

**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**  
**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ**  
**РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.09
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 6;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	216 часов
<b>Лекции</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 48 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	1 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 129,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	1 семестр - 15,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	1 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> <b>Решение задач</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	1 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	1 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

## 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:** формирование знаний и умений в области системного проектирования современных мехатронных и робототехнических систем (МРТС), включая вопросы анализа условий применения, рационального структурирования и схмотехнического построения, моделирования основных процессов, выполнения необходимых расчётов, подбора модулей и их частей, а также экспертирования по совокупности назначенных показателей работоспособности и конкуренто-способности с учётом весовых коэффициентов.

### Задачи дисциплины

- освоение обучающимися терминологии, связанной с функциональным назначением, оценкой конкурентоспособности МРТС в условиях конкурентного социума;
- предоставление и закрепление у обучающихся информации о назначении, основных видах, схмотехнических и конструкционных особенностях, условиях применения электропневматических и электрогидравлических агрегатов (машин, аппаратов, комплектных автоматизированных приводов), используемых в составе МРТС;
- овладение обучающимися современными подходами и сценарно-содержательными процедурами генерирования и экспертирования схмотехнических решений МРТС на основе системы ранжированных методов морфологической комбинаторики;
- изучение и освоение методов исследования физических процессов, имеющих место в статических и динамических режимах работы МРТС с пониманием взаимосвязи данных процессов;
- изучение обучающимися основных методов экспериментального исследования характеристик машинно-аппаратной базы МРТС с использованием современного стендового оборудования;
- формирование у обучающихся устойчивых навыков анализа предпроектной ситуации при разработке МРТС с целью обеспечения корректной постановки расчётно-проектной задачи и реализации проектного решения в условиях конкуренции;
- изучение методов комплексной оценки и экспертирования МРТС по совокупности частных показателей функционального назначения – работоспособности (ПР) и показателей конкурентоспособности (ПК) на основе формируемых обобщённых функционалов конкурентоспособности, а также в многомерном пространстве Парето-Слейтера с учётом весовых коэффициентов частных ПК;
- ознакомление с информацией о современном состоянии и перспективах развития МРТС.

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-3 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует знание основных правил техники безопасности, охраны труда, производственной санитарии и охраны окружающей среды	знать: - методы комплексной оценки, анализ работоспособности и конкурентоспособности МРТС по совокупности частных показателей технического, эксплуатационного, экономического характера в многомерной постановке;
ОПК-5 Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную	ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Разрабатывает нормативно-техническую документацию, обеспечивающую качество	знать: - современное состояние и перспективы развития МРТС.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
с профессиональной деятельностью с учетом стандартов, норм и правил	робототехнических и мехатронных устройств и соответствие их требованиям безопасности, условиям эксплуатации	
ОПК-7 Способен разрабатывать современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> Производит выбор оборудования и его режима функционирования для обеспечения оптимального энергопотребления	знать: - методы получения расчётных схем эквивалентного замещения, принципы и способы формирования расчётных структур модулей, определения обликов эквивалентных схем МРТС и их частей..
ОПК-10 Способен разрабатывать методики контроля и обеспечения производственной и экологической безопасности на рабочих местах	ИД-1 <sub>ОПК-10</sub> Разрабатывает мероприятия обеспечивающие безопасность жизнедеятельности персонала на рабочих местах, контроль за соблюдением правил техники безопасности	уметь: - осуществлять расчёт МРТС по критериям энергодостаточности, чувствительности, статической и динамической точности, быстродействию, статической и динамической жёсткости, формировать математические модели отдельных функциональных частей и МРТС в целом.
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-5 <sub>ПК-1</sub> Обеспечивает соблюдение требований нормативно-технической документации, ее соответствия утвержденным требованиям безопасности, условиям эксплуатации мехатронных и робототехнических систем и их подсистем	уметь: - исследовать влияние различных нагружающих факторов, а также особенностей построения МРТС на энергетические, регулировочные и динамические показатели, находить способы нейтрализации негативного и усиления положительного влияния данных факторов на требуемые ПР и ПК привода..

