

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
УСТОЙЧИВОСТЬ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.03.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 48 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Решение задач Коллоквиум Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Капустина О.М.
	Идентификатор	R6f4a785d-KapustinaOM-1bc0f249

(подпись)

О.М. Капустина

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

О.В.

Свириденко

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Знание основных положений, определений, теоретических результатов и владение методами теории устойчивости и стабилизации движения динамических систем

Задачи дисциплины

- Изучение ключевых проблем и результатов теории устойчивости движения динамических систем

Изучение ключевых проблем и результатов теории стабилизации движения динамических систем

Овладение важнейшими методами решения прикладных задач теории устойчивости и стабилизации движения динамических систем

Формирование прочных навыков по применению методов исследования устойчивости и стабилизации движения при решении робототехнических задач.

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
ПК-1 Способен разрабатывать техническое задание на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем, участвовать в разработке конструкторской и проектной документации в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	ИД-3 _{ПК-1} Выбирает оптимальные решения при разработке мехатронных и робототехнических систем и их подсистем на основе анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта в области их проектирования	знать: - Основные положения, определения, теоретические результаты теории устойчивости. уметь: - Применять физико-математический аппарат, методы анализа, моделирования, теоретического исследования устойчивости динамических систем.
ПК-2 Способен организовывать и проводить исследования мехатронных и робототехнических систем и их подсистем с учетом требований заказчиков	ИД-1 _{ПК-2} Разрабатывает действующие макеты и опытные образцы управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводит эксперименты с применением современных информационных технологий и технических средств	знать: - Постановки задач, теоремы о стабилизации и оптимальной стабилизации движения. уметь: - Пользоваться информационно-справочными компьютерными системами, системами компьютерной алгебры.
ПК-2 Способен организовывать и проводить исследования мехатронных и робототехнических систем	ИД-2 _{ПК-2} Применяет методы исследования устойчивости и стабилизации движения при решении робототехнических задач	знать: - Теоремы об устойчивости и неустойчивости движения по первому приближению; - Теоремы об устойчивости и неустойчивости положений равновесия,

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
и их подсистем с учетом требований заказчиков		<p>стационарных движений, теоремы о влиянии на устойчивость равновесия консервативной системы сил различной природы.</p> <p>уметь: - Использовать текстовые, графические компьютерные редакторы, программы для создания презентаций.</p>

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 Основные определения, теоретические результаты, алгоритмы дисциплин: “Математика”, “Высшая математика”, “Дискретная математика”, “Информатика”, “Теоретическая механика”, “Теория колебаний и динамика машин”, “Теория автоматического управления”, “Вычислительная механика”, “Прикладные методы в теории колебаний”, “Динамика мехатронных систем”, “Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике”
- уметь Использовать основные алгоритмы дисциплин: “Математика”, “Высшая математика”, “Дискретная математика”, “Информатика”, “Теоретическая механика”, “Теория колебаний и динамика машин”, “Теория автоматического управления”, “Вычислительная механика”, “Прикладные методы в теории колебаний”, “Динамика мехатронных систем”, “Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике”

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова.	20	3	4	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Решение индивидуальной задачи для самостоятельного выполнения</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], С.189-224 [2], с.13-23, 27-55 [3], с.64-119 [4], с.7-44 [5], с.6-24 [6], с.87-97 [7], с.6-24 [8], С.24-92 [9], с.13-67,</p>	
1.1	Определение устойчивости. Уравнения возмущённого движения	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
1.2	Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
2	Устойчивость стационарных движений	20		4	-	8	-	-	-	-	-	8	-		<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Решение индивидуальной задачи для самостоятельного выполнения</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], С.274-285 [5], с.27-52 [7], с.27-52 [8], с. 24-92 [9], С.77-89</p>
2.1	Устойчивость равновесия системы при действии потенциальных сил	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
2.2	Механические системы с циклическими координатами	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-		
3	Устойчивость по первому приближению.	37		6	-	16	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u></p> <p>Изучение материалов по разделу "Устойчивость по первому приближению."</p>	

	Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы												Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость равновесия консервативной системы" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3.1	Устойчивость линейных систем	12	1	-	6	-	-	-	-	-	5	-	[2], с.57-89, 364-377
3.2	Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению.	15	4	-	6	-	-	-	-	-	5	-	[3], С.234-266
3.3	Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость равновесия консервативной системы.	10	1	-	4	-	-	-	-	-	5	-	[4], с. 81-94, 97-100, [6], с.142-144 [7], С.55-66, 77-80 [9], С.97-203
4	Задачи управления и стабилизации движения	31	2	-	16	-	-	-	-	-	13	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания рассматривается задача стабилизации верхнего неустойчивого положения равновесия перевёрнутого однозвенного физического маятника. При этом требуется доказать управляемость по Калману маятника, вывести условия, которым должны удовлетворять параметры закона управления, обеспечивающего асимптотическую устойчивость верхнего положения равновесия. Необходимо создать программу Mathematica, с помощью которой генерируются случайные значения параметров закона управления, стабилизирующего верхнее положение равновесия, строится область управляемости на фазовой плоскости исходных переменных и на плоскости нормальных координат, даётся геометрическая иллюстрация
4.1	Задачи стабилизации и оптимальной стабилизации	16	1	-	8	-	-	-	-	-	7	-	
4.2	Задача о стабилизации и оптимальной стабилизация по первому приближению	15	1	-	8	-	-	-	-	-	6	-	

													стабилизации верхнего положения равновесия при выбранных параметрах закона управления. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], С.475-568 [10], С. 1-27, 30-42, 83-93
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	48	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	48		2		-	0.5		77.5	

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. Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова.

1.1. Определение устойчивости. Уравнения возмущённого движения

Понятие устойчивости по Ляпунову. Невозмущённое и возмущённое движение. Определение устойчивого и неустойчивого движения по отношению к фазовым переменным (координатам) системы. Определение устойчивости по отношению к функциям фазовых переменных (координат) системы. Орбитальная устойчивость. Условная устойчивость. Уравнения возмущённого движения. Каноническая форма уравнений возмущённого движения. Уравнения возмущённого движения в общем случае устойчивости по отношению к функциям фазовых переменных системы. Асимптотическая устойчивость. Устойчивость в целом. Устойчивость на конечном интервале времени. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Устойчивость по части переменных. Асимптотическая устойчивость по части переменных..

1.2. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости

Описание первого и второго (прямого) метода Ляпунова исследования устойчивости. Знакоопределённая и знакопостоянная функции. Геометрическая интерпретация свойств знакоопределённой функции. Примеры знакоопределённых и знакопостоянных функции. Критерий Сильвестра. Теорема Ляпунова об устойчивости. Метод Четаева построения функции Ляпунова по связке интегралов. Пример: устойчивость вертикальных вращений волчка Лагранжа. Ограниченная функция. Функция, допускающая бесконечно малый высший предел. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости. Теорема Барбашина-Красовского об асимптотической устойчивости. Определение неустойчивого движения. Определения: области $V > 0$; границы $V = 0$ области $V > 0$; функции, знакоопределённой в области $V > 0$; функции допускающей бесконечно малый высший предел в области $V > 0$. Теорема Четаева о неустойчивости. Первая и вторая теорема Ляпунова о неустойчивости. Теорема Красовского о неустойчивости..

2. Устойчивость стационарных движений

2.1. Устойчивость равновесия системы при действии потенциальных сил

Теорема Лагранжа об устойчивости равновесия системы. Теоремы Ляпунова об обращении теоремы Лагранжа. Теоремы Четаева о неустойчивости положения равновесия. Коэффициенты устойчивости Пуанкаре. Формулировка теорем Ляпунова об устойчивости и неустойчивости с использованием понятия коэффициентов Пуанкаре. Устойчивость положений равновесия однородного эллипсоида на плоскости. Бифуркация равновесия. Закон смены устойчивости на некоторой ветви кривой равновесия. Закон смены устойчивости при переходе от одной кривой равновесия к другой при фиксированном значении параметра. Следствие из теоремы Ляпунова об устойчивости..

