

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

Рабочая программа дисциплины

Тригонометрические и ортогональные ряды

Кафедра математического анализа
факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа бакалавриата
02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) программы:
Математический анализ и приложения

Форма обучения:
очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений; дисциплина по выбору

Махачкала, 2024

Рабочая программа дисциплины *Тригонометрические и ортогональные ряды* составлена в 2024 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки от 23.08. 2017 г. № 807.

Разработчик: кафедра математического анализа,
Магомедова В.Г., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры математического анализа
от 22.01. 2024 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой  Рамазанов А.-Р.К.

на заседании методического совета факультета математики и компьютерных наук
от 23.01. 2024 г., протокол № 3.

Председатель  Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины согласована
с учебно-методическим управлением « 25 » 01 2024 г.

Начальник УМУ  Саидов А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *Тригонометрические и ортогональные ряды* входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору, по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки.

Дисциплина реализуется на факультете *математики и компьютерных наук* кафедрой *математического анализа*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со свойствами ортогональных систем функций, классических ортогональных полиномов и вопросами сходимости рядов Фурье, а также их приложениями.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *профессиональных* – ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение контроля успеваемости в форме *контрольной работы и коллоквиума* и промежуточного контроля в форме *экзамена*.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Сем естр	Учебные занятия								Форма промежуточн ой аттестации
	Всего	в том числе							
		Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
	Лек ции		Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	конс ульт ации			
7	144	62	32		30			46+36	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Приобретение знаний и умений по исследованию свойств тригонометрических и ортогональных рядов.

Владение методами теории ортогональных рядов для возможности применения в дальнейшей научно-исследовательской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина *Тригонометрические и ортогональные ряды* входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплина по выбору, по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки.

К исходным требованиям для изучения дисциплины относятся знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: математический анализ, комплексный анализ, функциональный анализ.

Дисциплина является основой для последующего изучения других дисциплин и прохождения практик.

Знания по данному курсу необходимы при работе над выпускной квалификационной работой и в дальнейшей научно-исследовательской работе по выбранному направлению.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1. Способен на основе содержания современных научных исследований использовать необходимую информацию для формирования выводов по научным исследованиям в области тригонометрических и ортогональных рядов.	<i>Воспроизводит</i> определения основных понятий, формулы и базовые теоремы, применяемые в области тригонометрических и ортогональных рядов. <i>Понимает</i> принципы построения тригонометрических и ортогональных рядов и их свойства и применяет их для решения типичных задач на исследование тригонометрических и ортогональных рядов. <i>Способен</i> интегрировать полученные знания по разработке приемов, схем и алгоритмов решения модельных задач и корректно выбрать методы решения нестандартных математических задач.	Устный опрос, контрольные работы, тесты

4.Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

4.2. Структура дисциплины

Названия разделов	Семест n	Неделя семест	Аудиторные занятия, в том числе	Самост оят.	Формы текущего контроля
-------------------	-------------	------------------	------------------------------------	----------------	----------------------------

и тем дисциплины			лекции	практ. занятия	лабор. работы	Контр. сам. раб.		успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Общие ортогональные системы и ряды								
1. Виды сходимости			4	4			2	
2. Системы ортогональных функций			2	2			2	
3. Ряды Фурье по общим ортонормированным системам функций			8	8			4	
Всего по модулю 1	7		14	14			8	коллоквиум, контрольная работа
Модуль 2. Тригонометрические ряды								
1. Тригонометрическая система функций			4	4			2	
2. Тригонометрические ряды Фурье			4	4			2	
3. Свойства коэффициентов Фурье			2	2				
4. Средние Фейера			2	2			2	
5. Средние Валле-Пуссена			2	2			2	
Всего по модулю 2	7		14	14			8	коллоквиум, контрольная работа
Модуль 3. Классические ортогональные ряды								
1. Ряды по классическим ортогональным многочленам			4	2			12	
2. Понятие о рядах по системе Хаара			2	2			14	
Всего по модулю 3			6	4			26	коллоквиум, контрольная работа
Модуль 4. Промежуточная аттестация								
Экзамен	7							36
ИТОГО за семестр	7		32	30			46	36

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Общие ортогональные системы и ряды

Тема 1. Виды сходимости

Виды сходимости функциональных последовательностей: сходимость в точке, сходимость (поточечная) на данном множестве, сходимость почти всюду на данном множестве, сходимость в среднем (в интегральных метриках), равномерная сходимость.

