

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения спектральной теории к задачам механики

**Кафедра прикладной математики 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

очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, факультативная дисциплина

Рабочая программа дисциплины «Приложения спектральной теории к задачам механики» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02–Прикладная математика и информатика.

Приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 №9

Разработчик: кафедра прикладной математики, к.ф.-м.н. доцент Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры прикладной математики от «22» июня 2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой Р Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от «23» июня 2021г., протокол №6.

Председатель Вейс Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» 22 2021г.

Начальник УМУ АГ Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *«Приложения спектральной теории к задачам механики»* входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, факультативная дисциплина, образовательной программы *бакалавриата* по направлению подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете *математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением и освоением следующего материала. Линейные дифференциальные операторы: линейные дифференциальные выражения, краевые условия; линейные дифференциальные операторы, краевые задачи, формула Лагранжа, сопряженные дифференциальные выражения, сопряженные краевые условия, сопряженные операторы и краевые задачи. Спектральные свойства дифференциальных операторов: собственные значения и собственные функции линейных дифференциальных операторов, характеристический определитель дифференциального оператора, соотношения между собственными значениями и собственными функциями сопряженных операторов, собственные значения и собственные функции самосопряженных операторов. Функция Грина линейного дифференциального оператора: задача обращения дифференциального оператора, построение функции Грина, функция Грина сопряженного оператора, краевые задачи, содержащие параметр. Приложения спектральной теории дифференциальных операторов к задачам механики: определение критических нагрузок в задаче продольного изгиба стержня, вычисление дискретных уровней энергии некоторых квантовых систем, исследование математической модели задачи опрокидывания консольной балки, задачи сжатия и кручения вала.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *универсальных – УК 1. общепрофессиональных – ОПК-2.*

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума и итоговый контроль в форме зачета

Объем дисциплины 1 зачетная единица, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	ВВсе го	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен	
		из них						
		Лекц ии	Лабораторн ые занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции		
6	36	34					2	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «*Приложения спектральной теории к задачам механики*» являются: знакомство с теоретическими основами линейных дифференциальных операторов, с спектральными свойствами этих операторов: с функцией Грина линейного дифференциального оператор и методами его построения, освоение математических моделей задач продольного изгиба стержня, некоторых модельных квантовых систем, задачи опрокидывания консольной балки, задачи сжатия и кручения вала, изучение различных асимптотических методов нахождения спектральных характеристик дифференциальных операторов, установление связи указанного материала с другими математическими дисциплинами, привить обучающимся умение самостоятельно изучать учебную и научную литературу по математике.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина «*Приложения спектральной теории к задачам механики*» входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, факультативная дисциплина программы *бакалавриата* по направлению подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика. Знания по данному курсу весьма необходимо для выпускников, обучающихся по специальности *прикладная математика*, как для освоения различных смежных дисциплин, так и для создания математических моделей различных задач естествознания, для последующего их исследования, выбора из полученных решений тех, которые имеют прикладной смысл.

Изучение курса «*Приложения спектральной теории к задачам механики*» предполагает наличие у студентов хороших знаний по *математическому анализу, дифференциальным уравнениям, функциональному анализу, общему курсу физики, теоретической механике*.

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

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения	УК-1.1. Знает: принципы сбора, обработки и обобщения информации.	Знает: структуру задач в области математики, теоретической механики и физики, а также базовые	Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен

поставленных задач.		составляющие таких задач Умеет: анализировать постановку данной математической задачи, необходимость и (или) достаточность информации для ее решения. Владеет: навыками сбора, отбора и обобщения научной информации в области математических дисциплин.	
	УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	Знает: принципы математического моделирования разнородных явлений, систематизации научной информации в области математики и компьютерных наук. Умеет: системно подходить к решению задач на разнородные явления в области математики и компьютерных наук. Владеет: навыками систематизации разнородных явлений путем математических интерпретаций и оценок.	
	УК-1.3. Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.	Знает: современные методы сбора и анализа научного материала с использованием информационных технологий; основные методы работы с ресурсами сети интернет. Умеет: применять современные методы и	