2.2. Механические системы с циклическими координатами

Теорема Рауса. Теорема Рауса с дополнениями Ляпунова. Механические системы с циклическими координатами. Стационарные движения. Устойчивость стационарных движений..

3. Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы

3.1. Устойчивость линейных систем

Устойчивость линейных систем. Характеристическая матрица, характеристическое (вековое уравнение). Решение линейных уравнений возмущённого движения. Критерий Гурвица. Исследование устойчивости движения осциллятора в вязкой среде. Определение лямбда- матрицы. Инвариантные множители, элементарные делители лямбда-матрицы. Элементарные операции над лямбда- матрицами. Теорема о приведении матрицы к нормальной диагональной форме. Жорданова матрица. Канонический вектор, канонические переменные. Уравнения движения системы в канонических переменных. Теорема об устойчивости для линейных систем..

3.2. Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению.

Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях..

3.3. Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость равновесия консервативной системы.

Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость равновесия консервативной системы. Понятия вековой и временной устойчивости..

4. Задачи управления и стабилизации движения

4.1. Задачи стабилизации и оптимальной стабилизации

Постановка задачи стабилизации и оптимальной стабилизации. Теорема Красовского об оптимальной стабилизации. Связь теоремы Красовского об оптимальной стабилизации и принципа максимума Понтрягина. Пример построения управления, обеспечивающего асимптотическую устойчивость поступательного прямолинейного движения корпуса трёхколёсной тележки. Стабилизация верхнего положения равновесия маятника с точкой подвеса на колесе..

4.2. Задача о стабилизации и оптимальной стабилизации по первому приближению

Решение задачи об оптимальной стабилизации для линейных систем. Задача о стабилизации по первому приближению. Оптимальная стабилизация по первому приближению. Стабилизация верхнего положения равновесия физического маятника с минимальными затратами энергии..

3.3. Темы практических занятий

1. Определение устойчивости, уравнения возмущённого движения;
2. Функция Ляпунова, основные теоремы об устойчивости и неустойчивости движения;
3. Устойчивость равновесия систем с потенциальными силами, системы с циклическими координатами, устойчивость стационарных движений;
4. Устойчивость и неустойчивость по первому приближению, критический случай устойчивости;
5. Задачи стабилизации и оптимальной стабилизации.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова."
2. Консультации проводятся по разделу "Устойчивость стационарных движений"
3. Консультации проводятся по разделу "Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы"
4. Консультации проводятся по разделу "Задачи управления и стабилизации движения"

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 положения, определения, теоретические результаты теории устойчивости	ИД-3ПК-1	+				Решение задач/Решение индивидуальной задачи по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова. Коллоквиум/Устный опрос по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова.
Постановки задач, теоремы о стабилизации и оптимальной стабилизации движения	ИД-1ПК-2				+	Расчетно-графическая работа/РГР по разделу 4 Задачи управления и стабилизации движения
Теоремы об устойчивости и неустойчивости положений равновесия, стационарных движений, теоремы о влиянии на устойчивость равновесия консервативной системы сил различной природы	ИД-2ПК-2		+			Решение задач/Индивидуальная задача для самостоятельного выполнения по разделу 2 Устойчивость стационарных движений
Теоремы об устойчивости и неустойчивости движения по первому приближению	ИД-2ПК-2			+		Решение задач/Контрольная работа по разделу 3 Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы
Уметь:						
Применять физико-математический аппарат, методы анализа, моделирования, теоретического исследования устойчивости динамических систем	ИД-3ПК-1	+				Решение задач/Решение индивидуальной задачи по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова.
Пользоваться информационно-справочными компьютерными системами, системами компьютерной алгебры	ИД-1ПК-2				+	Расчетно-графическая работа/РГР по разделу 4 Задачи управления и стабилизации движения
Использовать текстовые, графические компьютерные редакторы, программы для создания	ИД-2ПК-2			+		Решение задач/Контрольная работа по разделу 3 Устойчивость по первому приближению. Влияние

презентаций						различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы
-------------	--	--	--	--	--	---

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. РГР по разделу 4 Задачи управления и стабилизации движения (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа по разделу 3 Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы (Решение задач)

