

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГИДРО-**  
**И ПНЕВМОСИСТЕМ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	2 семестр - 145,2 часа;
в том числе на КП/КР	2 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	2 семестр - 4 часа;
включая:	
Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	2 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,8 часа

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черкасских С.Н.
	Идентификатор	R30c6e4c7-CherkassikhSN-c32255

(подпись)

С.Н. Черкасских

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орахелашвили Б.М.
	Идентификатор	Rd5ae6c88-OrakelashvBM-6133e8

(подпись)

Б.М.

Орахелашвили

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков А.В.
	Идентификатор	R369593e9-VolkovAV-775a725f

(подпись)

А.В. Волков

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование знаний и умений в области экспертирования, применения, оптимизационного расчёта и проектирования комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических систем (КАГПИС) как исполнительных модулей повышенной конкурентоспособности, используемых в составе силовых частей различных технических объектов (ТО) стационарного и мобильного исполнения

### Задачи дисциплины

- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки и исследования комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических исполнительных систем;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований с целью изучения, разработки новых образцов и совершенствования существующих комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических исполнительных систем, а также их подсистем;
- разработка математических моделей, комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических исполнительных систем, их отдельных подсистем, проведение их исследования с помощью математического моделирования, с применением как специальных, так и универсальных программных средств, с целью обоснования принятых теоретических и конструктивных решений;
- участие в работах по организации и проведению экспериментов на действующих объектах и экспериментальных макетах комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических исполнительных систем, их подсистем, обработка результатов экспериментальных исследований с применением современных информационных технологий;
- участие в составе коллектива исполнителей в проведении теоретических и экспериментальных исследований с целью исследования, разработки новых образцов и совершенствования существующих комбинированных автоматизированных гидравлических и пневматических исполнительных систем.

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 Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Использует теоретические и экспериментальные методы научных исследований	знать: - принципы и методы формирования физических и математических моделей и составления структурных схем КАГПИС в виде электрогидравлических (ЭГСП) и гидромеханических (ГМСП) следящих приводов, основные методы расчёта их характеристик и параметров и их электропневматических и электрогидравлических компонентов по критериям энергодостаточности, чувствительности, статической и динамической точности, быстродействию, статической и динамической жёсткости; - устройство, принцип действия и основные характеристики КАГПИС как исполнительных автоматизированных модулей, применяемых в

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		гидравлических и пневматических системах (ГПС) робототехнических систем, сравнительные характеристики, преимущества и недостатки, возможные и предпочтительные области применения КАГПИС.
ПК-3 Способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять анализ статических и динамических характеристик, основные статические и динамические расчёты (энергетические, регулировочные, зоны нечувствительности, точности воспроизведения входного информационного сигнала, быстродействия, жёсткости), оценивать надёжность и живучесть КАГПИС;</li> <li>- составлять математические модели отдельных частей и КАГПИС в целом, учитывающие основные физические процессы, происходящие в устройствах при их установившемся и нестационарном движении, сочетающие необходимую физико-математическую строгость и максимальную простоту для решения прямых и, тем более обратных задач;</li> <li>- формировать частные и обобщённые критерии, а также показатели для оценки функциональной пригодности и конкурентоспособности схемотехнических и конструктивных решений КАГПИС применительно к ТО.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать принцип действия, особенности рабочих процессов и типовые характеристики гидро- и пневмоприводов
- знать элементную базу и типовые структуры электрогидравлических приводов
- знать теоретические основы рабочих процессов и регулирования выходных параметров в гидравлических аппаратах
- уметь выбирать рациональную схему построения гидравлических и пневматических следящих приводов по совокупности показателей работоспособности и качества

- уметь формировать математические модели гидроаппаратов и рассчитывать их характеристики

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	Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей	36	2	8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей"</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей" подготовка к выполнению</p>
1.1	Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и	36		8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	

	<p>пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей</p>													<p>заданий на практических занятиях  <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [1], с.102-112, 221-235  [2], с.7-51, 95-115, 67-70</p>
2	<p>Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО</p>	36	8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u>  Повторение материала по разделу "Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО"  <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:  <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>  Изучение материала по разделу "Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p>	
2.1	<p>Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО</p>	36	8	-	4	-	-	-	-	-	24	-		

