

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Трехгорный технологический институт-

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ТТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ТТИ НИЯУ МИФИ

_____ Т.И. Улитина

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ»

Направление подготовки: 12.03.01 Приборостроение

Профиль подготовки: Информационно-измерительная техника и технологии

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Трехгорный

2021

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цели дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» – систематизация и интегрирование ранее полученных знаний по дисциплинам бакалаврской подготовки применительно к задачам проектирования мехатронных систем, формирование навыков компьютерного проектирования мехатронных систем.

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» являются углубление и практическое применение фундаментальных определений, понятий, законов высшей математики, теории автоматического управления, средств электро- и гидропневмоавтоматики для построения современных систем с мехатронным управлением; понятие проблем проектирования высокоточных интеллектуальных мехатронных модулей и систем объектов; определение и формализация задач, стоящих перед мехатроникой; составление требований к компонентам мехатронных систем; получение методических основ системного проектирования многокомпонентных интегрированных систем с учетом специфики автоматизированного производства, обоснованного выбора объекта автоматизации и мехатронизации и всестороннего учета технических, экономических и социальных аспектов; привитие навыков математического описания мехатронных систем, их анализ методами компьютерного моделирования; разработка отдельных подсистем, устройств и модулей, включая элементы конструкции, приводы, датчики информации, микропроцессорные устройства управления; разработка программного обеспечения для решения задач управления и проектирования.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Компьютерное проектирование мехатронных систем» относится к циклу профессиональных дисциплин по выбору студента (Б1.В.ДВ.3.1). Дисциплина «Компьютерное проектирование мехатронных систем» непосредственно связана с дисциплинами «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Прикладная механика (сопротивление

материалов)», «Прикладная механика (детали приборов и основы конструирования)», «Метрология, стандартизация и сертификация».

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Обще профессиональные и профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Компьютерное проектирование мехатронных систем» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

обще профессиональные (ОПК):

- способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения (ОПК-1);
- способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности (ОПК-4);

профессиональные (ПК):

- способен проектировать и конструировать блоки, узлы и детали приборов, определять номенклатуру и типы комплектующих изделий (ПК-3).
- способен разрабатывать структурные и функциональные схемы приборных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования (ПК-5.1).

3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- методы математического анализа и моделирования; знать фундаментальные законы и понятия естественнонаучных дисциплин; знать основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения;

- технические и программные средства реализации информационных технологий; знать современное программное обеспечение; знать основные методы и средства защиты информации;
- принципы проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов; знать этапы и порядок разработки приборов;
- принципы разработки структурных и функциональных схем, принципиальных схем устройств, распределение функций между аппаратным и программным обеспечением.

уметь:

- применять методы математического анализа и моделирования для решения практических задач; уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования для проектирования и конструирования приборов и комплексов широкого назначения;
- использовать возможности вычислительной техники, программного обеспечения, средств защиты информации для решения практических задач;
- анализировать техническое задание и другую информацию, необходимую для выбора конструктивных решений, выбирать оптимальные конструктивные решения и обосновывать свой выбор; уметь использовать при проектировании и конструировании метод унификации блоков, узлов и деталей;
- разрабатывать структурную схему аппаратного обеспечения, выбирать элементную базу при проектировании электронных измерительных приборов и систем, выбирать элементную базу при проектировании цифровых измерительных приборов и систем.

владеть:

- навыками применения знаний математического анализа в инженерной практике при моделировании; владеть навыками применения знаний естественнонаучных дисциплин в инженерной практике; владеть навыками применения общеинженерных знаний в инженерной деятельности;
- навыками использования современных информационных технологий и программного обеспечения для решения задач профессиональной деятельности; владеть навыками соблюдения требований информационной

безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения;

- навыками проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов с помощью современных методов проектирования и конструирования;
- навыками расчета параметров элементов и использования средств компьютерного проектирования для разработки принципиальных схем.

3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
Профессиональный модуль		
Профессиональное воспитание	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа

<p>нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>(получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Введение в специальность", "Основы научных исследований", "Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
<ul style="list-style-type: none"> - формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20); - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21); - формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22) 	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
<ul style="list-style-type: none"> - формирование культуры информационной безопасности (B23) 	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через</p>

		изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
	УГНС 12.00.00 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии»: - формирование коммуникативных навыков в области проектирования и производства точных приборов и измерительных систем (В29) ; - формирование сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения, их понимания и приятия (В30)	1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Схемотехника измерительных устройств", "Технология приборостроения", "Конструирование измерительных приборов" для формирования навыков коммуникации в профессиональной сфере проектирования и производства точных приборов и измерительных систем посредством выполнения курсовых работ/проектов с последующей защитой их результатов. 2. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Системы автоматизированного проектирования и конструирования", "Цифровое проектирование приборов и систем", "Компьютерное проектирование мехатронных систем" для формирования сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения посредством выполнения индивидуальных и групповых заданий, связанных с вовлечением передовых цифровых технологий.