## 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 принцип работы и управления электродвигателей постоянного и переменного тока

- знать принцип действия и схемотехнические исполнения электромеханических преобразователей
- знать принцип действия, сравнительные характеристики датчиков и преобразователей неэлектрических величин
- знать правила составления и преобразования структурных схем систем автоматического регулирования и управления
- уметь читать кинематические, гидравлические и электрические принципиальные схемы
- уметь составлять и преобразовывать структурные схемы систем автоматического регулирования и управления
- уметь использовать современные пакеты для расчёта стационарного и нестационарного состояния автоматизированных комбинированных электро-пневмогидравлических систем

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 6 зачетных единиц, 216 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	Назначение МРТС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРТС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей	36	1	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Решение задач по первой части расчётно-графического задания: "Расчёт гидромеханического следящего привода (ГМСП/Д) по критериям энергодостаточности чувствительности и жёсткости в статических режимах работы».</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> В рамках данного раздела студенту необходимо ответить на контрольные вопросы лекций, проанализировать и представить решения задач, заданных для самостоятельного освоения и закрепления практической части материала дисциплины</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнить анализ индивидуального задания по курсовой работе. Установить облик эквивалентного гидродвигателя (ЭкД) и электрогидравлического усилителя. Привести все составляющие нагрузки к выходному звену ЭкД. Сформировать расчётную схему электрогидравлического следящего привода с эквивалентными частями и приведённой нагрузкой</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 203-265</p>
1.1	Назначение МРТС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРТС.	36		4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	

	Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей												
2	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРТС	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Получить аналитические соотношения и построить графики законов движения, скоростей и ускорений регулируемого органа, построить диаграммы нагрузки, определить базовые параметры электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности, осуществить подбор машинно-аппаратной базы привода;
2.1	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРТС	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> В рамках данного раздела студенту необходимо ответить на контрольные вопросы лекций, проанализировать и представить решения задач, заданных для самостоятельного освоения и закрепления практической части материала дисциплины. <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Решение задач по второй части расчетно-графического задания: «Анализ законов движения РО и расчёт базовых параметров привода по критериям энергодостаточности, чувствительности и точности в нестационарных режимах».
3	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Решение задач по третьей части расчетно-графического задания: "Анализ динамики ненагруженного и нагруженного

	потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРТС												ГМСП/Д. Расчёт базовых параметров подбор и оценка конкурентоспособности привода для силовой системы МРТС по энергетическим и динамическим показателям».
3.1	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРТС	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> В рамках данного раздела студенту необходимо сформировать математическую модель электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением, выполнить расчёт устойчивости, обеспечить требуемые запасы по устойчивости привода, рассчитать показатели динамической конкурентоспособности ненагруженного и нагруженного привода</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> В рамках данного раздела студенту необходимо ответить на контрольные вопросы лекций, проанализировать и представить решения задач, заданных для самостоятельного освоения и закрепления практической части материала дисциплины</p>
4	Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> В рамках данного раздела студенту необходимо ответить на контрольные вопросы лекций, проанализировать и представить решения задач, заданных для самостоятельного освоения и закрепления практической части материала дисциплины</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> - В рамках данного раздела студенту необходимо выполнить идентификацию и рассчитать абсолютные, безразмерные относительные и взвешенные значения частных показателей конкурентоспособности проектных вариантов электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением, построить лепестковые диаграммы, рассчитать значения аддитивных</p>

4.1	Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития	36		4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	обобщённых функционалов конкурентоспособности, построить гистограмму функционалов для проектных вариантов, сформировать вывод о предпочтительности того или иного исполнения привода для конкретной робототехнической системы, оформить расчётно-пояснительную записку и представить её для проверки и последующей защиты работы <b><u>Подготовка расчётно-графического задания:</u></b> Решение задач по четвертой части расчётно-графического задания: Расчёт базовых параметров и подбор привода для силовой системы МРТС по совокупности показателей энергодостаточности, чувствительности, точности слежения, устойчивости и быстродействия». Оформление расчётно-графической работы в соответствии с действующими стандартами
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>95.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0.8</b>		<b>129.2</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КНР – 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. Назначение МРтС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРтС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей

1.1. Назначение МРтС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРтС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей

Функциональная структура МРтС. Декомпозиционное представление и классификация МРтС. Системно-креативный подход (СКП) как современная методология решения прямых и обратных инновационных задач в условиях рыночного социума. Морфологический метод генерирования и экспертировании вариантов МРтС и его подсистем. Комбинированный электропневматический следящий (ЭПСП) и/или электрогидравлический привод (ЭГСП) как типовые исполнительные модули РС. ЭПСП и ЭГСП непрерывного и дискретного принципа действия с дроссельным, машинным (насосным, моторным, насос-моторным), машинно-дроссельным, электромашинным и комбинированным управлением потоками энергии газа или жидкости. Понятие контура управления (КУ) и энергетического контура (ЭК) привода. Эквивалентный гидродвигатель (ЭкГД), пневмодвигатель (ЭкПД) и усилитель – электрогидравлический (ЭкГУ) и электропневматический (ЭкПУ) привода. Статические характеристики ЭкГУ дроссельного принципа действия и ЭпгМ. Условие обеспечения энергодостаточности, чувствительности и статической точности привода. Типовые законы движения регулируемых органов МРтС. Приведённая нагрузка. Формирование диаграмм нагрузки (ДН), диаграмм мощности (ДМ), нахождение требуемой механической характеристики (МХ) привода. Расчёт базовых параметров ЭкГД и усилителя привода по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности..

#### 2. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРтС

2.1. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРтС

Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками энергии (ГМСП/Д) как базовый исполнительный модуль силовой системы МРтС. Структура, принцип действия, статические характеристики привода. Алгоритм синтеза параметров ГМСП/Д по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Физические и математические модели ГМСП/Д. Исследование динамики линейных моделей ГМСП/Д. Динамическая точность и жёсткость ГМСП/Д. Физико-энергетическая природа потери устойчивости привода. Основные методы оценки динамического качества ГМСП/Д. Анализ влияния энергетических факторов и диссипативных параметров привода. Анализ влияния на динамику ГМСП/Д инерционности нагрузки, объёма полостей гидродвигателя и передаточного отношения силовой проводки, характерного параметра гидродвигателя и жёсткости узла закрепления привода..

#### 3. Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРтС

3.1. Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРтС

ЭГСП/Д как автоматизированные исполнительные модули МРТС. Электрогидравлические усилители мощности дроссельного принципа действия (ЭГУ). Классификация, назначение, структура, особенности построения ЭГУ. Электромеханические преобразователи (ЭМП). Классификация, принцип действия преобразователей, предпочтительные схемы ЭМП. Математическое моделирование ЭГУ и устройств контура управления ЭГСП/Д. Специфика моделирования ЭПСП/Д. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики ЭГСП/Д. Методы структурной и параметрической коррекции ЭГСП/Д и ГМСП/Д..

4. Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития

4.1. Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития

Шаговые электрогидравлические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным – насосным, моторным, насос-моторным управлением. Объёмные гидроприводы с частотным управлением. Схемы, преимущества, недостатки, области применения. Статические характеристики приводов. Математические модели и структурные схемы объёмного гидропривода с частотным и насосным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность комбинированного автоматизированного гидро-или пневмопривода. Современное состояние и перспективы развития электропневмогидравлических модулей робототехнических систем.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Ознакомление с методологией изобретательской деятельности на примерах решения актуальных задач современного гидро-и пневмомашиностроения, и аппаратостроения. Поиск новых физических эффектов и формирование концептуальных обликов перспективных изделий применительно к гидравлическим и пневматическим системам и агрегатам (2);
2. Анализ существующего рынка продукции аналогичного назначения и оценка конкурентоспособности нового агрегата. Исследование возможностей повышения конкурентоспособности агрегата в рамках традиционных схемных и конструкционных решений (2);
3. Исследование возможности повышения конкурентоспособности нового агрегата в рамках новых решений (2);
4. Применение принципа декомпозиции для определения степени совершенства декомпозиционной и технической структуры гидравлических и пневматических машин и аппаратов, формирование матриц структур гидро- и пневмоагрегатов, расчёт коэффициентов декомпозиционного и технического совершенства (2);
5. Использование принципов системно-креативного подхода для оценки конкурентоспособности структур гидравлических и пневматических систем и средств автоматики при их применении в составе различных технических объектов (2);
6. Формирование «дерева» функциональных, технических и конструкционных структур систем (из профессиональной области обучаемых) и установление конкурсного ранжированного ряда структур. Исследование имеющихся и возможных структурных построений ТС с использованием метода морфологической комбинаторики (2);
7. Контрольная работа №1. Построение иерархии конструкционных, технических и физических конфликтов для объектов профессиональной деятельности обучающихся

(ПрД-О). Постановка и решение задач структурного синтеза (СС) для объектов ПрД-О с помощью методологии теории и алгоритма решения изобретательских задач (ТРИЗ и АРИЗ) (2);

8. Исследование схмотехнических и конструктивных приёмов для получения конкурентоспособного изделия из профессиональной области обучаемых. Критерии и алгоритмы качественной и количественной оценки конструкционного совершенства изделий пневмо-гидромашино- и аппаратостроения. Решение вопросов эргономики и технической эстетики применительно к данным изделиям (2);

9. Математическое моделирование ТС применительно к системам профессиональной подготовки для последующего решения исследовательских и проектных задач. Канонизация частных показателей конкурентоспособности для типовых изделий гидро- и пневмомашиностроения и аппаратостроения. Формирование обобщённых функционалов конкурентоспособности систем, отдельных машин и аппаратов (2);

10. Параметрический синтез систем из предметной области обучающихся. Канонизация частных показателей конкурентоспособности для типовых изделий гидро- и пневмомашиностроения и аппаратостроения. Формирование обобщённых функционалов конкурентоспособности систем, отдельных машин и аппаратов (2);

11. Математическое моделирование ТС применительно к системам профессиональной подготовки для последующего решения исследовательских и проектных задач. Решение задач параметрического синтеза в постановке Парето (2);

12. Контрольная работа №2. Решение задач параметрического синтеза (ПС) для объектов профессиональной деятельности обучающихся (ПрД-О) (2);

13. Оценка уровня физического и технического совершенства ГПМСА. Определение коэффициентов декомпозиционного и технического совершенства электронасосного агрегата (ЭНА). Оценка ЭНА по частным показателям конкурентоспособности (2);

14. Исследование особенностей и варианты оформления основных разделов договорных документов в зависимости от специфики инновационной разработки (2);

15. Ознакомление с основными методами организации и активизации мышления для достижения преимущества в конкурентной борьбе при разработке новых инноваций (из профессиональной области обучаемых). Использование методов мозгового штурма, мозговой атаки (осады) и обратной мозговой атаки (осады) для определения перспективных решений в области гидро-пневмомашин- и аппаратостроения (2);

16. Анализ исходной информации инновационного проекта применительно к ГПМСА. Формирование массивов входных факторов и выходных показателей, определение содержательной части технического задания (2).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)*

1. Обсуждение вопросов по формированию эквивалентной схемы электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением и приведению нагружающих факторов к выходному звену эквивалентного гидродвигателя привода
2. Обсуждение материалов по структуре и содержанию разделов курсовой работы. Разъяснение вопросов по построению законов движения, скоростей, ускорений регулируемых органов привода, построения диаграмм нагрузки, нахождения базовых параметров привода по критерию энергодостаточности, чувствительности и статической точности

