

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

Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория сплайнов и их приложения

Кафедра математического анализа
факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
о ч н а я

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений; модуль профильной направленности

Махачкала, 2022

Рабочая программа дисциплины *Теория сплайнов и их приложения* составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика от 10.01.2018 № 9.

Разработчик: кафедра математического анализа,
Ризаев М.К., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры математического анализа
от 22 марта 2022 г., протокол № 7.

Зав. кафедрой  Рамазанов А.-Р.К.

на заседании методического совета факультета математики и компьютерных наук
от 23 марта 2022 г., протокол № 4.

Председатель  Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» 03 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *Теория сплайнов и их приложения* входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, модуль профильной направленности образовательной программы бакалавриата по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением различных видов сплайн-функций и их основных свойств, с освоением приложений сплайн-функций к решению дифференциальных уравнений и задач изогеометрической аппроксимации.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:
универсальных – УК-1,
общепрофессиональных – ОПК-1,
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 *зачета*.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семе стр	Учебные занятия на очном отделении							Форма промежуточ ной аттестации	
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС		
		Всего	из них						
			Лекции	Лабор аторн ые занят ия	Практич еские занятия	КСР			Консуль тации
4	72	72	42	-	30	-	-	-	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины *Теория сплайнов и их приложения* являются:

- овладение понятиями: сплайн-функция, полиномиальный сплайн, рациональный сплайн, локальный сплайн, глобальный сплайн;
- творческое овладение основными методами теории сплайн-функций, в частности, для создания базы последующим курсам.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина *Теория сплайнов и их приложения* входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, модуль профильной направленности образовательной программы бакалавриата по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Знания по этой дисциплине студентам необходимы для более глубокого овладения

численными методами математического анализа, а также при прохождении курсов дифференциальных уравнений, уравнений математической физики, численных методов, методов оптимизации и др.

Изучение дисциплины *Теория сплайнов и их приложения* предполагает знание основ математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений.

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
УК-1.Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.	<i>Знает:</i> структуру задач в области математики, теоретической механики и физики, а также базовые составляющие таких задач. <i>Умеет:</i> анализировать постановку данной математической задачи, необходимость и (или) достаточность информации для ее решения. <i>Владеет:</i> навыками сбора, отбора и обобщения научной информации в области математических дисциплин.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ
	УК-1.2.Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	<i>Знает:</i> принципы математического моделирования разнородных явлений, систематизации научной информации в области математики и компьютерных наук. <i>Умеет:</i> системно подходить к решению задач на разнородные явления в области математики и компьютерных наук. <i>Владеет:</i> навыками систематизации разнородных явлений путем математических интерпретаций и оценок.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ
	УК-1.3.Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.	<i>Знает:</i> современные методы сбора и анализа научного материала с использованием информационных технологий; основные методы работы с ресурсами сети Интернет. <i>Умеет:</i> применять	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ

		современные методы и средства автоматизированного анализа и систематизации научных данных; практически использовать научно-образовательные ресурсы Интернет в научных исследованиях и в деятельности педагога. <i>Владеет:</i> навыками использования информационных технологий в организации и проведении научного исследования; навыками использования современных баз данных; навыками применения мультимедийных технологий обработки и представления информации; навыками автоматизации подготовки документов в различных текстовых и графических редакторах.	
ОПК-1. Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов,	ОПК-1.1.Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.	<i>Знает:</i> теоретические основы базовых математических дисциплин (математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов), а также теоретической механики, физики. <i>Умеет:</i> решать задачи, связанные с исследованием различных методов из области математических и физических наук. <i>Владеет:</i> базовыми методами современной	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ

численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности		математики по исследованию математических и естественнонаучных задач.	
	ОПК-1.2. Умеет использовать их в профессиональной деятельности.	<i>Знает:</i> способы использования знаний в различных областях математики при решении конкретных задач в области математики и естественных наук. <i>Умеет:</i> применять различные методы современной математики по исследованию математических и естественнонаучных задач. <i>Владеет:</i> навыками применения методов современной математики при решении конкретных задач в области математики и естественных наук.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ
	ОПК-1.3. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	<i>Знает:</i> различные методы современной математики по исследованию математических и естественнонаучных задач. <i>Умеет:</i> корректно выбрать методы решения конкретной задачи в области математики и естественных наук. <i>Владеет:</i> навыками выбора методов решения задач современной математики.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ
ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1. Обладает умением сбора и обработки данных, полученных в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	<i>Знает:</i> основы теории сплайнов и различные приложения сплайн-функций в математических и естественных науках; современные языки программирования и современные информационные технологии. <i>Умеет:</i> применять методы сплайн-функций для решения различных задач математических и естественных наук; составлять программы на современных языках	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ

		программирования. <i>Владеет:</i> базовыми методами теории сплайнов; навыками программирования на современных языках.	
	ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.	<i>Знает:</i> области применения сплайн-функций; различные языки программирования. <i>Умеет:</i> находить приближенные решения дифференциальных уравнений с помощью сплайн-функций; решать задачи на формосохраняющие интерполяции функций сплайнами и аппроксимации функций посредством сплайн-функций; применять различные языки программирования в численном анализе. <i>Владеет:</i> навыками приложения численных методов с применением сплайн-функций к решению естественнонаучных задач.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ
	ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в прикладной математике и информатике.	<i>Знает:</i> методы приближенного решения дифференциальных уравнений; численные методы анализа; современные информационные технологии. <i>Умеет:</i> применять методы сплайн-функций в численном анализе с использованием современных информационных технологий. <i>Владеет:</i> навыками решения задач численного анализа с использованием методов сплайн-функций.	Изучение тем последовательно по модулям с последующим проведением коллоквиумов и контрольных работ

4.Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины

Названия разделов и тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Аудиторные занятия, в том числе				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по модулям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	лабор. занятия	практ. занятия	Контр. сам. раб.		
Четвертый семестр								
Модуль 1. Структура и аппроксимативные свойства сплайн-функций								
1. Понятие о сплайн-функциях.			2		2			
2. Полиномиальные сплайны.			6		4			
3. Рациональные сплайн-функции.			4		2			
4.Сплайн-функции многих переменных.			2		2			
5. Выпуклая сплайн-интерполяция.			4		2			
6. Сглаживающие сплайны.			4		2			
Всего по модулю 1	4		22		14			Контрольная работа, коллоквиум
Модуль 2. Сплайн-решения дифференциальных уравнений								
1.Понятие о разностных схемах.			6		4			
2. Методы сплайн-решений дифференциальных уравнений.			14		12			
Всего по модулю 2	4		20		16			Контрольная работа, коллоквиум
Промежуточная аттестация								
Зачет								зачет
ИТОГО за семестр	4		42		30			зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Структура и аппроксимативные свойства сплайн-функций

Тема 1. Понятие о сплайн-функциях.

Сплайн-функции, фрагменты, гладкость. Интерполяционные сплайны. Глобальные и локальные сплайны. Построение линейных сплайнов.

Тема 2. Полиномиальные сплайны.

Методы построения локальных сплайнов.

Вопросы существования и построения глобальных полиномиальных сплайнов.

Матричный метод построения глобальных сплайнов.

Вопросы существования глобальных полиномиальных сплайнов.

Оценки скорости сходимости сплайн-аппроксимаций.

Постановка задачи безусловной сходимости.

Тема 3. Рациональные сплайн-функции.

Вопросы существования рациональных интерполяционных сплайн-функций.
Оценки скорости сходимости в зависимости от гладкости приближаемой функции.
Тема 4. Сплайн-функции многих переменных.
Построение сплайн-функций на прямоугольных сетках узлов.
Тема 5. Выпуклая сплайн-интерполяция.
Выпуклая интерполяция полиномиальными сплайнами. Трудности ковыпуклой интерполяции классическими сплайнами. Применение обобщенных сплайн-функций для ковыпуклой интерполяции данных.
Тема 6. Сглаживающие сплайны.
Экстремальные свойства классических сплайнов. Понятие о сглаживающих сплайнах.

Модуль 2. Сплайн-решения дифференциальных уравнений

Тема 7. Понятие о разностных схемах.
Численное дифференцирование. Разностная схема краевой (или начальной) задачи.
Понятие аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем.

Тема 8. Методы сплайн-решений дифференциальных уравнений.
Понятие о методе сплайн-коллокации.
Некоторые другие методы решения начальной и краевых задач при помощи сплайнов. Метод аппроксимации сплайнами точного решения дифференциальной задачи.
Вопросы сходимости сплайн-решений.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине

Модуль 1. Структура и аппроксимативные свойства сплайн-функций

Тема 1. Понятие о сплайн-функциях.
Интерполяционные сплайны. Глобальные и локальные сплайны.
Построение линейных сплайнов.
Тема 2. Полиномиальные сплайны.
Методы построения локальных сплайнов.
Матричный метод построения глобальных сплайнов.
Оценки скорости сходимости сплайн-аппроксимаций.
Тема 3. Рациональные сплайн-функции.
Построение рациональных интерполяционных сплайн-функций.
Оценки скорости сходимости в зависимости от гладкости приближаемой функции.
Тема 4. Сплайн-функции многих переменных.
Построение простейших сплайн-функций многих переменных.
Тема 5. Выпуклая сплайн-интерполяция.
Выпуклая интерполяция полиномиальными сплайнами.
Применение обобщенных сплайн-функций для ковыпуклой интерполяции данных.
Тема 6. Сглаживающие сплайны.
Применение сплайн-функций для сглаживания экспериментальных данных.

Модуль 2. Сплайн-решения дифференциальных уравнений

Тема 7. Понятие о разностных схемах.
Численное дифференцирование. Разностные аппроксимации производных различных порядков.
Разностная схема краевой (или начальной) задачи.
Тема 8. Методы сплайн-решений дифференциальных уравнений.
Понятие о методе сплайн-коллокации.
Некоторые другие методы решения начальной и краевых задач при помощи сплайнов.

Вопросы сходимости сплайн-решений.