		средства автоматизированного анализа и систематизации научных данных; практически использовать научно образовательные ресурсы Интернет в научных исследованиях и в деятельности педагога. Владеет: 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-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки реализации алгоритмов решения прикладных задач.	ОПК-2.1. Владеет навыками использования математического аппарата и системы программирования для решения прикладных задач.	Знает: достаточно обширно методы решения прикладных задач с использованием математического аппарата и системы программирования. Умеет: определять цель и задачи, методы решения прикладных задач. Владеет: методикой и навыками использования	Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен

		математического аппарата и системы программирования.	
	ОПК-2.2. Умеет решать различные прикладные задачи, используя существующие математические методы и системы программирования.	Знает: основные методы и методы решения прикладных задач. Умеет: использовать методы математического аппарата и системы программирования при решении различных задач прикладного характера. Владеет: навыками решения конкретных задач прикладного характера в соответствии с выбранной методикой.	
	ОПК-2.3. Имеет практический опыт исследований прикладных задач.	Знает: различные методы решения прикладных задач с использованием математического аппарата и системы программирования. Умеет: анализировать современные научные достижения в области исследований прикладных задач. Владеет: навыками самостоятельной научно исследовательской работы в области теории вероятностей и математической статистики, исследования операций, методов	

		оптимизации, численных методов.	
--	--	------------------------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 1 единицу, 36 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. Раб.	Сам.раб	Подг. к экз.	Общ. тр	
Модуль 1. Приложение спектральной теории к задачам механики.				34			2		36	
1	Математические модели. Дифференциальные модели.	6	1	2					2	Индивидуальный фронтальный опрос, тестирование, лабораторная работа, проверка групп журнала
2	Линейные дифференциальные операторы.	6	2-3	4					4	
3	Сопряженные дифференциальные операторы.	6	4-5	4					4	
4	Спектральные свойства дифференциальных операторов	6	6-7	4					6	
5	Функция Грина дифференциального оператора.	6	8-9	4					4	

6	Метод возмущений операторов.	6	10	2						
7.	Задача продольного изгиба стержня.	6	11-12	4					4	
8.	Исследование энергетических уровней гамильтонианов.	6	13-14	4					4	
9.	Задача опрокидывания балки.	6	15-16	4					4	
10	Задача сжатия и кручения вала	6	17	2			2		4	
	ИТОГО:			34			2		36	зачет

4.3.Содержание дисциплины, структурированное по темам

4.3.1.Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Приложение спектральной теории к задачам механики.

Тема1. Математические модели. Дифференциальные модели.

Виды моделирования, математические модели. Дифференциальные модели, качественный анализ решений их решений. Математические модели некоторых задач механики.

Тема 2. Линейные дифференциальные операторы.

Линейные дифференциальные выражения, краевые условия. Однородная краевая задача. Условия разрешимости краевой задачи. Формула Лагранжа. Сопряженное дифференциальное выражение. Общий вид самосопряженных дифференциальных выражений.

Тема 3. Сопряженные дифференциальные операторы.

Сопряженные краевые условия, сопряженный оператор. Сопряженная краевая задача. Соотношение между рангами исходной и сопряженной краевых задач

Тема 4. Спектральные свойства дифференциальных операторов.

Собственные значения и собственные функции линейных дифференциальных операторов. Характеристический определитель краевой задачи. Соотношения между собственными значениями и собственными функциями сопряженных

операторов. Собственные значения и собственные функции самосопряженных операторов

Тема 5. Функция Грина дифференциального оператора.

Общее определение обратного оператора. Задача обращения дифференциального оператора. Построение функции Грина. Обращение дифференциального оператора при помощи функции Грина.

Тема 6. Метод возмущений операторов.

Возмущение конечномерных операторов. Ряды для собственных значений и собственных векторов. Регулярная теория возмущений операторов. Ряды спектральных характеристик возмущенного оператора.

Тема 7. Задача продольного изгиба стержня.

Постановка задачи продольного изгиба стержня и ее математическая модель. Вычисление критических нагрузок при постоянных параметрах жесткости на изгиб. Определение критических нагрузок методом теории возмущений. Задача продольного изгиба стержня в случае шарнирного соединения одного конца, ее математическая модель и его решение в частных случаях.

Тема 8. Исследование энергетических уровней гамильтонианов.

Гамильтониан механической системы ее физический смысл. Дискретные уровни энергии механической системы, стационарные состояния системы. Вычисление значений энергий систем методом теории возмущений.

Тема 9. Задача опрокидывания балки.

