимов А.В. Директор ООО «Центр компьютерной техники»

Посаженников А.В. Директор ООО «Профессиональные информационные технологии»

Содержание рабочей программы дисциплины

- 1 Цели и задачи изучения дисциплины
 - 1.1 Цель освоения дисциплины
 - 1.2 Задачи дисциплины
 - 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы
 - 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
 2. Структура и содержание дисциплины
 - 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ
 - 2.2 Структура дисциплины:
 - 2.3 Содержание разделов дисциплины:
 - 2.3.1 Занятия лекционного типа
 - 2.3.2 Занятия практического типа
 - 2.3.3 Лабораторные занятия
 - 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)
 - 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
- Примерные вопросы для самостоятельной работы.
3. Образовательные технологии
 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
 - 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
 - 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации
 5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.1 Основная литература:
 - 5.2 Дополнительная литература:
 - 5.3. Периодические издания:
 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)
 - 8.1 Перечень информационных технологий.
 - 8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.
 - 8.3 Перечень информационных справочных систем:
 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью преподавания и изучения дисциплины «Теория операторов» является овладение студентами методами теории операторов непосредственно примыкающими к задачам прикладной математики, которые необходимы с одной стороны для формирования навыков работы с абстрактными математическими понятиями, а с другой стороны для восприятия с общетеоретических позиций идей и методов смежных дисциплин, подготовки студентов как к научно-исследовательской деятельности, так и к производственно - технологической деятельности в области решения прикладных задач.

1.2 Задачи дисциплины

освоить основные понятия, положения и методы функционального анализа; уметь доказывать утверждения, специфичные для функционального анализа, применять методы функционального анализа для решения математических задач; владеть методами функционального анализа для исследования различных прикладных задач.

Вырабатывать:

- способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой;
- способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория операторов» относится к выборочной части учебного плана. Для освоения курса студентами необходимо наличие знаний и умений приобретённых в результате изучения ими базовых курсов математического анализа, алгебры и аналитической геометрии, дифференциальных уравнений. Знания, полученные при изучении данного курса, находят применение при изучении «Уравнений математической физики», «Дифференциальных уравнений», «Теории вероятностей», «Численных методов», ряда дисциплин специализации.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине , соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций: ОПК-1, ПК-2

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	способностью	- понятие	- работать в	- навыками

№ п.п.	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	информации; - основные положения теории информации и кодирования; - общую характеристику процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации; - технические и программные средства реализации информационных процессов; - современное состояние и направления развития вычислительной техники и программных средств; - закономерности протекания информационных процессов в системах обработки информации; - принципы использования современных информационных технологий и инструментальных средств для решения различных задач в своей профессиональной	качестве пользователя персонального компьютера; - самостоятельно использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами; - создавать резервные копии и архивы данных и программ; - работать с программными средствами общего назначения, соответствующими современным требованиям мирового рынка; - использовать информационные системы и средства вычислительной техники в решении задач сбора, передачи, хранения и обработки экономической информации; - формулировать требования и принимать обоснованные решения по выбору аппаратно-	подготовки сложных иллюстрированных текстовых документов с использованием MS Word; - навыками решения расчетных экономических задач с применением MS Excel; - навыками создания и обработки реляционных баз данных средствами MS Access; - навыками подготовки электронных презентаций с использованием MS PowerPoint. - методами решения экономических задач с помощью специализированных программных продуктов; - навыками автоматизации и решения экономических задач; - технологиям и работы в локальных и глобальных

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			деятельности; - основы защиты информации и сведений, составляющих государственную тайну; - методы обеспечения информационной безопасности экономического субъекта.	программных средств для рационального решения задач, связанных с получением и преобразованием информации; - использовать в профессиональной деятельности сетевые средства поиска и обмена информацией.	информационных сетях; - приемами антивирусной защиты; - навыками работы с программами автоматизации бухгалтерского учета.
	ПК-2	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	современный математический аппарат.	строго доказывать математические утверждения, выделяя главные смысловые аспекты в доказательствах; на основе анализа увидеть и корректно сформулировать математически точный результат; применять современный математический аппарат в исследовательской и прикладной деятельности, изучать информационные системы методами математического прогнозирования и системного анализа, изучать большие системы современными методами	навыками применения современного математического аппарата для решения стандартных математических задач. навыками применения современного математического аппарата для решения профессиональных задач

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
				высокопроизводительных вычислительных технологий, применение современных компьютеров в проводимых исследованиях.	

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			5	6
Контактная работа, в том числе:		112,6	60,3	52,3
Аудиторные занятия (всего):		104	56	48
Занятия лекционного типа		70	38	32
Лабораторные занятия		34	18	16
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)				
Иная контактная работа:		8,6	4,3	4,3
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,6	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:		77	21	56
Курсовая работа				
Проработка учебного (теоретического) материала		35	15	20
Выполнение индивидуальных заданий		27,4	11,7	15,7
Реферат				
Подготовка к текущему контролю				
Контроль: экзамен		62,4	26,7	35,7
Подготовка к экзамену				
Общая трудоемкость	час.	252	108	144
	в том числе контактная работа	112,6	60,3	52,3
	зач. ед	7	3	4