Определение сходимости функционального ряда (через частичные суммы). Абсолютная сходимость ряда. Поточечная сходимость ряда. Равномерная сходимость ряда. Сходимость ряда в интегральных метриках.

Тема 2. Системы ортогональных функций

Системы независимых функций.

Примеры систем независимых функций.

Общие ортогональные и ортонормированные системы функций.

Ортогонализация систем независимых функций.

Тема 3. Ряды Фурье по общим ортонормированным системам функций

Общие ортогональные ряды. Общие ряды Фурье.

Коэффициенты Фурье.

Тождество и неравенство Бесселя.

Равенство Парсеваля.

Минимальное свойство коэффициентов Фурье.

Модуль 2. Тригонометрические ряды

Тема 1. Тригонометрическая система функций

Основные свойства тригонометрической системы.

Тема 2. Тригонометрические ряды Фурье

Свойства частичных сумм Фурье.

Интеграл Дирихле. Принцип локализации Римана.

Достаточные условия сходимости тригонометрических рядов Фурье.

Тема 3. Свойства коэффициентов Фурье

Связь поведения коэффициентов Фурье с видом сходимости ряда Фурье.

Оценки коэффициентов Фурье для функций из некоторых классов.

Тема 4. Средние Фейера

Основные свойства средних Фейера.

Оценка скорости их сходимости.

Тема 5. Средние Валле-Пуссена

Основные свойства средних Валле-Пуссена.

Наилучшие приближения тригонометрическими полиномами.

Модуль 3. Классические ортогональные ряды

Тема 1. Ряды по классическим ортогональным многочленам

Понятие о рядах по многочленам Чебышева, Лежандра, Лагерра, Эрмита, Якоби.

Аппроксимационные свойства рядов Фурье-Чебышева.

Тема 2. Понятие о рядах по системе Хаара

Понятие о системе Хаара. О сходимости ряда по системе Хаара.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине

Модуль 1. Общие ортогональные системы и ряды

Тема 1. Виды сходимости

Сходимость в среднем. Сходимость почти всюду.

Равномерная сходимость. Абсолютная сходимость.

Тема 2. Системы ортогональных функций

Системы независимых функций.

Примеры систем независимых функций.
Общие ортогональные и ортонормированные системы функций.
Ортогонализация систем независимых функций.
Тема 3. Ряды Фурье по общим ортонормированным системам функций
Общие ортогональные ряды. Общие ряды Фурье.
Коэффициенты Фурье.
Тождество и неравенство Бесселя.
Равенство Парсеваля.
Минимальное свойство коэффициентов Фурье.

Модуль 2. Тригонометрические ряды

Тема 1. Тригонометрическая система функций
Основные свойства тригонометрической системы.
Тема 2. Тригонометрические ряды Фурье
Свойства частичных сумм Фурье.
Интеграл Дирихле. Достаточные условия сходимости тригонометрических рядов Фурье.
Тема 3. Свойства коэффициентов Фурье
Связи поведения коэффициентов Фурье с видом сходимости
Ряда Фурье. Оценки коэффициентов Фурье для функций
из некоторых классов.
Тема 4. Средние Фейера
Основные свойства средних Фейера.
Оценка скорости их сходимости.
Тема 5. Средние Валле-Пуссена
Основные свойства средних Валле-Пуссена.
Наилучшие приближения тригонометрическими полиномами.