Форма реализации: Проверка задания

1. Индивидуальная задача для самостоятельного выполнения по разделу 2 Устойчивость стационарных движений (Решение задач)
2. Решение индивидуальной задачи по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова. (Решение задач)

Форма реализации: Устная форма

1. Устный опрос по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова. (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

По совокупности оценок за семестровую успеваемость и ответ на экзамене

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике / Ф. Р. Гантмахер ; Ред. Е. С. Пятницкий . – 3-е изд . – М. : Физматлит, 2001 . – 264 с. - ISBN 5-922100-67-X .;
2. Малкин, И. Г. Теория устойчивости движения / И. Г. Малкин . – изд. стер . – М. : Эдиториал УРСС, 2016 . – 432 с. - ISBN 978-5-354-01520-7 .;
3. Демидович Б. П.- "Лекции по математической теории устойчивости", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2008 - (480 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=123;
4. Н. Г. Четаев- "Устойчивость движения", (Изд. 4-е, испр.), Издательство: "Наука", Москва, 1990 - (177 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468024>;

5. Маркеев, А. П. Теоретическая механика : Учебник для механико-математических специальностей университетов / А. П. Маркеев . – 3-е изд., испр . – Ижевск : РХД, 2001 . – 592 с. – (Науки о Земле) . - ISBN 5-939720-88-9 .;
6. Филиппов, А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям : [учебное пособие] / А. Ф. Филиппов . – 4-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2011 . – 240 с. – (Классический учебник МГУ) . - ISBN 978-5-397-01632-2 .;
7. Меркин, Д. Р. Задачи по теории устойчивости : Учебное пособие для механико-математических и технических специальностей университетов / Д. Р. Меркин, С. М. Бауэр, А. Л. Смирнов . – Москва : Ин-т компьют. исслед., 2002 . – 128 с. - ISBN 5-939721-10-9 .;
8. Рубановский, В. Н. Устойчивость стационарных движений: В примерах и задачах : Учебное пособие для университетов / В. Н. Рубановский, В. А. Самсонов . – Ижевск : РХД, 2003 . – 304 с. – (Науки о Земле) . - ISBN 5-939722-98-9 .;
9. Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения / Д. Р. Меркин . – 4-е изд., стереотип . – СПб. : Лань-Пресс, 2003 . – 304 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 5-8114-0313-5 .;
10. А. М. Формальский- "Управление движением неустойчивых объектов", Издательство: "Физматлит", Москва, 2014 - (231 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275304>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Scilab;
6. Python.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. 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-213, Учебная аудитория	стол, 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	НТБ-303,	стол компьютерный, стул, стол

самостоятельной работы	Компьютерный читальный зал	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

Устойчивость и стабилизация движения динамических систем

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Решение индивидуальной задачи по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова. (Решение задач)
- КМ-2 Устный опрос по разделу 1 Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова. (Коллоквиум)
- КМ-3 Индивидуальная задача для самостоятельного выполнения по разделу 2 Устойчивость стационарных движений (Решение задач)
- КМ-4 Контрольная работа по разделу 3 Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы (Решение задач)
- КМ-5 РГР по разделу 4 Задачи управления и стабилизации движения (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	15
1	Устойчивость движения. Основные понятия и теоремы прямого метода Ляпунова.						
1.1	Определение устойчивости. Уравнения возмущённого движения		+	+			
1.2	Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости		+	+			
2	Устойчивость стационарных движений						
2.1	Устойчивость равновесия системы при действии потенциальных сил				+		
2.2	Механические системы с циклическими координатами				+		
3	Устойчивость по первому приближению. Влияние различных сил на устойчивость равновесия консервативной системы						
3.1	Устойчивость линейных систем					+	
3.2	Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению.					+	
3.3	Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость равновесия консервативной системы.					+	
4	Задачи управления и стабилизации движения						
4.1	Задачи стабилизации и оптимальной стабилизации						+

4.2	Задача о стабилизации и оптимальной стабилизация по первому приближению					+
	Вес КМ, %:	10	20	10	20	40