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

	Наименование разделов	Количество часов						
		Всего	Контактная работа				Конт роль	Самост оятель ная работа
			Л	ЛР	КСР	И КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение	12	6	2				4
2	Интеграл Лебега	16	8	4				4
3	Пространства $L_p [a, b]$	18	8	4	2			4
4	Пространство $L_p[a,b]$ и тригонометрические ряды Фурье	16	8	4				4
5	Линейная и метрическая структура	19	8	4	2			5
	Итого по дисциплине в 5 сем :	81	38	18	4			21
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				0,3		
	Контроль	26,7					26,7	
	Всего:	108	38	18	4	0,3	26,7	21

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

	Наименование разделов	Количество часов						
		Всего	Контактная работа				Конт роль	Самост оятель ная работа
			Л	ЛР	КСР	И КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Нормированные пространства	18	6	2				10
2	Евклидовы пространства	18	6	2				10
3	Линейные операторы и функционалы	24	6	4	2			12
4	Интегральные уравнения	22	6	4				12
5	Нелинейные операторы	26	8	4	2			12
	Итого по дисциплине в 6 сем:	108	32	16	4			56
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				0,3		
	Контроль	35,7					35,7	
	Всего:	144	32	16	4	0,3	35,7	56

2.3 Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Обобщение понятия интеграла. Интеграл Римана и интеграл Лебега. Пространства конечномерных векторов и функциональные пространства. ОПК-1, ПК-2

Раздел 2. Мера Лебега. Описание построения. Основные примеры и свойства. Измеримые функции. Основные примеры и свойства. Теорема Лузина. Опр. интеграла Лебега. Сравнение с интегралом Римана. Основные примеры и свойства. Предельный переход под знаком интеграла Лебега.

Интеграл Лебега с переменным верхним пределом. ОПК-1, ПК-2

Раздел 3. Основные определения и примеры, неравенства Гёльдера и Минковского, свойства. Сходимость в пространствах L_p $[a, b]$, их полнота, ряды и плотность множеств в этих пространствах. ОПК-1, ПК-2

Раздел 4. Тригонометрическая система и тригонометрические ряды Фурье. Сходимость тригонометрического ряда Фурье. Теорема Рисса-Фишера. Оценки коэффициентов Фурье дифференцируемых функций. ОПК-1, ПК-2

Раздел 5. Линейная структура. Линейные пространства. Основные понятия. Метрическая (топологическая) структура. Метрические пространства. Основные понятия. ОПК-1, ПК-2

Раздел 6. Понятие нормированного пространства. Связь линейной и метрической структур. Основные примеры нормированных пространств. Полнота нормированных пространств. Пополнение (схема пополнения и пополнение неполного пространства, включённого в полное пространство). Ряды в нормированных пространствах. Признак Вейерштрасса. Плотность множеств в нормированных пространствах. Сепарабельные пространства. Полные линейно независимые системы в нормированных пространствах. Базисы. Компактность и предкомпактность. Основные свойства. Предкомпактность и вполне ограниченность. Теорема Хаусдорфа. Предкомпактность и конечномерность. Теорема Рисса. Предкомпактность в конкретных нормированных пространствах. ОПК-1, ПК-2

Раздел 7. Понятие евклидова пространства, основные определения. Свойства. Ортогонализация линейно независимой системы в евклидовом пространстве. Полиномы Лежандра. Ряды Фурье в евклидовом пространстве. Ортонормированный базис в сепарабельном евклидовом пространстве (существование, условия). Теорема Рисса-Фишера в гильбертовом пространстве. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств. Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму. ОПК-1, ПК-2

Раздел 8. Понятия линейного оператора и функционала. Основные определения, свойства, примеры. Пространство линейных ограниченных операторов. Сопряжённое пространство. Представление конкретных сопряжённых пространств. Компактные операторы. Теорема Рисса. Продолжение линейных ограниченных операторов. Продолжение по непрерывности. Теорема Хана-Банаха. Обратный оператор. Непрерывная обратимость. Обратимость оператора близкого к единичному (и близкого к обратимому). Теорема Банаха. Спектр и резольвента. Основные определения, понятия, свойства, примеры. Компактные операторы. Спектр компактного оператора. Альтернатива Фредгольма (формулировка). Примеры. Сопряжённый оператор. Сопряжённый оператор в гильбертовом пространстве. Основные свойства, примеры. Самосопряжённый оператор. Проекторы. Спектр самосопряжённого оператора. Примеры. Спектр компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Интегральный оператор и представление ядра. ОПК-1, ПК-2

Раздел 9. Интегральные уравнения Фредгольма. Основные определения и понятия. Уравнения 2-го рода. Теоремы Фредгольма. Интегральные

уравнения Вольтера. Методы решения уравнений 2-го рода: разложение в ряд, уравнения с симметричным ядром, уравнения с вырожденным ядром. Уравнения 1-го рода. Подход к методам регуляризации. ОПК-1, ПК-2

Раздел 10. Нелинейные операторы. Непрерывность. Условие Липшица. Сжимающие операторы. Основные определения и понятия. Неподвижные точки. Метод последовательных приближений. принцип неподвижной точки (принцип сжимающих операторов). Обобщения. Применение к интегральным уравнениям Фредгольма 2-го рода. Дифференцируемые операторы. Производные Фреше и Гато. Теорема о локальном обращении дифференциального оператора. ОПК-1, ПК-2

