

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.10
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Маслов А.Н.
	Идентификатор	Rf8f2f741-MaslovAN-736ea3ef

А.Н. Маслов


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Свириденко О.В.
	Идентификатор	R9097b88f-SviridenkoOV-16830d5f

О.В.
Свириденко

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Является изучение численных методов инженерных расчётов и сопутствующего математического аппарата, применяемых при компьютерном моделировании робототехнических систем для математического описания их движения и планирования траекторий рабочих органов.

Задачи дисциплины

- Изучение применяемых при решении задач робототехники численных методов и лежащего в основе данных методов математического аппарата (включая получение необходимых сведений из общей и линейной алгебры).;

- Овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области компьютерного моделирования робототехнических систем, включая методы интерполяции и аппроксимации функций тригонометрическими многочленами и сплайнами.;

- Формирование устойчивых навыков по применению арсенала численных методов инженерных расчётов при решении робототехнических задач, включая методы построения программного движения роботов, методы алгебры кватернионов в применении к кинематике систем твёрдых тел, линейные многошаговые методы численного решения задачи Коши.;

- Овладение линейными многошаговыми методами численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат численных методов	знать: - Основные алгоритмы, реализующие численные методы инженерных расчётов (включая алгоритмы решения задачи Коши линейными многошаговыми методами численного интегрирования) и условия, при соблюдении которых их применение является оправданным.. уметь: - Разрабатывать и успешно применять, пользуясь приобретёнными математическими знаниями и освоенным арсеналом численных методов, а также получаемыми самостоятельно при помощи современных информационных технологий новыми знаниями, умениями и методами исследования, алгоритмы решения практических задач в области робототехники..
ОПК-4 Способен использовать современные информационные технологии и	ИД-1 _{ОПК-4} Использует имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывает новое	знать: - Порядок применения теоретического аппарата (теорию и методы интерполяции и аппроксимации функций тригонометрическими многочленами и сплайнами, методы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
программные средства при моделировании технологических процессов	программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования	<p>планирования траекторий и построения программного движения роботов, методы алгебры кватернионов в применении к кинематике систем твёрдых тел, основы теории линейных многошаговых методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений) в важнейших практических приложениях.;</p> <p>- Теоретические основы применяемых при решении задач робототехники численных методов и лежащего в основе данных методов математического аппарата (включая необходимый материал из общей и линейной алгебры)..</p> <p>уметь:</p> <p>- Находить, обобщать и анализировать информацию о робототехнических системах и условиях их эксплуатации, планировать ход исследования и пути достижения поставленных целей..</p>
ОПК-13 Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	ИД-4 _{ОПК-13} Применяет численные методы и алгоритмы при проведении исследований мехатонных и робототехнических систем в процессе выполняемых ими операций	<p>знать:</p> <p>- Основные алгоритмы, реализующие численные методы инженерных расчётов (включая алгоритмы тригонометрической интерполяции, интерполяции и аппроксимации сплайнами) и условия, при соблюдении которых их применение является оправданным..</p> <p>уметь:</p> <p>- Пользоваться современными информационными технологиями для совершенствования и развития своего интеллектуального, профессионального и общекультурного уровня.;</p> <p>- Выделять при анализе робототехнических систем и условий их эксплуатации задачи, требующие применения численных методов и проведения вычислительных экспериментов, планировать и реализовывать решение данных задач, пользуясь общесистемными средствами программного назначения,</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		современными программными продуктами и информационными технологиями, системами компьютерной математики, инструментальными средствами компьютерного моделирования..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Линейную алгебру и аналитическую геометрию.
- знать Математический анализ
- знать Информатику
- знать Дискретную математику
- уметь Работать со списками данных.
- уметь Создавать программу для выполнения расчетов в математических пакетах.
- уметь Применять циклические формы алгоритмов с остановом.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Тригонометрическая интерполяция.	23	1	4	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Тригонометрическая интерполяция." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Тригонометрическая интерполяция. и подготовка к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Тригонометрическая интерполяция." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Тригонометрическая интерполяция.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], ст. 394-400</p>	
1.1	Тригонометрическая интерполяция.	23		4	-	4	-	-	-	-	-	15	-		
2	Интерполяция кусочными многочленами.	51		12	-	14	-	-	-	-	-	-	25		-
2.1	Интерполяция кусочными	51		12	-	14	-	-	-	-	-	-	25		-

	многочленами.														<p>Интерполяция кусочными многочленами. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Интерполяция кусочными многочленами."</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Интерполяция кусочными многочленами.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Интерполяция кусочными многочленами." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], ст. 66-81 [4], ст. 171-186</p>
3	Кватернионы в вычислительной механике.	25	4	-	6	-	-	-	-	-	15	-		<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Кватернионы в вычислительной механике."</p>	
3.1	Кватернионы в вычислительной механике.	25	4	-	6	-	-	-	-	-	15	-		<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Кватернионы в вычислительной механике.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p>	

														<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Кватернионы в вычислительной механике."</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Кватернионы в вычислительной механике." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Кватернионы в вычислительной механике. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], ст. 31-42</p>
4	В-сплайны в практике приближения функций.	45	12	-	8	-	-	-	-	-	25	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "В-сплайны в практике приближения функций.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p>	
4.1	В-сплайны в практике приближения функций.	45	12	-	8	-	-	-	-	-	25	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "В-сплайны в практике приближения функций."</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "В-сплайны в практике приближения функций."</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу В-сплайны в практике приближения функций. и подготовка к контрольной работе</p>	

														<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Всплайны в практике приближения функций." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], ст. 93-98 [4], ст. 171-186
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5		
	Итого за семестр	180.0	32	-	32	2	-	-	-	0.5	113.5			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Тригонометрическая интерполяция.