Постановка задачи опрокидывания консольной балки при изгибе и ее математическая модель. Решение модели в некоторых частных случаях. Приложение метода теории стационарных возмущений для приближенного определения критических нагрузок. Кручение и опрокидывание двутавровой балки.

Тема 10. Задача сжатия и кручения вала.

Постановка задачи сжатия и кручения вала. Построение математической модели задачи. Решение математической модели при постоянном поперечном сечении. Исследование дифференциальной модели методом стационарной теории возмущений.

5. Образовательные технологии.

В основе преподавания дисциплины *«Приложения спектральной теории к задачам механики»* лежит лекционная система обучения, что требует активного осмысливания теоретического материала, содержащего глубокие и фундаментальные понятия с из спектральной теории дифференциальных операторов, их приложений к задачам механики. 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. Особенно, это касается тех задач механики, в которых наглядные элементы-схемы, рисунки составляют необходимую составляющую.. Лекции проводятся в аудиториях, оснащенных видеопроекторами. В университете функционирует Центр современных образовательных технологий, в котором предусматриваются мастер – классы специалистов.

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.

Коллоквиум - средство контроля освоения учебного материала темы или раздела, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Перед коллоквиумом по каждому модулю студент должен *самостоятельно* повторить и освоить соответствующий теоретический материал по данному модулю:

- *знать* основные понятия и определения, формулировки основных математических утверждений;
- *уметь* давать: общий анализ основных понятий; геометрические и/или естественнонаучные интерпретации базовых теорем по тематике модуля;
- *владеть* навыками доказательства теорем по тематике модуля.

Критерии оценки по коллоквиуму

По данному модулю студенту выставляются:

- 1) 5 баллов, если он *знает* основные понятия, определения, формулировки основных утверждений из данного раздела и *умеет* их иллюстрировать на различных примерах;
- 2) 15 баллов, если он *знает* основные понятия, определения, формулировки основных утверждений из данного раздела и *умеет* доказывать различные из них;
- 3) 20 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) 50 баллов;
- 2) 40 баллов в случае наличия неточностей;
- 3) 20 баллов в случае наличия некоторых допустимых ошибок.

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

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 10 баллов, которые учитываются при выводе общего результата как интегральной оценки, складывающейся из текущего контроля и промежуточного контроля.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

1. Треногин, В.А. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учебник / В.А. Треногин. - Москва :Физматлит, 2009. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-1063-1 ; То же[Электронныйресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82614> (17.10.2018).

2.Костюченко А.Г. Саргсян И.С. Распределение собственных значений. -М.: Наука, 1979, 400с.,
<https://booksee.org/book/579194>.

3.Тимошенко С.П. Теория упругости. -М.: Наука, 1974.
<https://lib-bkm.ru/load/86-1-0-3067>

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы

7.2. Вопросы к коллоквиумам и зачету для оценки качества освоения дисциплины.

- 1.Виды моделирования, математические модели.
- 2.Дифференциальные модели, основные понятия.
- 3.Примеры математические модели некоторых задач механики.
- 4.Линейные дифференциальные выражения, краевые условия.
- 5.Однородная краевая задача. Условия разрешимости краевой задачи.

6. Формула Лагранжа.
7. Сопряженное дифференциальное выражение.
8. Общий вид самосопряженных дифференциальных выражений.
9. Сопряженные краевые условия, сопряженный оператор.
10. Сопряженная краевая задача.
11. Соотношение между рангами исходной и сопряженной краевых задач
12. Собственные значения и функции линейных дифференциальных операторов.
13. Характеристический определитель краевой задачи.
14. Соотношения между собственными значениями и собственными функциями сопряженных операторов.
15. Собственные значения и собственные функции самосопряженных операторов
16. Обратный оператор. Задача обращения дифференциального оператора.
17. Построение функции Грина.
18. Обращение дифференциального оператора при помощи функции Грина.
19. Возмущение конечномерных операторов.
20. Ряды для собственных значений и собственных векторов.
21. Регулярная теория возмущений операторов
- 22.. Ряды спектральных характеристик возмущенного оператора.
23. Постановка задачи продольного изгиба стержня и ее математическая модель.
24. Вычисление критических нагрузок при постоянных параметрах жесткости.
25. Определение критических нагрузок методом теории возмущений.
26. Задача продольного изгиба стержня в случае шарнирного соединения.
27. Математическая модель изгиба стержня с шарнирным соединением.
28. Решение в частных случаях задачи изгиба в случае шарнирного соединения.
29. Гамильтониан механической системы ее физический смысл.
30. Дискретные уровни энергии механической систем.
31. Стационарные состояния системы.
32. Вычисление значений энергий систем методом теории возмущений.
33. Постановка задачи опрокидывания консольной балки при изгибе.
34. Математическая модель задачи опрокидывания консольной балки.
35. Решение модели задачи опрокидывания консольной балки .
36. Приложение теории возмущений к задаче опрокидывания консольной балки для приближенного определения критических нагрузок.
37. Кручение и опрокидывание двутавровой балки.
38. Постановка задачи сжатия и кручения вала.
39. Построение математической модели задачи сжатия и кручения вала.
40. Решение математической модели задачи сжатия и кручения вала при постоянном поперечном сечении.
41. Приложение метода теории возмущений к задаче сжатия и кручения вала.