Модуль 3. Классические ортогональные ряды

Тема 1. Ряды по классическим ортогональным многочленам
Понятие о рядах по многочленам Чебышева, Лежандра,
Лагерра, Эрмита, Якоби.
Аппроксимационные свойства рядов Фурье-Чебышева.
Тема 2. Понятие о рядах по системам Хаара
Понятие о системе Хаара. О сходимости ряда по системе Хаара.

5. Образовательные технологии

В основе преподавания дисциплины лежит лекционно-семинарская система обучения, что связано с необходимостью активного продумывания теоретического материала, содержащего глубокие и абстрактные понятия. Индивидуальные особенности обучающихся учитываются подбором заданий разного уровня сложности для самостоятельной работы студентов.

По данной дисциплине учебным планом предусмотрено также проведение занятий в интерактивных формах. Лекции проводятся в аудиториях, оснащенных видеопроекторами. В университете функционирует Центр современных образовательных технологий, в котором предусматриваются мастер-классы специалистов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов организована в различных видах и формах, включая подготовку к учебным занятиям и научно-исследовательскую деятельность студентов,

обеспечена учебно-методическими материалами. Контроль выполнения самостоятельной работы проводится средствами, соответствующими данному виду работы.

Доклад - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Реферат - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Критерии оценки по докладу, реферату

Если студент по теме данного модуля самостоятельно подготовил доклад и выступил с этим докладом публично или написал реферат и раскрыл тему реферата, то ему выставляются 30 баллов, которые учитываются при выводе общего результата как интегральной оценки, складывающейся из текущего контроля и промежуточного контроля.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	5		
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	5		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	5		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	5		
подготовка к практическим занятиям	5		
подготовка к контрольным работам, тестам, коллоквиумам, зачётам	7		
подготовка к экзаменам	10		
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
подготовка рефератов и докладов, в том числе, с анализом научных публикаций по заданной теме	2		
исследовательская работа, выполнение курсовой работы	0		
участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	2		
Итого СРС:	46		

Учебно-методические пособия для самостоятельной работы

1. Крылов В. И. Приближенное вычисление интегралов. - М. : Наука, 1967 г.
2. Бейтмен Г., Эрдейн А. Высшие трансцендентные функции. Т.1. Гипергеометрическая функция, функции Лежандра / Пер. с англ. - 2-е изд. - М. : Наука, 1973
3. Никифоров А.Ф., Суслов С.К., Уваров В.Б. Классические ортогональные многочлены дискретной переменной. - М.: Наука, 1985.

Задания для самостоятельной работы

Вопросы и темы для самостоятельного изучения

1. Полиномы Чебышева I и II родов. Основные свойства.

2. Аппроксимативные свойства рядов по полиномам Чебышева.
3. Ультрасферические полиномы Якоби. Их свойства.
4. Функции Бесселя. Основные свойства.
5. Гипергеометрические функции Гаусса.
6. Дискретные ортогональные полиномы. Их приложения.

Рефераты и доклады по темам для самостоятельной работы

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Модуль 1. Общие ортогональные системы и ряды	
1. Виды сходимости	Доклад на тему: Соотношения между различными видами сходимости функциональных последовательностей.
2. Системы ортогональных функций	Доклад на тему: Гипергеометрические функции и ортогональные многочлены.
3. Ряды Фурье по общим ортонормированным системам функций	Доклад на тему: Полные и замкнутые системы функций.
Модуль 2. Тригонометрические ряды	
1. Тригонометрическая система функций	Доклад на тему: Основные свойства тригонометрической системы.
2. Тригонометрические ряды Фурье	Доклад на тему: Квадратурные формулы по равноотстоящим узлам.
3. Свойства коэффициентов Фурье	Доклад на тему: Равенство Парсеваля.
4. Средние Фейера	Доклад на тему: Оценка скорости сходимости средних Фейера.
5. Средние Валле-Пуссена	Доклад на тему: Наилучшие приближения тригонометрическими полиномами.
Модуль 3. Классические ортогональные ряды	
1. Ряды по классическим ортогональным многочленам	Доклад на тему: Полиномы Чебышева.
2. Понятие о рядах по системе Хаара	Доклад на тему: Сходимость рядов Фурье-Хаара.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Типовые контрольные задания

Примерные вопросы к коллоквиуму

1. Виды сходимости функциональных последовательностей и рядов.
2. Ортогональные системы функций.
3. Ряды Фурье по общим ортонормированным системам функций.
4. Тригонометрические системы функций.
5. Тригонометрические ряды Фурье. Интеграл Дирихле.
6. Достаточные условия сходимости тригонометрического ряда Фурье.
7. Суммы Фейера, их свойства.
8. Суммы Валле-Пуссена, их свойства.