3. Обсуждение материалов по вопросам формирования математической модели электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением, выполнения расчётов устойчивости, обеспечения требуемых запасов по устойчивости привода, особенностей расчёта показателей динамической конкурентоспособности ненагруженного и нагруженного привода
4. Обсуждение материалов по специфике идентификации и расчёту абсолютных, безразмерных относительных и взвешенных значений частных показателей конкурентоспособности проектных вариантов электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением, построения лепестковых диаграмм, нахождения аддитивных обобщённых функционалов конкурентоспособности, построения гистограмм данных функционалов для проектных вариантов, формулировки вывода о предпочтительности того или иного исполнения привода для конкретной робототехнической системы, оформления расчётно-пояснительной записки в соответствии с требованиями стандартов

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Назначение ЭпГМ в составе МРТС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры ЭпГМ. Законы движения регулируемых органов МРТС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей"
2. Консультации проводятся по разделу "Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРТС"
3. Консультации проводятся по разделу "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРТС"
4. Консультации проводятся по разделу "Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 1 Семестр

##### Курсовая работа (КР)

##### Темы:

- Исследование структурно-параметрических возможностей корректирующих устройств в гидромеханических следящих приводах с дроссельным управлением и перспективные схмотехнические решения корректирующих блоков
- Анализ существующих и перспективных способов обеспечения полной (абсолютной) герметизации гидравлических устройств. Перспективы применения устройств с абсолютной герметизацией по совокупности технико-эксплуатационных, стоимостных и пр. факторов
- Аналитический обзор эволюции рабочих давлений в силовых гидростатических приводах и современные проблемы форсирования рабочих давлений в приводах применительно к различным классам гидрофицированных объектов
- Анализ существующих прикладных пакетов решения оптимизационных задач и разработка экономичного пакета структурно-параметрического синтеза пневмо- и гидроагрегатов с использованием свойства ортогональности показателей конкурентоспособности и комплексных областей состояний системы
- Исследование возможностей и перспектив различных способов регулирования в автономных моноблочных гидравлических следящих приводах по совокупности технико-эксплуатационных и экономических показателей применительно к различным видам технических объектов

- Анализ схмотехнических и конструктивных исполнений систем энергонакопления и рекуперации энергии и разработка перспективных схем для автономных гидросистем мобильных объектов
- Исследование принципов действия, схмотехнических и конструктивных решений цифровых электро- и оптопневматических информационных и силовых устройств как основы перспективных помехозащищённых модулей автоматизированных систем и агрегатов
- Анализ применимости объёмно-роторных гидромашин для работы на воде, исследование эволюции показателей качества даны машин и проблемы создания конкурентоспособных конструкций
- Анализ областей применения, проблем, требующих решения, схемных и конструктивных решений при разработке динамических насосов малой и сверхмалой быстроходности
- Исследование схемных и конструктивных решений и перспектив использования электроимпульсных насосов для систем впрыскивания дизельного топлива в цилиндры двигателей внутреннего сгорания
- Исследование схемных и конструктивных решений и перспектив использования электроимпульсных насосов для систем водоснабжения и водоподготовки бытовых, стационарных промышленных и мобильных объектов

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	15	35	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	15	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Получение и ознакомление с заданием на КР. Выбор объекта исследования (ОИ) из предметной области обучаемых. Получение литературы, формирование массива исходных данных для выполнения работы.
2	Составление исторического обзора развития ОИ. Установление проблем и конфликтов развития ОИ в современных условиях. Формирование таблицы эволюции ОИ. Компоновка уточнённых массивов ресурсных факторов, дестабилизирующих воздействий, показателей работоспособности, конкурентоспособности и побочных показателей. Анализ конфликтности частных показателей конкурентоспособности.
3	Составление исторического обзора развития ОИ. Установление проблем и конфликтов развития ОИ в современных условиях. Формирование таблицы эволюции ОИ. Компоновка уточнённых массивов ресурсных факторов, дестабилизирующих воздействий, показателей работоспособности, конкурентоспособности и побочных показателей. Анализ конфликтности частных показателей конкурентоспособности.
4	Аналитический обзор предпочтительных направлений совершенствования ОИ. Оценка сформированных направлений и сопоставление их с рыночными реалиями. Написание и оформление расчётно-пояснительной записки по работе