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение	Обобщение понятия интеграла. Интеграл Римана и интеграл Лебега. Пространства конечномерных векторов и функциональные пространства.	Вопросы для устного опроса
2	Интеграл Лебега	Мера Лебега. Описание построения. Основные примеры и свойства. Измеримые функции. Основные примеры и свойства. Теорема Лузина. Опр. интеграла Лебега. Сравнение с интегралом Римана. Основные примеры и свойства. Предельный переход под знаком интеграла Лебега. Интеграл Лебега с переменным верхним пределом.	Вопросы для устного опроса
3	Пространства $L_p [a, b]$	Основные определения и примеры, неравенства Гёльдера и Минковского, свойства. Сходимость в пространствах $L_p [a, b]$, их полнота, ряды и плотность множеств в этих пространствах.	Вопросы для устного опроса

4	Пространство $L_p[a,b]$ и тригонометрические ряды Фурье	Тригонометрическая система и тригонометрические ряды Фурье. Сходимость тригонометрического ряда Фурье. Теорема Рисса-Фишера. Оценки коэффициентов Фурье дифференцируемых функций.	Вопросы для устного опроса
5	Линейная и метрическая структура	Линейная структура. Линейные пространства. Основные понятия. Метрическая (топологическая) структура. Метрические пространства. Основные понятия.	Вопросы для устного опроса
6	Нормированные пространства	Понятие нормированного пространства. Связь линейной и метрической структур. Основные примеры нормированных пространств. Полнота нормированных пространств. Пополнение (схема пополнения и пополнение неполного пространства, включённого в полное пространство). Ряды в нормированных пространствах. Признак Вейерштрасса. Плотность множеств в нормированных пространствах. Сепарабельные пространства. Полные линейно независимые системы в нормированных пространствах. Базисы. Компактность и предкомпактность. Основные свойства. Предкомпактность и вполне ограниченность. Теорема Хаусдорфа.	Вопросы для устного опроса

		Предкомпактность и конечномерность. Теорема Рисса. Предкомпактность в конкретных нормированных пространствах.	
7	Евклидовы пространства	Понятие евклидова пространства, основные определения. Свойства. Ортогонализация линейно независимой системы в евклидовом пространстве. Полиномы Лежандра. Ряды Фурье в евклидовом пространстве. Ортонормированный базис в сепарабельном евклидовом пространстве (существование, условия). Теорема Рисса-Фишера в гильбертовом пространстве. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств. Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму.	Вопросы для устного опроса
8	Линейные операторы и функционалы	Понятия линейного оператора и функционала. Основные определения, свойства, примеры. Пространство линейных ограниченных операторов. Сопряжённое пространство. Представление конкретных сопряжённых пространств. Компактные операторы. Теорема Рисса. Продолжение линейных ограниченных операторов. Продолжение по непрерывности. Теорема Хана-Банаха. Обратный оператор. Непрерывная обратимость. Обратимость оператора близкого к единичному (и близкого к	Вопросы для устного опроса

		обратимому). Теорема Банаха. Спектр и резольвента. Основные определения, понятия, свойства, примеры. Компактные операторы. Спектр компактного оператора. Альтернатива Фредгольма (формулировка). Примеры. Сопряжённый оператор. Сопряжённый оператор в гильбертовом пространстве. Основные свойства, примеры. Самосопряжённый оператор. Проекторы. Спектр самосопряжённого оператора. Примеры. Спектр компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Интегральный оператор и представление ядра.	
9	Интегральные уравнения	Интегральные уравнения Фредгольма. Основные определения и понятия. Уравнения 2-го рода. Теоремы Фредгольма. Интегральные уравнения Вольтера. Методы решения уравнений 2-го рода: разложение в ряд, уравнения с симметричным ядром, уравнения с вырожденным ядром. Уравнения 1-го рода. Подход к методам регуляризации.	Вопросы для устного опроса
10	Нелинейные операторы.	Нелинейные операторы. Непрерывность. Условие Липшица. Сжимающие операторы. Основные определения и понятия. Неподвижные точки. Метод	Вопросы для устного опроса

		последовательных приближений. принцип неподвижной точки (принцип сжимающих операторов). Обобщения. Применение к интегральным уравнениям Фредгольма 2-го рода. Дифференцируемые операторы. Производные Фреше и Гато. Теорема о локальном обращении дифференциального оператора.	
--	--	---	--

Вопросы для устного опроса

1. Определение метрического пространства.
2. Неравенства Гельдера и Минковского. Примеры метрических пространств.
3. Сходимость. Непрерывность метрики. Открытые замкнутые множества и их свойства.
4. Сепарабельные пространства. Примеры.
5. Полные метрические пространства. Принцип вложенных шаров.
6. Теорема Бэра.
7. Принцип сжимающих отображений.
8. Приложение принципа сжимающих отображений к интегральным уравнениям.
9. Приложение принципа сжимающих отображений к задаче Коши.
10. Компактность в метрических пространствах. Теоремы о непрерывных функциях на компактных множествах.
11. Критерий компактности Хаусдорфа.
12. Критерий Арцела относительной компактности множеств в пространстве непрерывных функций.
13. Теорема Пеано.
14. Линейные нормированные пространства. Непрерывность алгебраических операций и нормы. Примеры ЛНП. Ряды в банаховых пространствах.
15. Предгильбертовы пространства. Теорема о норме.
16. Свойства скалярного произведения. Ортогональность. Процесс ортогонализации.
17. Ортонормированный базис. Теорема о существовании.
18. Теорема Рисса – Фишера о разложении по ортонормированному базису.
19. Теорема об ортогональном разложении.
20. Примеры ортонормированных базисов.
21. Теорема об изоморфизме гильбертовых пространств.