1.1. Тригонометрическая интерполяция.

Интерполяция периодических функций. Тригонометрические многочлены. Теорема о коэффициентах интерполяционного тригонометрического многочлена при интерполяции по равномерной сетке. Комплексная форма записи тригонометрического многочлена. Понятие о дискретном преобразовании Фурье.

2. Интерполяция кусочными многочленами.

2.1. Интерполяция кусочными многочленами.

Усечённые степенные функции. Кусочные многочлены, их степень и дефект; соотношения непрерывности. Звенное представление кусочного многочлена. Сплайны; пространства сплайнов, их размерность. Задача интерполяции линейными сплайнами и её решение. Вывод оценки для погрешности кусочно линейной интерполяции. Задача интерполяции эрмитовыми кубическими многочленами и вычисление коэффициентов таких многочленов. Оценка погрешности интерполяции эрмитовыми кубическими многочленами.

3. Кватернионы в вычислительной механике.

3.1. Кватернионы в вычислительной механике.

Основные операции над кватернионами. Арифметические кватернионы. Выражение кватернионов через их компоненты. Частные случаи формулы умножения кватернионов и следствия из них. Сопряжённый кватернион. Формула обращения кватерниона. Рекуррентные формулы для операторов поворота звеньев простой кинематической цепи. Единичная сфера в теле кватернионов. Гомоморфизм группы единичных кватернионов в группу автоморфизмов тела кватернионов. Кватернионы поворота. Теорема Гамильтона и следствия из неё. Параметры Родрига – Гамильтона. Описание поворотов при помощи ненормированных кватернионов. Рекуррентные формулы для вычисления кватернионов поворота звеньев простой кинематической цепи. Выражение матрицы оператора поворота через компоненты кватерниона поворота. Лемма о дифференцировании единичного кватерниона. Теорема о выражении вектора угловой скорости через производную от кватерниона поворота. Кинематическое уравнение для кватерниона поворота.

4. V-сплайны в практике приближения функций.

4.1. V-сплайны в практике приближения функций.

Определение V-сплайна при помощи рекуррентных формул. Явная формула для V-сплайна. Вывод формулы Кокса – де Бора. Явные формулы для V-сплайнов нулевой и первой степени. Теорема о носителе V-сплайна; следствия из неё. Теорема о получении разложения единицы на отрезке числовой прямой с использованием V-сплайнов. Задача о склеивании функций и её решение при помощи V-сплайнов. Вывод формулы для производной V-сплайна. Теорема Карри – Шёнберга. Представление сплайнов в виде линейных комбинаций V-сплайнов. Решение задач интерполяции с помощью кубических V-сплайнов. Простейший способ локальной аппроксимации функций действительного переменного при помощи кубических V-сплайнов. Теорема о погрешности этого способа аппроксимации. Кубические V-сплайны Шёнберга и их применение при локальной аппроксимации функций действительного переменного. Свойства V-сплайнов.