													дополнительного материала по разделу "Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с.113-134, 236-253 [2], с.53-93 [3], с.6-141 [7], р.2
3	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО	36	8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО" <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:
3.1	Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО	36	8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы"



	Современное состояние и перспективы развития												Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с частотным и насосным управлением. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с.159-167, 254-263 [4], с.8-67, 71-89 [6], с.206-236, 255-273
	Экзамен	34.0	-	-	-	-	-	-	-	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>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>111.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>145.2</b>		

**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. Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей

1.1. Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей

Функциональная и техническая структуры автоматизированной гидравлической и пневматической системы технического объекта. Системно-креативный подход как современная методология исследования и создания автоматизированных гидро- и пневмосистем повышенной конкурентоспособности. Основные показатели работоспособности и конкурентоспособности ГМСП/Д как исполнительного модуля силовой системы ТО. Применение морфологической комбинаторики для генерирования эффективных структур ЭГСП/Д и ГМСП/Д. Эквивалентный гидродвигатель и эквивалентный гидроусилитель комбинированного автоматизированного привода с дроссельным управлением. Статические характеристики эквивалентного гидроусилителя привода с дроссельным принципом управления потоками гидроэнергии. Схема и статические характеристики четырёхшелевого ЗГУ. Энергетические характеристики ЗГУ и КАПП/Д. Типовые законы движения регулируемых органов технического объекта. Формирование диаграмм нагрузки, нахождение требуемой механической характеристики и решение задачи обеспечения энергодостаточности привода. Расчёт базовых параметров гидродвигателя и гидроусилителя КАПП/Д по критерию энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Проблема округления базовых параметров и ограничения проектных вариантов при разработке конкурентоспособного КАПП/Д для силовой системы робототехнического комплекса. Расчёт базовых параметров гидродвигателя и гидроусилителя ГМСП/Д по критерию энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Проблема округления базовых параметров и ограничения проектных вариантов при разработке конкурентоспособного ГМСП/Д для силовой системы робототехнического комплекса.

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

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

Гидромеханический следящий привод как исполнительный модуль силовой системы технического объекта. Классификация и примеры применения ГМСП/Д в различных технических объектах. Исходные физические модели гидромеханического привода с дроссельным управлением. Статические характеристики гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Элементная база, схемные и конструкционные исполнения золотниковых гидроусилителей ГМСП/Д. Динамическая точность слежения линейной модели нагруженного ГМСП/Д. Динамическая жёсткость линейной модели нагруженного ГМСП/Д. Физико-энергетическая природа потери устойчивости ГМСП/Д. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Метод D-разбиения. Метод изолиний динамических показателей системы. Исследование влияния факторов, определяющих энергетический уровень входных сигналов, на динамику линейной модели ГМСП/Д. Анализ влияния диссипативных параметров на динамику линейной модели ГМСП/Д. Влияние инерционной составляющей нагрузки на устойчивость и динамические показатели

конкурентоспособности линейной модели привода. Влияние объёма полостей гидродвигателя и приведённого модуля упругости системы на динамику ГМСП/Д. Анализ влияния на динамику ГМСП/Д передаточного отношения силовой проводки. Исследование влияния на динамику ГМСП/Д характерного параметра гидродвигателя. Анализ влияния на динамику ГМСП/Д жёсткости узла крепления привода на фундаменте.

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

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

Классификация, назначение, структура, особенности построения и требования, предъявляемые к электрогидравлическим усилителям мощности современных ЭГСП/Д. Классификация, назначение, структура, особенности построения и требования, предъявляемые к электромеханическим преобразователям современных ЭГУ. Схемотехническое исполнение и принцип действия основных видов электрогидравлических усилителей мощности. Математическое моделирование электрогидравлических усилителей мощности. Математические модели электронного сумматора и электронного блока усиления и коррекции сигнала рассогласования ЭГСП и ЭПСП. Математические модели датчиков электрической обратной связи электрогидравлического и электропневматического следящего привода. Математические модели блока согласующей аппаратуры в цепи электрической обратной связи ЭГСП и ЭПСП. Математические модели электрической обратной связи ЭГСП и ЭПСП. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики одноканального ЭГСП/Д с электрической главной обратной связью. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики одноканального ЭГСП/Д с механической главной обратной связью. Терминология и постановка задачи коррекции ГМСП/Д. Коррекция ГМСП/Д введением демпфирования золотника золотникового гидроусилителя. Коррекция ГМСП/Д введением дополнительной обратной связи по скорости движения выходного звена. Коррекция ГМСП/Д введением дополнительной обратной связи по производной от перепада давлений в выходных гидролиниях ЗГУ.