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа			
Семестр 5									
1	Раздел 1	1-4	8	-	12	12	ТК1 – 2	КР1 – 4	10
2	Раздел 2	5-8	8	-	12	12	ТК2 – 6	КР2 – 8	15
3	Раздел 3	9-12	8	-	12	12	ТК3 – 11	КР3 – 12	10
4	Раздел 4	13-18	10	-	20	18	ТК4 – 15	КР4 – 18	15

Итого		34	-	56	54		50
Экзамен		36					50
Итого за семестр							100

4.1 Содержание лекций

Раздел 1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МС

Цели и задачи курса. Место дисциплины в формировании бакалавра по мехатронным системам. Цели и задачи проектирования мехатронных систем.

Проектирование многокомпонентных мехатронных систем как творческий процесс.

Признаки и состав мехатронной системы. Особенности и проблемы проектирования МС: интеграция знаний механики и автоматического управления как особенность проектирования МС; системный подход при проектировании; два типа интеграционных подходов к проектированию МС; модели проектирования МС; преимущества и недостатки принципов проектирования *) Шрифтом полужирный курсив выделены занятия, проводимые в интерактивной форме. 8 МС; особенности интегрированного проектирования. Исходные данные и критерии качества при проектировании. Требования к качеству проектирования, нормативные акты и стадии проектирования: технические, экономические и социальные критерии проектирования, их взаимосвязь и основные этапы; проектная документация, ее качество, стоимостные и экономические показатели; эффективность проектирования; структура процесса проектирования; стадии проектирования, их особенности, содержание и взаимосвязь. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом.

Раздел 2 СИНТЕЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МС. ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Общие вопросы синтеза механической части МС: цель кинематического синтеза, основные и дополнительные условия синтеза; задачи и виды кинематического синтеза МУ и МС; классификационные признаки синтеза – по числу степеней свободы, по способу задания движения на входе, по величине

отрезка приближения, по виду ведомого объекта, по форме задания движения ведомого объекта, – и их математическое обеспечение. Функции отклонения: функции перемещения, выходные параметры синтеза механизмов, функции отклонения – их особенность и преимущества как методов синтеза при автоматизированном проектировании. Функциональные возможности механизмов МС: рекомендации по выбору структурной схемы; критерии оценки функциональных возможностей механизма; методы исследования функциональных возможностей механизмов, особенности и области применимости аналитического, геометрического, эвристического и статистического методов исследования; функциональные возможности механизмов на примере основных типов рычажных механизмов. Классификация методов синтеза механизмов МС: алгебраические, геометрические, оптимизационные методы. Методы интерполирования, квадратического приближения, равномерного приближения, их сравнение, математическое обеспечение. Кинематический расчет МС с несколькими степенями подвижности (промышленных роботов): особенности кинематического расчета промышленных роботов (ПР); прямая и обратная задачи кинематики, их особенности и математическое обеспечение. Определение параметров движения МС по степеням подвижности: выбор скоростей и ускорений по условиям производительности и точности, их взаимосвязь и основные критерии расчета, ограничения на скорости и ускорения степеней подвижности. Основы проектирования зубчатых механизмов и передач: основы расчета цилиндрических, конических, планетарных, дифференциальных, червячных редукторов и передач. Ременные, фрикционные, карданные, винтовые, реечные и кулачковые механизмы и передачи в мехатронике и робототехнике. Проектирование на основе общего уравнения движения: режимы движения МС; уравнение движения Лагранжа; приведение сил – способы и методы приведения сил, аналитические и графоаналитические методы; расчеты приведенных массы и момента инерции; уравнение движения механизма в форме уравнения моментов и уравнения сил. Программное движение МС: общие положения формирования функций положения; простейшие динамические критерии законов движения; структура и характеристики законов движения.