22. Линейные операторы. Непрерывность и ограниченность. Норма оператора. Теорема о ее вычислении.
23. Примеры операторов: интегральные операторы, оператор ортогонального проектирования, линейные функционалы.
24. Теорема о продолжении оператора по непрерывности.
25. Действия над линейными операторами. Теорема о полноте пространства операторов.
26. Равномерная и поточечная сходимости последовательностей операторов.
27. Принцип равномерной ограниченности.
28. Критерий поточечной сходимости.
29. Обратимые операторы. Общий критерий обратимости.
30. Теорема об обратимости оператора, близкого к единичному.
31. Теорема об обратимости оператора, близкого к обратимому.
32. Приложение теорем об обратимости к интегральным уравнениям.
33. Спектр и резольвента линейного ограниченного оператора. Теорема о резольvente и резольвентном множестве.
34. Примеры исследования спектров операторов.

2.3.2 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение	Обобщение понятия интеграла. Интеграл Римана и интеграл Лебега. Пространства конечномерных векторов и функциональные пространства.	Решение задач
2	Интеграл Лебега	Мера Лебега. Описание построения. Основные примеры и свойства. Измеримые функции. Основные примеры и свойства. Теорема Лузина. Опр. интеграла Лебега. Сравнение с интегралом Римана. Основные примеры и свойства. Предельный переход под знаком интеграла Лебега. Интеграл	Решение задач

		Лебега с переменным верхним пределом.	
3	Пространства $L_p [a, b]$	Основные определения и примеры, неравенства Гёльдера и Минковского, свойства. Сходимость в пространствах $L_p [a, b]$, их полнота, ряды и плотность множеств в этих пространствах.	Решение задач
4	Пространство $L_p[a,b]$ и тригонометрические ряды Фурье	Тригонометрическая система и тригонометрические ряды Фурье. Сходимость тригонометрического ряда Фурье. Теорема Рисса-Фишера. Оценки коэффициентов Фурье дифференцируемых функций.	Решение задач
5	Линейная и метрическая структура	Линейная структура. Линейные пространства. Основные понятия. Метрическая (топологическая) структура. Метрические пространства. Основные понятия.	Решение задач
6	Нормированные пространства	Понятие нормированного пространства. Связь линейной и метрической структур. Основные примеры нормированных пространств. Полнота нормированных пространств. Пополнение (схема пополнения и пополнение неполного пространства, включённого в полное пространство). Ряды в нормированных пространствах. Признак Вейерштрасса. Плотность множеств в нормированных пространствах. Сепарабельные	Решение задач

		пространства. Полные линейно независимые системы в нормированных пространствах. Базисы. Компактность и предкомпактность. Основные свойства. Предкомпактность и вполне ограниченность. Теорема Хаусдорфа. Предкомпактность и конечномерность. Теорема Рисса. Предкомпактность в конкретных нормированных пространствах.	
7	Евклидовы пространства	Понятие евклидова пространства, основные определения. Свойства. Ортогонализация линейно независимой системы в евклидовом пространстве. Полиномы Лежандра. Ряды Фурье в евклидовом пространстве. Ортонормированный базис в сепарабельном евклидовом пространстве (существование, условия). Теорема Рисса-Фишера в гильбертовом пространстве. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств. Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму.	Решение задач
8	Линейные операторы и функционалы	Понятия линейного оператора и функционала. Основные определения, свойства, примеры. Пространство линейных ограниченных операторов. Сопряжённое пространство. Представление конкретных сопряжённых пространств. Компактные операторы.	Решение задач

		Теорема Рисса. Продолжение линейных ограниченных операторов. Продолжение по непрерывности. Теорема Хана-Банаха. Обратный оператор. Непрерывная обратимость. Обратимость оператора близкого к единичному (и близкого к обратимому). Теорема Банаха. Спектр и резольвента. Основные определения, понятия, свойства, примеры. Компактные операторы. Спектр компактного оператора. Альтернатива Фредгольма (формулировка). Примеры. Сопряжённый оператор. Сопряжённый оператор в гильбертовом пространстве. Основные свойства, примеры. Самосопряжённый оператор. Проекторы. Спектр самосопряжённого оператора. Примеры. Спектр компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Интегральный оператор и представление ядра.	
9	Интегральные уравнения	Интегральные уравнения Фредгольма. Основные определения и понятия. Уравнения 2-го рода. Теоремы Фредгольма. Интегральные уравнения Вольтера. Методы решения уравнений 2-го рода: разложение в ряд, уравнения с симметричным ядром,	Решение задач

		уравнения с вырожденным ядром. Уравнения 1-го рода. Подход к методам регуляризации.	
10	Нелинейные операторы.	Нелинейные операторы. Непрерывность. Условие Липшица. Сжимающие операторы. Основные определения и понятия. Неподвижные точки. Метод последовательных приближений. принцип неподвижной точки (принцип сжимающих операторов). Обобщения. Применение к интегральным уравнениям Фредгольма 2-го рода. Дифференцируемые операторы. Производные Фреше и Гато. Теорема о локальном обращении дифференциального оператора.	Решение задач