7.3. 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 – 30 % и промежуточного контроля – 70 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 10 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 30 баллов,
- письменная контрольная работа - 40 баллов,

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

а) основная литература:

1. Дифференциальные уравнения : учебник / . - 4-е изд. - Москва :Физматлит, 2002. - 252 с. - (Курс высшей математики и математической физики. Вып. 6). - ISBN 978-5-9221-0277-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=145012> (17.10.2018).
2. Филиппов, Алексей Фёдорович .
Введение в теорию дифференциальных уравнений : [учеб. для вузов по группе физ.-мат. направлений и специальностей] / Филиппов, Алексей Фёдорович . - М. :Едиториал УРСС, 2007. - 238,[1] с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 234-236. - Предм. указ.: с. 237-239. - Допущено МО РФ. - ISBN 5-354-00416-0 : 120-70.
<https://obuchalka.org/2014032376465/vvedenie-v-teoriu-differencialnih-uravnenii-filippov-a-f-2007.html>
- 3.Костюченко А.Г. Саргсян И.С. Распределение собственных значений. -М.: Наука, 1979, 400с.,<https://booksee.org/book/579194>.
- 4.Тимошенко С.П. Теория упругости. -М.: Наука, 1974.
<https://lib-bkm.ru/load/86-1-0-3067>
5. Коллатц Л. Задачи на собственные значения.- М.: Наука, 1968, 504с.
<https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Kollatc1968ru.pdf>
6. Маслов В.П. Теория возмущений и асимптотические методы.- М.: Изд - во МГУ, 1965.
<https://booksee.org/book/787672>

б) дополнительная литература

- 1.Егоров,АлександрИванович. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями / Егоров, Александр Иванович. - М. :Физматлит, 2005. - 384 с. : ил. ; 24 см. - Библиогр.: с.375-376.- Предм. указ.: с.377-380. - ISBN 5-9221-0385-7 :

350-00.

2. Ключников В.Д. Устойчивость упруго-пластичных систем. М.: Наука, 1980.
<https://booksee.org/book/531307>
<https://bookree.org/reader?file=531307&pg=13>

3. Асланян А.Г., Лидский В.В. Распределение собственных частот упругих оболочек. М.: Наука, 1974.
http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=faa&paperid=1727&option_lang=rus

4. Треногин, В.А. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учебник / В.А. Треногин. - Москва : Физматлит, 2009. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-1063-1 ; То же [Электронный ресурс]. -
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82614> (17.10.2018).

5. Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф. «Численные методы. Теория. Алгоритмы. Программы». Учебное пособие. Самара, 2008. <http://pouts.psuti.ru/wp-content/uploads/Числ.методы.pdf> <http://www.twirpx.com/files/informatics/os/lectures>

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

1. Федеральный портал российское образование <http://edu.ru>;
2. Электронные каталоги Научной библиотеки Даггосуниверситета
<http://elib.dgu.ru>; <http://edu.icc.dgu.ru>
3. Образовательные ресурсы сети Интернет <http://catalog.iot.ru/index.php>;
4. Электронная библиотека <http://elib.kuzstu.ru>.

10. Методические указания для обучающихся на освоению дисциплины.

Учебная программа по дисциплине распределена по темам и по часам на лекционные 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 зачетов и 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 *приложениям спектральной теории к задачам механики* 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 аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины методы оптимизации. 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