Раздел 3 ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Основные положения теории точности: составляющие погрешности МС, взаимосвязь погрешностей механической, электронной частей, приводов и системы управления. Причины появления ошибок механизмов: технологические ошибки, ошибки схемы, эксплуатационные и другие погрешности. Расчет погрешностей: дифференциальный (аналитический) метод расчета; метод преобразованного механизма; метод планов малых перемещений; оценка точности. Кинематическая погрешность манипуляционных систем: программные значения координат и кинематическая погрешность ПР; линейная и угловая кинематические погрешности робота – методы и основные этапы расчета. Пути повышения точности механических структур МС: метод компенсации, селективная сборка, активный контроль. Алгоритмическое и программное обеспечение аналитических методов анализа точностных показателей механической части МС. Постановка задачи и основные этапы проектирования: задачи проектирования независимых приводов для систем с несколькими степенями подвижности, особенности проектирования приводов при совместных движениях степеней подвижности; требования к проектированию приводов. Общие сведения по выбору электропривода и электродвигателей: исходные данные для расчета приводов, взаимосвязь кинематических и динамических параметров мехатронной системы; режимы работы приводов.

Раздел 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛЕДЯЩИХ ПРИВОДОВ МС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МС. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Проектирование пневматических, и гидравлических и электрогидравлических приводов: особенности расчета, выбор приводных элементов, динамический расчет привода, 10 математическая модель привода, синтез регуляторов и корректирующих устройств привода, построение структурной схемы, исследование спроектированного привода, методы и программное обеспечение САПР приводов. Особенности проектирования следящих приводов: структура и функциональная схема следящего привода; определение исходных данных для расчета; выбор основных элементов следящего привода; построение структурной схемы и определение динамических характеристик выбранных элементов Выбор исполнительных двигателей приводов: выбор пневматических двигателей; выбор

гидравлических двигателей – выбор гидроцилиндров, гидромоторов, насосных станций; выбор электрических двигателей – двигателей постоянного тока, переменного тока и шаговых двигателей. Алгоритмы и методики проектирования информационных систем в мехатронике: выбор и проектирование информационных устройств и систем; выбор места установки датчиков; выбор типа измерительного преобразователя; аналоговые и дискретные датчики – диапазоны работы, погрешности, особенности проектирования. Особенности проектирования систем управления МС: МС – система с цифровым компьютерным управлением; требования к компьютерному управлению движением. Алгоритмы и методики проектирования устройства управления МС. Проектирование цифровой части системы управления: выбор элементной базы цифровой управляющей системы, отвечающей поставленным требованиям; параметры цифровых элементов и их влияние на динамические и точностные показатели МС. Особенности проектирования систем контурного управления: принципы построения систем контурного управления; уравнения динамики и обратная задача кинематики и динамики при контурном управлении роботом. Проектирование систем подчиненного регулирования: принципы модульной оптимизации, основные расчетные зависимости. Погрешности регулирующей части МС. Автоматизированное проектирование и моделирование мехатронных систем: постановка задачи моделирования; задачи моделирования, требования к модели и моделированию, комплекс исследовательских задач. Моделирование МС: моделирование электромеханических, гидравлических и пневматических систем; особенности применения программного обеспечения и компьютерных программ для моделирования отдельных частей и в целом МС.

4.2 Тематический план практических работ

1. Анализ и расчет кинематических погрешностей манипуляционных систем.
2. Проектирование мехатронного модуля с вращательной кинематической парой и электрогидравлическим приводом поступательного действия.
3. Силовой (кинетостатический) расчет механизмов мехатронных и робототехнических систем.
4. Проектирование механических передач МС.
5. Проектирование систем управления приводами мехатронных и робототехнических систем.

6. Проектирование цикловой системы управления мехатронного модуля с пневматическим и электромеханическим приводами.
7. Исследование кинематики мехатронных модулей движения.
8. Исследование влияния передаточного числа редуктора на динамические свойства системы управления при обеспечении максимального быстродействия.
9. Исследование влияния передаточного числа редуктора на динамические свойства системы управления при обеспечении минимального момента при пуске и торможении.
10. Исследование электрогидравлического мехатронного модуля движения.
11. Изучение основных способов управления пневматическими приводами по скорости и положению.

4.3 Самостоятельная работа студентов

1. Конспектирование разделов лекционных занятий.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с компетентностным подходом выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 – «Приборостроение», реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях с применением мультимедийного проектора в виде мультимедиа-лекций. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением и контролем конспекта.