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	Данилин А. Р. Теория операторов: учебное пособие. Изд-во: Издательство Уральского университета, Год: 2012, 200с, ISBN: 978-5-7996-0720-3, ЭБС «Библиоклуб». Треногин Владилен Александрович. Теория операторов :: учебник //В. А. Треногин.-Изд. 3-е, испр.-М. ::Физматлит,,2002.-488 с.- Библиогр. : с. 482-483.-ISBN 5922102729

2.	Выполнение индивидуальных заданий	Леонтьева Т. А. Задачи по теории функций и функциональному анализу с решениями: Учебное пособие / Т.А. Леонтьева, А.В. Домрина. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 164 с.: 70x100 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). ISBN 978-5-16-006429-1, ЭБС «Znanium» Треногин Владилен Александрович и др. Задачи и упражнения по функциональному анализу: Учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по спец." Математика", "Прикладная математика"/ТРЕНОГИН Владилен Александрович, Писаревский Б.М., Соболева Т.С.-2-е изд.,испр.и доп.- М.:Физматлит,2002.-239с.-Библиогр.:с.233-234(28назв.).-ISBN 5-9221-0271-0.
----	-----------------------------------	---

3. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин.

Сочетание видов ОД с различными методами ее активизации.

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
5,6			
	ЛК	Использование средств мультимедиа (компьютерные классы).	2
	ЛР	Обучение на основе опыта.	4
Итого			6

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров программа по дисциплине «Теория операторов» предусматривает использование в учебном процессе следующие образовательные технологии: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; разбор конкретных ситуаций.

Компьютерные технологии позволяют проводить сравнительный анализ научных исследований по данной проблеме, являясь средством разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и бакалаврами во время лекций и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе работы с функциональным анализом часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. Каждая конкретная задача при своем исследовании имеет множество подходов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций. Особенно этот подход широко используется при определении адекватности математической модели, результатам компьютерных экспериментов.

Цель *лекции* – обзор понятий методов теории операторов.

Цель *лабораторного занятия* – научить применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач.

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и практических занятий.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и решения индивидуальных задач повышенной сложности.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. примерные варианты контрольных работ, индивидуальных заданий, задач и вопросов) и итоговой аттестации (экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы.

Оценка успеваемости осуществляется по результатам: устного опроса при сдаче выполненных самостоятельных заданий, ответов на экзамене.

Аттестация по учебной дисциплине проводится в виде экзамена. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу. Студент готовит ответы на билет в письменной форме в течение установленного времени. Далее экзамен протекает в форме собеседования.

Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Определение метрического пространства.
2. Неравенства Гельдера и Минковского. Примеры метрических пространств.
3. Сходимость. Непрерывность метрики. Открытые замкнутые множества и их свойства.
4. Сепарабельные пространства. Примеры.
5. Полные метрические пространства. Принцип вложенных шаров.
6. Теорема Бэра.
7. Принцип сжимающих отображений.
8. Приложение принципа сжимающих отображений к интегральным уравнениям.
9. Приложение принципа сжимающих отображений к задаче Коши.

10. Компактность в метрических пространствах. Теоремы о непрерывных функциях на компактных множествах.
11. Критерий компактности Хаусдорфа.
12. Критерий Арцела относительной компактности множеств в пространстве непрерывных функций.
13. Теорема Пеано.
14. Линейные нормированные пространства. Непрерывность алгебраических операций и нормы. Примеры ЛНП. Ряды в банаховых пространствах.
15. Предгильбертовы пространства. Теорема о норме.
16. Свойства скалярного произведения. Ортогональность. Процесс ортогонализации.
17. Ортонормированный базис. Теорема о существовании.
18. Теорема Рисса – Фишера о разложении по ортонормированному базису.
19. Теорема об ортогональном разложении.
20. Примеры ортонормированных базисов.
21. Теорема об изоморфизме гильбертовых пространств.
22. Линейные операторы. Непрерывность и ограниченность. Норма оператора. Теорема о ее вычислении.
23. Примеры операторов: интегральные операторы, оператор ортогонального проектирования, линейные функционалы.
24. Теорема о продолжении оператора по непрерывности.
25. Действия над линейными операторами. Теорема о полноте пространства операторов.
26. Равномерная и поточечная сходимости последовательностей операторов.
27. Принцип равномерной ограниченности.
28. Критерий поточечной сходимости.
29. Обратимые операторы. Общий критерий обратимости.
30. Теорема об обратимости оператора, близкого к единичному.
31. Теорема об обратимости оператора, близкого к обратимому.
32. Приложение теорем об обратимости к интегральным уравнениям.
33. Спектр и резольвента линейного ограниченного оператора. Теорема о резольvente и резольвентном множестве.
34. Примеры исследования спектров операторов.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ВАРИАНТ 1

1. Равномерная и поточечная сходимости последовательностей операторов.

Критерий поточечной сходимости.

2. Пусть A - ограниченный оператор и x^n -

последовательность элементов, для которых $\|x^n\|=1$ и

$\|(A-aI)x^n\| \rightarrow 0$. Доказать, что a - точка спектра.

3. Доказать, что оператор $(Ax)(t) = \int_0^t x(s) ds + x(t)$ обратим в пространстве $C[0,1]$

и найти его обратный оператор.