### 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	
<b>Знать:</b>						
методы комплексной оценки, анализ работоспособности и конкурентоспособности МРТС по совокупности частных показателей технического, эксплуатационного, экономического характера в многомерной постановке;	ИД-1ОПК-3				+	Контрольная работа/Схемотехнические исполнения, энергетические, регулировочные и динамические характеристики шаговых приводов, приводов с насосным, моторным и частотным управлением и автономных гидроприводов. Перспективы применения в приводах новых решений.
современное состояние и перспективы развития МРТС	ИД-1ОПК-5		+			Решение задач/Классификация, схемотехнические исполнения, статические и динамические характеристики гидромеханических следящих приводов с дроссельным управлением для силовых систем МРТС
методы получения расчётных схем эквивалентного замещения, принципы и способы формирования расчётных структур модулей, определения обликов эквивалентных схем МРТС и их частей.	ИД-1ОПК-7			+		Контрольная работа/Расчёт энергетических, регулировочных характеристик и зоны нечувствительности следящего привода с дроссельным управлением для заданных законов движения и структуры нагрузки регулируемых органов (РО) МРТС.
<b>Уметь:</b>						
осуществлять расчёт МРТС по критериям энергодостаточности, чувствительности, статической и динамической точности, быстродействию, статической и динамической жёсткости, формировать математические модели отдельных функциональных частей и МРТС в целом	ИД-1ОПК-10	+				Решение задач/Морфологические «портреты» электропневмогидравлических модулей (ЭпгМ) для силовых систем мехатронных и робототехнических систем (МРТС).
исследовать влияние различных нагружающих	ИД-5ПК-1	+				Решение задач/Морфологические «портреты»

<p>факторов, а также особенностей построения МРтС на энергетические, регулировочные и динамические показатели, находить способы нейтрализации негативного и усиления положительного влияния данных факторов на требуемые ПР и ПК привода.</p>					<p>электропневмогидравлических модулей (ЭпГМ) для силовых систем мехатронных и робототехнических систем (МРтС).</p>
---	--	--	--	--	---

## **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. Классификация, схемотехнические исполнения, статические и динамические характеристики гидромеханических следящих приводов с дроссельным управлением для силовых систем МРТС (Решение задач)
2. Морфологические «портреты» электропневмогидравлических модулей (ЭпгМ) для силовых систем мехатронных и робототехнических систем (МРТС). (Решение задач)
3. Расчёт энергетических, регулировочных характеристик и зоны нечувствительности следящего привода с дроссельным управлением для заданных законов движения и структуры нагрузки регулируемых органов (РО) МРТС. (Контрольная работа)
4. Схемотехнические исполнения, энергетические, регулировочные и динамические характеристики шаговых приводов, приводов с насосным, моторным и частотным управлением и автономных гидроприводов. Перспективы применения в приводах новых решений. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №1)

По БАРС МЭИ

Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Зуев, Ю. Ю. Практикум по эффективным технологиям инженерного менеджмента в инновационной деятельности : учебное пособие по курсам "Инженерный менеджмент", "Основы научных исследований и инженерного проектирования", "Практическая оптимизация проектных решений" по направлениям "Менеджмент" и "Энергомашиностроение" / Ю. Ю. Зуев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 368 с. - ISBN 978-5-383-00523-1 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4216](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4216);
2. Зуев, Ю. Ю. Основы создания конкурентноспособной техники и выработки эффективных решений : учебное пособие для вузов по направлению 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Ю. Ю. Зуев . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 402 с. - ISBN 5-903072-05-4 .;

3. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества : учебное пособие / А. И. Половинкин . – 4-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2016 . – 364 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0742-2 .;

4. Зуев Ю.Ю.- "Практикум по эффективным технологиям инженерного менеджмента в инновационной деятельности", Издательство: "МЭИ", Москва, 2010 - (368 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/MPEI80.html>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Антиплагиат ВУЗ.