Примерные варианты контрольных работ

Вариант 1

1. Исследовать последовательность функций $f_n(x) = 1 - \cos \frac{2}{n(x+3)}$ на равномерную сходимость в области $x \in [0,1]$.
2. Исследовать функциональный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \sqrt{\frac{x}{n}}$ на равномерную сходимость в области $x \in (0,1)$.

Вариант 2

1. Разложить функцию ряд Фурье на интервале $(-\pi, \pi)$ или $(-l, l)$:
$$1) f(x) = e^{-x}, x \in (-\pi, \pi). \quad 2) f(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } -3 < x < -1, \\ 2x + 2, & \text{если } -1 \leq x < 0, \\ -2x + 2, & \text{если } 0 \leq x < 1, \\ 0, & \text{если } 1 \leq x \leq 3. \end{cases}$$
2. Разложить функцию ряд Фурье по косинусам: $f(x) = 4 - 2 \cdot |x|, x \in (0,4]$.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций. Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 20 баллов,
- коллоквиум – 30 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ - 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос (экзамен) - 100 баллов.

Критерии оценки по коллоквиуму

По данному модулю студенту выставляются:

- 1) 10 баллов, если он *знает* основные понятия, определения, формулировки основных

- утверждений из данного раздела и *умеет* их иллюстрировать на различных примерах;
- 2) 20 баллов, если он *знает* основные понятия, определения, формулировки основных утверждений из данного раздела и *умеет* доказывать различные из них;
- 3) 30 баллов, если он *знает* основные понятия, определения, формулировки основных утверждений из данного раздела и *умеет* доказывать их.

Эти баллы учитываются при выводе общего результата как интегральной оценки, складывающейся из текущего контроля и промежуточного контроля.

Критерии оценки по контрольной работе

Если студент *владеет по данному модулю навыками* решения типичных задач, то *по этому модулю* ему выставляются:

- 1) 30 баллов;
- 2) 20 баллов в случае наличия неточностей;
- 3) 10 баллов в случае наличия некоторых допустимых ошибок.

Эти баллы учитываются при выводе общего результата как интегральной оценки, складывающейся из текущего контроля и промежуточного контроля.

Критерии оценки на экзаменах

Экзамены проводятся в соответствии с положением о курсовых экзаменах, как правило, по заранее подготовленным и утвержденным экзаменационным билетам.

В билет рекомендуется включать не менее двух вопросов учебной программы курса, а также при необходимости можно включить задачи и примеры. Результаты курсового экзамена оцениваются по 100-балльной системе ориентировочно по следующим критериям:

1) оценка «отлично», если у студента от 86 до 100 баллов с учетом степени усвоения, *высокий уровень* знаний по программе курсового экзамена, отвечает четко и логически обоснованно;

2) оценка «хорошо», если у студента от 66 до 85 баллов с учетом степени усвоения, *достаточно высокий уровень* знаний по программе курсового экзамена, отвечает в основном четко и логически обоснованно, но допускает отдельные неточности.

3) оценка «удовлетворительно», если у студента от 51 до 65 баллов с учетом степени усвоения, *достаточный уровень* знаний по программе курсового экзамена, отвечает в основном правильно и в логической последовательности, но допускает отдельные неточности;

4) оценка «неудовлетворительно», если у студента от 0 до 50 баллов с учетом степени усвоения, *недостаточный уровень* знаний по программе курсового экзамена, имеются существенные пробелы в усвоении важных математических понятий программы курса, допускает ошибки в формулировках и доказательствах базовых теорем из программы курса.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

а) адрес сайта курса

<http://cathedra.dgu.ru/OfTheDepartment.aspx?id=5>

б) основная литература:

1. [Колмогоров А. Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа](#) - Москва: Физматлит, 2012

Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. - 7-е изд. - Москва : Физматлит, 2012. - 573 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-9221-0266-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82563> ().