ВАРИАНТ 2

1. Теорема об обратимости оператора, близкого к единичному оператору.
2. Пусть $C(I)$ -пространство непрерывных функций на множестве $I=[1,2] \cup [3,4]$ и $(Af)(x)=xf(x)$. Найти спектр оператора A .
Определить характер спектра.
3. Является ли пространство $C[0,1]$ полным?

ВАРИАНТ 3

1. Критерий относительной компактности Хаусдорфа.
2. Привести пример оператора, не имеющего точечного спектра.
3. Пусть $A(x_1, x_2, \dots, x_n, \dots) = (a_1x_1, \dots, a_nx_n, \dots)$. Найти необходимые и достаточные условия ограниченности оператора A в пространстве l_2 .

ВАРИАНТ 4

1. Теорема о существовании ортонормированного базиса
2. Пусть $A: X \rightarrow Y$ - ограниченный оператор и $\text{Im } A$ - конечномерное подпространство в Y . Показать, что из любой последовательности Ax^n , $\|x^n\|=1$ можно извлечь сходящуюся подпоследовательность.
3. Доказать, что уравнение $2x(t) - \sin(x(t)) = 1$ имеет единственное решение в пространстве $C[0,1]$.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену в 5 семестре

1. Общая конструкция построения меры.
2. Мера Лебега на прямой.
3. Мера Лебега и мера Жордана.
4. Примеры множеств измеримых по Лебегу.
5. Свойства меры Лебега и множеств измеримых по Лебегу.
6. Измеримость по Лебегу неограниченных множеств.
7. Понятие почти всюду (п.в.). Эквивалентные функции. Существенно ограниченные функции.
8. Понятие измеримой функции. Примеры.
9. Свойства измеримых функций.
10. Измеримость непрерывных функций.
11. Теорема Лузина. Пример.

12. Интегральные суммы Лебега и Римана.
13. Интеграл Лебега для ограниченных функций. Нижняя и верхняя суммы Лебега.
14. Критерий существования интеграла Лебега.
15. Интеграл Лебега и интеграл Римана. Степенные функции.
16. Интеграл Лебега для неотрицательных функций. Вертикальные срезы.
17. Интеграл Лебега для произвольных функций. Абсолютная интегрируемость.
18. Свойства интеграла Лебега и суммируемых функций (линейность по функции, аддитивность по множеству интегрирования).
19. Свойства интеграла Лебега и суммируемых функций (равенство нулю и положительность).
20. Свойства интеграла Лебега и суммируемых функций (неравенства).
21. Свойства интеграла Лебега и суммируемых функций (абсолютная суммируемость).
22. Свойства интеграла Лебега и суммируемых функций (достаточный признак суммируемости).
23. Предельный переход под знаком интеграла Лебега. Теорема Лебега. Примеры.
24. Интеграл Лебега с переменным верхним пределом. Свойства.
25. Интеграл Лебега с переменным верхним пределом. Восстановление функции по производной, канторовы функции.
26. Пространства конечномерных векторов и пространства функций L_p .
27. Пространства L_p . Тождественность эквивалентных функций. Примеры.
28. Линейная структура и бесконечномерность пространства L_p . Степенная система. Тригонометрическая система.
29. Норма и метрическая структура в пространствах L_p .
30. Неравенства Гёльдера и Минковского.
31. Соотношения между пространствами L_p .
32. Сходимость в пространствах L_p . Примеры.
33. Свойства пределов и сходящихся последовательностей в L_p : единственность предела.
34. Свойства пределов и последовательностей, сходящихся в L_p : непрерывность линейных операций, нормы и расстояния.
35. Свойства пределов и последовательностей, сходящихся в L_p : ограниченность и сходимость.
36. Свойства пределов и последовательностей, сходящихся в L_p : поточечная сходимость и сходимость в L_p .
37. Свойства пределов и последовательностей, сходящихся в L_p , сходимость при разных p .
38. Полнота пространств L_p . Фундаментальные последовательности. Свойства (линейные операции, ограниченность).
39. Полнота пространств L_p . Фундаментальные последовательности. Свойства (сходимость).
40. Полнота пространств L_p . Теорема Фишера.

41. Полнота пространств L_p . Сжимающиеся последовательности.
42. Ряды в пространствах L_p (сходимость, свойства, необходимый признак, признак Вейерштрасса).
43. Тригонометрические ряды в пространстве L (-п, п). Применение признака Вейерштрасса, теорема Рисса.
44. Плотность множеств в пространствах L_p . Основные понятия. Множество непрерывных функций в пространствах L_p . Полные системы функций и базисы.
45. Плотность множеств в пространствах L_p . Множество алгебраических многочленов и множество тригонометрических многочленов. Система многочленов Лежандра. Тригонометрическая система.
46. Пространство L_2 (-п, п). Скалярное произведение и норма. Неравенство Коши.
47. Пространство L_2 (-п, п). Ортогональность. Примеры. Проекция на конечную систему функций. Свойства. Тригонометрическая система. Ортогональность. Проекция на тригонометрическую систему.
48. Тригонометрический ряд Фурье для функции из L_2 (-п, п). Коэффициенты Фурье. Экстремальность частичных сумм ряда Фурье. Неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля. Сходимость тригонометрического ряда Фурье.
49. Тригонометрический базис в L_2 (-п, п) и L_2 (а, в). Разложение только по синусам или только по косинусам. Теорема Рисса-Фишера.