### **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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Системный подход в проектировании робототехнических и мехатронных систем

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Морфологические «портреты» электропневмогидравлических модулей (ЭпгМ) для силовых систем мехатронных и робототехнических систем (МРТС). (Решение задач)
- КМ-2 Классификация, схмотехнические исполнения, статические и динамические характеристики гидромеханических следящих приводов с дроссельным управлением для силовых систем МРТС (Решение задач)
- КМ-3 Расчёт энергетических, регулировочных характеристик и зоны нечувствительности следящего привода с дроссельным управлением для заданных законов движения и структуры нагрузки регулируемых органов (РО) МРТС. (Контрольная работа)
- КМ-4 Схмотехнические исполнения, энергетические, регулировочные и динамические характеристики шаговых приводов, приводов с насосным, моторным и частотным управлением и автономных гидроприводов. Перспективы применения в приводах новых решений. (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Назначение МРТС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРТС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей					
1.1	Назначение МРТС. Морфологический метод генерирования вариантов модулей. Исходная и расчётная структуры. Законы движения регулируемых органов МРТС. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей		+			
2	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРТС					
2.1	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы МРТС			+		
3	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный					

	исполнительный модуль силовой системы МРТС				
3.1	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы МРТС			+	
4	Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития				
4.1	Шаговые электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с машинным и частотным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития				+
Вес КМ, %:		20	20	30	30

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Системный подход в проектировании робототехнических и мехатронных систем

(название дисциплины)

1 семестр

### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Обоснование выбора объекта исследования (ОИ). Реферативный обзор имеющихся исходных информационных данных.
- КМ-2 Аналитический обзор развития ОИ. Таблица эволюции ОИ. Состояние ОИ и выполняемые им функции в настоящее время. Массивы входных ресурсных факторов, дестабилизирующих воздействий, показателей работоспособности, конкурентоспособности и побочных показателей. Анализ конфликтности частных показателей конкурентоспособности. Соблюдение графика и оценка выполнения раздела КР.
- КМ-3 Построение логистической кривой развития ОИ. Анализ физических эффектов и принципов действия вариантов ОИ. Декомпозиционный анализ ОИ. Определение констант декомпозиционного и технического совершенства ОИ для выпускаемых промышленностью ОИ. Соблюдение графика и оценка выполнения раздела КР
- КМ-4 Аналитический обзор предпочтительных направлений совершенствования ОИ. Оценка сформированных направлений и сопоставление с рыночной динамикой развития ОИ. Написание и оформление расчётно-пояснительной записки по работе. Оформление РПЗ по КР и оценка качества оформления отчётных материалов.

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Получение и ознакомление с заданием на КР. Выбор объекта исследования (ОИ) из предметной области обучаемых. Получение литературы, формирование массива исходных данных для выполнения работы.		+			
2	Составление исторического обзора развития ОИ. Установление проблем и конфликтов развития ОИ в современных условиях. Формирование таблицы эволюции ОИ. Компоновка уточнённых массивов ресурсных факторов, дестабилизирующих воздействий, показателей работоспособности, конкурентоспособности и побочных показателей. Анализ конфликтности частных показателей конкурентоспособности.			+		
3	Составление исторического обзора развития ОИ. Установление проблем и конфликтов развития ОИ в современных условиях. Формирование таблицы эволюции ОИ. Компоновка уточнённых массивов ресурс-				+	

	ных факторов, дестабилизирующих воздействий, показателей работоспособности, конкурентоспособности и побочных показателей. Анализ конфликтности частных показателей конкурентоспособности.				
4	Аналитический обзор предпочтительных направлений совершенствования ОИ. Оценка сформированных направлений и сопоставление их с рыночными реалиями. Написание и оформление расчётно-пояснительной записки по работе				+
Вес КМ, %:		15	35	25	25