2. [Натансон И. П. Конструктивная теория функций](#) - Москва , Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949

Натансон, И.П. Конструктивная теория функций / И.П. Натансон. - Москва ; Ленинград : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. - 688 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479695> ().

3. [Суетин П. К. Классические ортогональные многочлены](#) - Москва: Наука, 1979

Суетин, П.К. Классические ортогональные многочлены / П.К. Суетин. - Изд. 2-е, доп. - Москва : Наука, 1979. - 415 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464157> ().

в) дополнительная литература:

1. [Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3 т. Т. 3](#) - Москва: Физматлит, 2002

Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления : в 3-х т. / Г.М. Фихтенгольц ; ред. А.А. Флоринского. - Изд. 6-е. (1-е изд. - 1949 г.). - Москва : Физматлит, 2002. - Т. 3. - 727 с. - ISBN 5-9221-0155-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83196> ().

2. Бейтмен Г. и Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. Гипергеометрическая функция. Функции Лежандра / Бейтмен Г. и Эрдейи А. ; Пер. с англ. Н.Я. Виленина. - М. : "Наука", 1965. - 294 с. : с черт. ; 22 см.

3. Никишин, Е.М. Рациональные аппроксимации и ортогональность / Никишин, Евгений Михайлович, В. Н. Сорокин. - М. : Наука, 1966. - 254,[1] с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 246-252 (173 назв.). - Пред. указ.: с. 253-255. - 3-20.

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

1. <http://elibrary.ru> – eLIBRARY – Научная электронная библиотека

2. http://window.edu.ru/window/catalog?p_rubr=2.2.74.12 – Единое окно доступа к электронным ресурсам

3. <http://springerlink.com/mathematics-and-statistics/> - платформа ресурсов издательства Springer

4. <http://edu.dgu.ru/> - Образовательный сервер ДГУ

5. Moodle[Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебная программа по дисциплине распределена по темам и по часам на лекции и практические занятия; предусмотрена также самостоятельная учебная работа студентов. По каждой теме преподаватель указывает студентам необходимую литературу (учебники, учебные пособия, сборники задач и упражнений), а также соответствующие темам параграфы и номера упражнений и задач.

Самостоятельная работа студентов складывается из работы над лекциями, с учебниками, решения рекомендуемых задач, подготовки к докладу или реферату, а также из подготовки к контрольным работам, Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и сдаче экзаменов.

При работе с лекциями и учебниками особое внимание следует уделить изучению основных понятий и определений по данному разделу, а также особенностям примененных методов и технологий доказательства теорем. Решение достаточного количества задач по

данной теме поможет творческому овладению методами доказательства математических утверждений.

После изучения каждой темы рекомендуется самостоятельно воспроизвести основные определения, формулировки и доказательства теорем. Для самопроверки рекомендуется также использовать контрольные вопросы, приводимые в учебниках после каждой темы.

Основная цель практических занятий – подготовка студентов к самостоятельной работе над теоретическим материалом и к решению задач и упражнений.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине рекомендуются компьютерные технологии, основанные на операционных системах Windows, Ubuntu, Linux, прикладные программы Mathcad, Matlab, Mathematica, а также сайты образовательных учреждений и журналов, информационно-справочные системы, электронные учебники.

При проведении занятий рекомендуется использовать компьютеры, мультимедийные проекторы, интерактивные экраны.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Университет обладает достаточной базой оснащенных аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины. Кроме того, на факультете 4 компьютерных класса и 4 учебных класса, оснащенных компьютерами с соответствующим программным обеспечением и мультимедиа-проекторами.

В университете имеется необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.