Вопросы к экзамену в 6 семестре

1. Линейные пространства. Основные понятия: линейная независимость, размерность, изоморфизм.
2. Метрические пространства. Основные понятия: геометрия, топология, сходимость, изоморфизм.
3. Согласованность линейной и метрической структур в произвольном пространстве.
4. Нормированные пространства. Метрика. Согласованность линейной и метрической структур в нормированном пространстве.
5. Сходимость в нормированных пространствах. Свойства.
6. Основные примеры нормированных пространств.
7. Полные нормированные пространства. Основные понятия. Конечномерные пространства. Примеры.
8. Итерационные последовательности в полных нормированных пространствах.
9. Теоремы о пополнении и полном нормированном пространстве.
10. Ряды в нормированных пространствах. Признак Вейерштрасса.
11. Плотность множеств в нормированных пространствах. Сепарабельные пространства.
12. Полные линейные независимые системы. Базисы. Степенная система. Тригонометрическая система.

13. Компактность и предкомпактность в нормированных и банаховых пространствах. Примеры.
14. Непрерывные отображения. Теорема Вейерштрасса. Существование наилучшего приближения.
15. Полная ограниченность. Теорема Хаусдорфа. Теорема Риса.
16. Предкомпактность в конкретных бесконечномерных пространствах.
17. Евклидовы пространства. Нормируемость. Неравенства Коши. Свойства скалярного произведения.
18. Ортогональность в евклидовых пространствах. Ортогонализация линейно независимой системы в евклидовом пространстве. Полиномы Лежандра.
19. Ряды Фурье в евклидовом пространстве. Коэффициенты Фурье. Сходимость ряда Фурье. Неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля.
20. Коэффициенты Фурье. Сходимость ряда Фурье к данному элементу.
21. Существование ортонормированного базиса в сепарабельном евклидовом пространстве.
22. Теорема Рисса-Фишера в гильбертовом пространстве.
23. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств.
24. Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму подпространств. Следствия.
25. Наилучшие приближения в гильбертовых пространствах.
26. Линейные операторы и функционалы. Непрерывность и ограниченность. Норма.
27. Линейные операторы в конечномерных пространствах.
28. Интегральный оператор
29. Пространство линейных ограниченных операторов. Ряды операторов.
30. Сопряжённое пространство. Его представление. Примеры.
31. Теорема Рисса об общем виде линейного ограниченного функционала в гильбертовом пространстве.
32. Продолжение линейных ограниченных операторов. Продолжение по непрерывности. Теорема Хана-Банаха. Следствия.
33. Обратный оператор. Непрерывная обратимость. Её условия. Теорема Банаха об обратном операторе.
34. Обратный оператор. Обратимость оператора близкого к единичному. Обратимость оператора близкого к обратимому.
35. Спектр и резольвента, их свойства. Примеры.
36. Компактные операторы. Конечномерные операторы. Единичный оператор в бесконечномерном пространстве. Обратимость компактного оператора.
37. Замкнутость множества компактных операторов в множестве ограниченных операторов.
38. Интегральный оператор.
39. Спектр компактного оператора. Нулевая точка. Собственные числа и собственные вектора.

40. Теорема Фредгольма. Пример оператора. Заданного диагональной матрицей.
41. Сопряжённые операторы. Сопряжённые операторы в гильбертовом пространстве. Самосопряжённые операторы. Проекторы. Свойства. Примеры.
42. Спектр самосопряжённого оператора. Примеры.
43. Спектр компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта.
44. Интегральные уравнения Фредгольма. Уравнения 2-го рода. Теоремы Фредгольма.
45. Альтернатива Фредгольма. Интегральные уравнения Вольтера.
46. Методы решения интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода. Разложение в ряд. Уравнения с симметричным ядром. Уравнения с вырожденным ядром.
47. Интегральные уравнения Фредгольма 1-го рода.
48. Нелинейные операторы. Примеры. Непрерывность и условия Липшица.
49. Сжимающие операторы. Неподвижные точки. Метод последовательных приближений. Принцип сжимающих операторов.
50. Сжимающие операторы. Следствия и применения принципа сжимающих операторов (интегральные уравнения Фредгольма 2-го рода).
51. Неподвижные точки произвольных операторов. Теорема Брауэра. Теорема Шаудера.
52. Дифференцируемые операторы. Производная Фреше. Примеры, свойства (формула конечных приращений, условия сжатия).
53. Дифференцируемые операторы. Теорема о локальном обращении дифференцируемого оператора (приближённый обратный оператор). Итерационный метод Ньютона.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература:

1. Крепкогорский, В.Л. Функциональный анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Л. Крепкогорский ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 116 с. : табл., граф., ил. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428727>
2. Пахомова, Е. Г. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Сборник заданий [Электронный ресурс] : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Е. Г. Пахомова, С. В. Рожкова. — М. : Издательство Юрайт,

2016. — 110 с. - URL: <https://biblio-online.ru/viewer/1A135CF3-4ED3-4B42-B514-AE80BA0A9FC5#page/1>

3. Золотарев, М.Л. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Л. Золотарев, И.А. Федоров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 116 с. - Библиогр. в кн. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278960>

5.2 Дополнительная литература:

1. Треногин, Владилен Александрович. Задачи и упражнения по функциональному анализу [Текст] : Учебное пособие для студентов вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2002. - 239 с.
2. Треногин, Владилен Александрович. Функциональный анализ [Текст] : учебник / В. А. Треногин. - Изд. 3-е, испр. - М. : Физматлит, 2002. - 488 с.
3. Дерр, Василий Яковлевич. Функциональный анализ. Лекции и упражнения [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности ВПО "Математика" и направлениям подготовки ВПО "Математика", "Математика. Прикладная математика" / В. Я. Дерр. - Москва : КНОРУС, 2013. - 462 с.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник МГУ сер.1 Математика. Механика.