Практические занятия проводятся в компьютерных лабораториях, с разделением группы на подгруппы из 10 человек (для соблюдения принципа каждому студенту свое рабочее место). За 2 дня до проведения лабораторных работ студентам выдается их описание для изучения, для отсутствующих студентов

задания выкладываются на файловый сервер в методический раздел (Metodica). Перед началом работ проводится тестирование студентов для проверки их готовности к выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного тестирования.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
КР	Контрольная работа №1	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
КР	Контрольная работа №2		
КР	Контрольная работа №3		
КР	Контрольная работа №4		

Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ОПК-1	31	У1	В1	КР1, КР2, КР3, КР4, Э
ОПК-4	32	У2	В2	КР1, КР2, КР3, КР4, Э
ПК-3	33	У3	В3	КР1, КР2, КР3, КР4, Э
ПК-5.1	34	У4	В4	КР1, КР2, КР3, КР4, Э

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
5 семестр						
Раздел 1	Общие вопросы проектирования мс	ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 ПК-5.1	31-34, У1-У4, В1-В4	ТК1	КР1	экзамен
Раздел 2	Синтез кинематической структуры МС. Динамические особенности проектирования мехатронных систем	ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 ПК-5.1	31-34, У1-У4, В1-В4	ТК2	КР2	
Раздел 3	Точность механизмов МС. Проектирование электромеханических приводов мехатронных систем	ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 ПК-5.1	31-34, У1-У4, В1-В4	ТК3	КР3	
Раздел 4	Проектирование пневматических и гидравлических приводов МС. Проектирование следящих приводов МС. Проектирование систем управления МС. Компьютерное моделирование и исследование мехатронных систем	ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 ПК-5.1	31-34, У1-У4, В1-В4	ТК4	КР4	

Шкала оценки образовательных достижений

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Балл	Макс. балл – мин. балл
КР1	Контрольная работа №1	выставляется студенту, если даны правильные ответы на все 3 поставленных вопроса	10	10–6
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 1 недочета	9	
		выставляется студенту, если даны правильные	8	

		ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 2 недочетов		
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 1 грубой ошибки	7	
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса	6	
		выставляется студенту во всех остальных случаях	<6	
КР2	Контрольная работа №2	выставляется студенту, если правильно выполнены 3 задания	15	15–9
		выставляется студенту, если правильно выполнены 2 задания, а третье имеет не более 1 недочета	14	
		выставляется студенту, если правильно выполнены 2 задания, а третье имеет не более 2 недочетов	13	
		выставляется студенту, если правильно выполнены 2 задания, а третье имеет не более 1 грубой ошибки	12	
		выставляется студенту, если правильно выполнены 2 задания, а третье имеет не более 2 грубых ошибок	11	
		выставляется студенту, если правильно выполнены 2 задания	10	
		выставляется студенту, если правильно выполнено 1 задания, а второе имеет не более 1 недочета	9	
		выставляется студенту во всех остальных случаях	<9	
КР3	Контрольная работа №3	выставляется студенту, если правильно выполнена расчетная часть работы и даны правильные ответы на 2 дополнительных вопроса по теме	10	10–6
		выставляется студенту, если расчетная часть работы содержит не более 1 недочета и даны правильные ответы на 2 дополнительных вопроса по теме	9	
		выставляется студенту, если расчетная часть работы содержит не более 2 недочетов и даны правильные ответы на 2 дополнительных вопроса по теме	8	
		выставляется студенту, если расчетная часть работы содержит не более 2 недочетов и дан правильный ответ на 1 дополнительный вопрос по теме	7	
		выставляется студенту, если расчетная часть работы содержит не более 1 грубой ошибки и	6	

		дан правильный ответ на 1 дополнительный вопрос по теме		
		выставляется студенту во всех остальных случаях	<6	
КР4	Контрольная работа №4	выставляется студенту, если даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса	15	15–9
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 1 недочета	14	
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 2 недочета	13	
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 1 грубой ошибки	12	
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса, а ответ на третий содержит не более 2 грубых ошибок	11	
		выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 вопроса	10	
		выставляется студенту, если дан правильный ответ на 1 вопрос, а ответ на второй содержит не более 1 недочета	9	
		выставляется студенту во всех остальных случаях	<9	
Э	Экзамен	выставляется студенту при правильном ответе, при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями, которые студент должен устранить в процессе беседы с преподавателем, в рамках которой он демонстрирует углубленное понимание предмета и владение ключевыми знаниями, умениями и навыками, предусмотренными данной дисциплиной	50	50–30
		выставляется студенту при правильном ответе и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстрацией базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	40	
		выставляется студенту при ответе на вопросы билета, допускается содержание некоторых неточностей	30	
		если студент не дал ответ на вопросы и не может ответить на дополнительные вопросы	<30	

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего контроля, аттестации разделов и промежуточной аттестации:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	F
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
90-100	A	“Отлично” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85-89	B	“Очень хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	C	“Хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	D	“Удовлетворительно” - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	E	“Посредственно” - теоретическое содержание курса

		освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	“Неудовлетворительно” - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

Вопросы к экзамену

1. Понятие мехатронной системы (МС).
2. Место дисциплины в формировании специалиста по мехатронным и робототехническим системам.
3. Цели и задачи проектирования мехатронных систем.
4. Признаки и состав мехатронной системы.
5. Проектирование многокомпонентных мехатронных систем как творческий процесс.
6. Особенности и проблемы проектирования МС: интеграция знаний технологического процесса, технологической машины, механики и автоматического управления как особенность проектирования МС.
7. Преимущества и недостатки принципов проектирования МС; особенности интегрированного проектирования.
8. Требования к качеству проектирования, нормативные акты и стадии проектирования: технические, экономические и социальные критерии проектирования, их взаимосвязь и основные этапы; проектная документация, ее качество, стоимостные и экономические показатели; эффективность проектирования.
9. Структура процесса проектирования; стадии проектирования, их особенности, содержание и взаимосвязь.
10. Основные типы приводов МС, их характеристики.
11. Постановка задачи и основные этапы проектирования приводов: задачи проектирования независимых приводов для систем с несколькими степенями подвижности.
12. Общие сведения по выбору электропривода и электродвигателей: исходные данные для расчета приводов, взаимосвязь кинематических и динамических

параметров мехатронной системы; режимы работы приводов.

13. Использовать системный подход при проектировании.

14. Определять критерии качества при проектировании.

15. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом.

16. Функциональные возможности механизмов МС: рекомендации по выбору структурной схемы; критерии оценки функциональных возможностей механизма; методы исследования функциональных возможностей механизмов, особенности и области применимости аналитического, геометрического, эвристического и статистического методов исследования; функциональные возможности механизмов на примере основных типов рычажных механизмов.

17. Определение параметров движения МС по степеням подвижности: выбор скоростей и ускорений по условиям производительности и точности, их взаимосвязь и основные критерии расчета, ограничения на скорости и ускорения степеней подвижности.

18. Приведение сил: способы и методы приведения сил, аналитические и графоаналитические методы.

19. Определение кинематических и динамических параметров звена приведения: аналитические и графоаналитические методы расчета; методы стабилизации.

20. Особенности проектирования приводов при совместных движениях степеней подвижности; требования к проектированию приводов.

21. Алгоритмы и методики проектирования исполнительного устройства: выбор и расчет электропривода и исполнительных электродвигателей при различных режимах работы МС.

22. Построение структурной схемы, исследование спроектированного привода.

23. Расчет и оценка погрешности регулирующей части МС.

24. Моделирование как этап проектирования МС.

25. Составления исходных данных при проектировании.

26. Общие вопросы синтеза механической части МС: цель кинематического синтеза, задачи кинематического синтеза.

27. Кинематический расчет МС с несколькими степенями подвижности: прямая и обратная задачи кинематики, их особенности и математическое обеспечение.

28. Проектирование на основе общего уравнения движения: режимы движения МС.

29. Уравнение движения Лагранжа.

30. Расчеты приведенных массы и момента инерции; уравнение движения механизма в форме уравнения моментов и уравнения сил.
31. Расчет эквивалентных приведенных моментов нагрузки и моментов инерции.
32. Оптимизация передаточного числа редуктора на основе различных критериев работы привода; выбор типа электродвигателя.
33. Проектирование пневматических, гидравлических и электрогидравлических приводов: особенности расчета, выбор приводных элементов, динамический расчет привода, математическая модель привода, синтез регуляторов и корректирующих устройств привода.
34. Проектирование систем подчиненного регулирования.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Архипов М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 170 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/495834>.
2. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. П. Лукинов. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 608 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168366>
3. Таугер В. М. Конструирование мехатронных модулей: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. М. Таугер. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 261 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/111141.html>.
4. Черткова Е. А. Компьютерные технологии обучения: учебник для вузов [Электронный ресурс] / Е. А. Черткова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 250 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/491336>.

7.2 Дополнительная литература

1. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. В. Подураев. — Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 256 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/86501.html>.

7.3 Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7719 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28889 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
3. ИНСТРУМЕНТ. ТЕХНОЛОГИЯ. ОБОРУДОВАНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8742 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
5. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
6. ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28006 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

7.4 Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	https://urait.ru/
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	e.lanbook.com
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	https://www.iprbookshop.ru/

4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	http://elibrary.ru
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	http://link.springer.com/
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://tti-mephi.ru/ttimephi/sveden/objects>