3.3. Темы практических занятий

1. 5. Эрмитовы кубические многочлены.;
2. 10. Различные типы граничных условий.;
3. 24. Кубические V-сплайны Шенберга.;
4. 22. Локальной аппроксимации B-сплайнами.;
5. 21. Кубические B-сплайны.;
6. 20. Кубические B-сплайны.;
7. 19. B-сплайны. Дифференцирование.;
8. 18. B-сплайны.;
9. 11. Метод прогонки.;
10. 6. Эрмитовы кубические многочлены.;
11. 4. Защита Расчета №1 "Тригонометрическая интерполяция".;
12. 3. Контрольная работа №1 "Тригонометрическая интерполяция".;
13. 12. Контрольная работа №3 Кубический сплайн.;
14. 23. Контрольная работа №5 "B-сплайны".;
15. 8. Интерполяция кубическими сплайнами.;
16. 7. Контрольная работа №2 "Эрмитовы кубические многочлены".;
17. 13. Защита Расчет №2 "Планирование траекторий рабочей точки робота-манипулятора".;
18. 16. Кватернионы. Кинематические уравнения.;
19. 9. Различные типы граничных условий.;
20. 17. Контрольная работа №3 "Кватернионы".;
21. 14. Кватернионы. Арифметические действия.;
22. 15. Кватернионы. Кватернионы поворота.;
23. 2. Тригонометрическая интерполяция.;
24. 1. Тригонометрическая интерполяция..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
Основные алгоритмы, реализующие численные методы инженерных расчётов (включая алгоритмы решения задачи Коши линейными многошаговыми методами численного интегрирования) и условия, при соблюдении которых их применение является оправданным.	ИД-1 _{ОПК-1}	+				Контрольная работа/КР№1 Тригонометрический многочлен
Теоретические основы применяемых при решении задач робототехники численных методов и лежащего в основе данных методов математического аппарата (включая необходимый материал из общей и линейной алгебры).	ИД-1 _{ОПК-4}		+			Контрольная работа/КР№2 Эрмитовы кубические многочлены Контрольная работа/КР№3 Кубический сплайн
Порядок применения теоретического аппарата (теорию и методы интерполяции и аппроксимации функций тригонометрическими многочленами и сплайнами, методы планирования траекторий и построения программного движения роботов, методы алгебры кватернионов в применении к кинематике систем твёрдых тел, основы теории линейных многошаговых методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений) в важнейших практических приложениях.	ИД-1 _{ОПК-4}			+		Контрольная работа/КР№4 Кватернионы
Основные алгоритмы, реализующие численные методы инженерных расчётов (включая алгоритмы тригонометрической интерполяции, интерполяции и аппроксимации сплайнами) и условия, при соблюдении которых их применение является оправданным.	ИД-4 _{ОПК-13}				+	Контрольная работа/КР№5 В-сплайны
Уметь:						
Разрабатывать и успешно применять, пользуясь приобретёнными математическими знаниями и освоенным арсеналом численных методов, а также получаемыми самостоятельно при помощи современных информационных технологий новыми знаниями, умениями и методами	ИД-1 _{ОПК-1}	+				Контрольная работа/КР№1 Тригонометрический многочлен

исследования, алгоритмы решения практических задач в области робототехники.						
Находить, обобщать и анализировать информацию о робототехнических системах и условиях их эксплуатации, планировать ход исследования и пути достижения поставленных целей.	ИД-1 _{ОПК-4}		+			Контрольная работа/КР№2 Эрмитовы кубические многочлены Контрольная работа/КР№3 Кубический сплайн
Выделять при анализе робототехнических систем и условий их эксплуатации задачи, требующие применения численных методов и проведения вычислительных экспериментов, планировать и реализовывать решение данных задач, пользуясь общесистемными средствами программного назначения, современными программными продуктами и информационными технологиями, системами компьютерной математики, инструментальными средствами компьютерного моделирования.	ИД-4 _{ОПК-13}				+	Контрольная работа/КР№5 В-сплайны
Пользоваться современными информационными технологиями для совершенствования и развития своего интеллектуального, профессионального и общекультурного уровня.	ИД-4 _{ОПК-13}				+	Контрольная работа/КР№4 Кватернионы

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КР№1 Тригонометрический многочлен (Контрольная работа)
2. КР№2 Эрмитовы кубические многочлены (Контрольная работа)
3. КР№3 Кубический сплайн (Контрольная работа)
4. КР№4 Кватернионы (Контрольная работа)
5. КР№5 В-сплайны (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка выставляется по формуле $0.3 \cdot \text{"оценка текущей аттестации"} + 0.7 \cdot \text{"оценка промежуточной аттестации"}$ с математическим округлением

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Адамов, Б. И. Применение основных матричных разложений в задачах механики и робототехники : учебное пособие по курсам "Вычислительная механика", "Численные методы в робототехнике", "Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике", "Основы мехатроники и робототехники" по направлению "Мехатроника и робототехника" / Б. И. Адамов, А. Н. Маслов, Н. В. Осадченко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2150-8 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10865>;
2. Квасов, Б. И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab : учебное пособие по направлению "Математика" / Б. И. Квасов . – СПб. : Лань-Пресс, 2016 . – 328 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-2019-3 .;
3. Челноков, Ю. Н. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения. Геометрия и кинематика движения / Ю. Н. Челноков . – М. : Физматлит, 2006 . – 512 с. - ISBN 5-922106-80-5 .;
4. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. - "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (672 с.)
<https://e.lanbook.com/book/168619>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);

5. Scilab;
6. SmathStudio;
7. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы в робототехнике

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КР№1 Тригонометрический многочлен (Контрольная работа)
 КМ-2 КР№2 Эрмитовы кубические многочлены (Контрольная работа)
 КМ-3 КР№3 Кубический сплайн (Контрольная работа)
 КМ-4 КР№4 Кватернионы (Контрольная работа)
 КМ-5 КР№5 В-сплайны (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	8	15	12
1	Тригонометрическая интерполяция.						
1.1	Тригонометрическая интерполяция.		+				
2	Интерполяция кусочными многочленами.						
2.1	Интерполяция кусочными многочленами.			+	+		
3	Кватернионы в вычислительной механике.						
3.1	Кватернионы в вычислительной механике.					+	
4	В-сплайны в практике приближения функций.						
4.1	В-сплайны в практике приближения функций.						+
Вес КМ, %:			20	20	20	10	30