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

№	Наименование электронного ресурса	Ссылка на электронный адрес
1.	Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ	https://www.kubsu.ru/
2.	Электронная библиотечная система «BOOK.ru» ООО «КноРус медиа»	https://www.book.ru
3.	Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE"	www.biblioclub.ru
4.	Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM» ООО «ЗНАНИУМ»	www.znanium.com
5.	Электронная библиотечная система издательства "Лань"	http://e.lanbook.com/
6.	Электронная библиотечная система "Юрайт"	http://www.biblio-online.ru

1. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: <http://school-collection.edu.ru/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/>
3. Российское образование. Федеральный портал. URL: <http://www.edu.ru/>

Сайт Министерства образования и науки Российской Федерации
<http://минобрнауки.рф/>

4. Университетская библиотека ONLINE URL: <http://www.biblioclub.ru/>

5. Федеральный портал «Российское образование» URL: <http://www.edu.ru/>

6. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. URL:
<http://fcior.edu.ru/>

7. Электронная библиотека «Социология, психология, управление» URL:
<http://soc.lib.ru>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении курса «Теория операторов» необходимо активизировать остаточные знания студентов по таким математическим дисциплинам, как математический анализ и линейная алгебра.

При чтении лекционного курса представляется целесообразным обратить внимание на физические приложения излагаемых математических фактов.

Чтобы изложение было понятным, следует акцентировать внимание не столько на формальных моментах доказательств, сколько на движущих ими идеях.

Необходимо отметить практическую значимость соответствующих проблем, обратить внимание на требования, предъявляемые к современному специалисту – прикладному математику, пояснить необходимость использования полученных знаний при изучении последующих специальных курсов.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

Операционная система - Microsoft Windows, Архиватор WinRAR, Браузер Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox. Пакет программ Microsoft Office. Графические пакеты - Adobe Design Standard CS3, CorelDRAW Graphics Suite X3. Математический пакет программ - CodeGear RAD Studio.

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

Информационных справочных систем по этому предмету не предусмотрено.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номера аудиторий / кабинетов
1.	учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514

2.	учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514
3.	Компьютерные классы с выходом в Интернет	503,509,510
4.	учебные аудитории для выполнения научно – исследовательской работы (курсового проектирования)	Кабинет курсового проектирования (выполнения курсовых работ) - № 503 Оборудование: мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет, учебно-наглядные пособия (тематические иллюстрации), принтер, презентации на электронном носителе, сплит-система
5.	учебные аудитории для самостоятельной работы, с рабочими местами, оснащенными компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением неограниченного доступа в электронную информационно-образовательную среду организации для каждого обучающегося, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин	Кабинет для самостоятельной работы - № 504 Оборудование: персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет
6.	Исследовательские лаборатории (центров), оснащенные лабораторным оборудованием	Компьютерный класс № 510 : мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет, наглядные пособия. Сетевое оборудование CISCO (маршрутизаторы, коммутаторы, 19-ти дюймовый сетевой шкаф) сплит-система, стенд «Архитектура ПЭВМ»
7.	Кабинет групповых и индивидуальных консультаций	№508 Оборудование: персональный компьютер, учебная мебель, доска учебная, учебно-наглядные пособия (тематические иллюстрации), сканер, доска магнитно-маркерная, стеллажи с учебной и периодической литературой
8.	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Помещение № 511, Помещение № 516, Помещение № 517, Помещение № 518
9.	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514

Согласно письма Министерства образования и науки РФ № МОН-25486 от

21.06.2017г «О разработке адаптированных образовательных программ» -Разработка адаптивной программы необходима в случае наличия в образовательной организации хотя бы одного обучающегося с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся из числа инвалидов обучение проводится организацией с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее - индивидуальные особенности).

При проведении обучения инвалидов обеспечивается соблюдение следующих общих требований:

- проведение обучения для инвалидов в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся;

- присутствие в аудитории ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся инвалидам необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей;

- пользование необходимыми обучающимся инвалидам техническими средствами с учетом их индивидуальных особенностей;

- обеспечение возможности беспрепятственного доступа обучающихся инвалидов в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях;

В зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, организация обеспечивает выполнение следующих требований при проведении занятий:

а) для слепых:

- на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых, либо надиктовываются ассистенту;

б) для слабовидящих:

- задания и иные материалы оформляются увеличенным шрифтом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- при необходимости обучающимся предоставляется увеличивающее устройство, допускается использование увеличивающих устройств, имеющихся у обучающихся;

в) для глухих и слабослышащих, с тяжелыми нарушениями речи:

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

г) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются обучающимися на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

Обучающийся инвалид при поступлении подает письменное заявление о необходимости создания для него специальных условий при проведении обучения с указанием особенностей его психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее - индивидуальные особенности). К заявлению прилагаются документы, подтверждающие наличие у обучающегося индивидуальных особенностей (при отсутствии указанных документов в организации).