5. Образовательные технологии

В основе преподавания дисциплины *Теория сплайнов и их приложения* 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.

Учебно-методические пособия для самостоятельной работы:

1. Малоземов В.Н., Певный А.Б. Полиномиальные сплайны. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 120 с.

Задания для самостоятельной работы:

1. Построить кубический полином $P(x)$ такой, что в точках 0, $1/3$, $2/3$, 1 он принимает соответственно значения 1, 0, 0, 0. Эти значения можно взять также в качестве значений функции $f(x)$, равной $-3x + 1$ при $x \in [0, 1/3]$ и равной нулю при $x \in [1/3, 1]$. Сравните значения производных интерполяционного полинома $P(x)$ и функции $f(x)$ в различных точках отрезка $[0, 1]$.

2. Построить кубический сплайн $S(x)$ такой, что выполняются следующие условия:

1) на отрезке $[0, 1]$ сплайн $S(x)$ имеет непрерывные производные до второго порядка включительно;

2) в точках 0, $1/4$, $1/2$, $3/4$, 1 значения сплайна $S(x)$ совпадают со значениями функции $\sqrt{x}$.

<i>Разделы и темы для самостоятельного изучения</i>	<i>Виды и содержание самостоятельной работы</i>
Модуль 1. Структура и аппроксимативные свойства сплайн-функций	
1. Понятие о сплайн-функциях.	Рефераты: 1. Интерполяционные полиномы Лагранжа. 2. Интерполяционные полиномы Эрмита.
2. Полиномиальные сплайны.	Рефераты: 1. Эрмитовы сплайны.
3. Рациональные сплайн-функции.	Рефераты: 1. Интерполяция рациональными функциями.
4. Сплайн-функции многих переменных.	Рефераты: 1. Базисные сплайны.
5. Выпуклая сплайн-интерполяция.	Реферат: Выпуклая интерполяция параболическими сплайнами.
6. Сглаживающие сплайны.	Реферат: Построение сглаживающих сплайнов.
Модуль 2. Сплайн-решения дифференциальных уравнений	
1. Понятие о разностных схемах.	Решение задач и упражнений на оценку погрешности численного дифференцирования.
2. Метод сплайн-коллокации.	Рефераты: 1. Численное решение уравнения Рикатти.

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

7.1. Типовые контрольные задания

Примерные вопросы к коллоквиуму «Структура и аппроксимативные свойства сплайн-функций»

1. Сплайн-функции, фрагменты, гладкость.
2. Интерполяционные сплайны.
3. Глобальные и локальные сплайны.
4. Сплайн-функции многих переменных.
5. Линейные, параболические и кубические сплайны.
6. Существование и единственность рациональных интерполяционных сплайн-функций.
7. Выпуклая интерполяция полиномиальными сплайнами.
8. Применение обобщенных сплайн-функций для ковыпуклой интерполяции данных.
9. Экстремальные свойства классических сплайнов.
10. Применение сплайн-функций для сглаживания экспериментальных данных.

Примерные вопросы к коллоквиуму «Сплайн-решения дифференциальных уравнений»

1. Понятие численного дифференцирования.
2. Разностные аппроксимации производных различных порядков.
3. Понятие о методе сплайн-коллокации. Применение разных фрагментов.
4. Вопросы аппроксимации, устойчивости и сходимости сплайн-решений.

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 (зачет) - 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 зачетах

На *зачете* по учебной дисциплине в *устной* или *письменной* форме проверяется выполнение студентом практической части курса и усвоение учебного материала лекционных и практических занятий. Результаты на зачете оцениваются по 100-балльной системе ориентировочно по следующим критериям:

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

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

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

4) от 0 до 50 баллов с учетом степени усвоения, если у студента *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.

При этом выставляется оценка «зачтено» или «незачтено», если набрал выше или, соответственно, ниже 50 баллов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

а) адрес сайта курса

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

б) основная литература:

1. Алберг Дж., Нилсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. М.: Мир, 1972. 319 с.
2. Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Сплаины в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.
3. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. М.: Наука, 1980. 352 с.

в) дополнительная литература:

1. Гребенников А. И. Метод сплайнов и решение некорректных задач теории приближений. М.: Изд-во МГУ, 1983. 208 с.
2. Корнейчук Н.П. Сплаины в теории приближения. М.: Наука, 1984. 352с.
3. Квасов Б.И. Методы изометрической аппроксимации сплайнами. М.: Физматлит, 2006. 360 с.

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/>(2022).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебная программа по дисциплине *Теория слайнов и их приложения* 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, а также из подготовки к контрольным работам, коллоквиумам и сдаче зачета.

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 *Теория слайнов и их приложения* рекомендуются:

- компьютерные технологии, основанные на операционных системах *Windows, Ubuntu, Linux*;
- прикладные программы *Matlab International Academic Edition Individual, Mathcad Academic*;
- электронный периодический справочник «Система Гарант»;
- справочная правовая система «КонсультантПлюс».

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 оборудованных аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины *Теория слайнов и их приложения*. 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.