### 4. Шаговые и автономные моноблочные электрогидростатические приводы.

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

4.1. Шаговые и автономные моноблочные электрогидростатические приводы.

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

Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным управлением и дискретно-аналоговым информационным сигналом – шаговые ЭГС/Д. Основные способы улучшения статических и динамических характеристик электрогидравлических приводов с дроссельным управлением. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Расчётные математические модели объёмного гидропривода с частотным управлением асинхронным электродвигателем. Критерии оценки ОГП-ЧУ. Основные структуры и принципиальные гидравлические схемы ОГП-ЧУ различного функционального назначения. Основные термины и определения для оценки надёжности и живучести технической системы. Допущения при расчёте надёжности ЭГСП/Д. Расчёт надёжности ЭГСП/Д методом структурных схем. Резервирование ЭГСП/Д. Системно-креативный подход для оценки

современного состояния и перспектив развития основных исполнительных модулей технических систем. Современное состояние и перспективы развития электрогидравлических исполнительных модулей. Современное состояние и перспективы развития электропневматических исполнительных модулей.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Анализ исходной информации для идентификации автоматизированного привода как исполнительного модуля технического объекта. Морфологический метод генерирования и оценки перспективных схмотехнических вариантов модулей (2 часа);
2. Расчёт статических – скоростной, нагрузочной и механической характеристики ГМСП/Д. Определение зоны нечувствительности привода;
3. Расчёт диаграмм нагрузки и мощности ГМСП/Д робототехнической системы. Установление желаемой механической характеристики, определение вида эквивалентного гидродвигателя и расчёт привода по совокупности критериев энергодостаточности, чувствительности и статической точности (2 часа);
4. Математическое моделирование одноканального нерезервированного ГМСП/Д. Анализ возможности использования моделей ненагруженного ГМСП/Д в практических расчётах. Расчёт и анализ динамических характеристик ГМСП/Д с различной структурой и параметрией приведённой нагрузки. Определение предельной добротности привода по скорости (2 часа);
5. Расчёт и анализ динамических характеристик ГМСП/Д с различной структурой и параметрией приведённой нагрузки. Определение предельной добротности привода по скорости (2 часа);
6. Исследование устойчивости и определение динамических характеристик автоматизированного привода при варьировании «энергетическими» параметрами, диссипативными факторами и жёсткостью крепления привода на фундаменте (2 часа);
7. Коррекция автоматизированного привода демпфированием золотника ЗГУ и с помощью дополнительной скоростной обратной связи выходного звена привода (2 часа);
8. Оценка функциональной пригодности (работоспособности) и конкурентоспособности ЭГСП/Д и ГМСП/Д по совокупности частных показателей конкурентоспособности (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

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

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела

"Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО"

3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Шаговые и автономные моноблочные электрогидростатические приводы. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с частотным и насосным управлением. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. 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 ТО"
3. Консультации проводятся по разделу "Электрогидравлический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости как комбинированный исполнительный модуль силовой системы ТО"
4. Консультации проводятся по разделу "Шаговые и автономные моноблочные электрогидростатические приводы. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы. Объёмные гидроприводы с частотным и насосным управлением. Надёжность приводов. Современное состояние и перспективы развития"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ  
2 Семестр**

Курсовая работа (КР)

Темы:

- ГМСП/Д рулевой системы подводного робототехнического комплекса для шельфовых исследований
- ГМСП/Д рулевой системы многоколёсного автомобильного шасси
- ГМСП/Д манипулятора промышленного робота для термообработки деталей
- ГМСП/Д рулевой системы управления по курсу летательного аппарата

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	15	35	25	25	-
Выполненный объем нарастающим	15	50	75	100	-

итогом, %					
-----------	--	--	--	--	--

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на КР, расчёт приведённой нагрузки, формирование эквивалентной схемы ГМСП/Д
2	Расчёт законов движения эквивалентного гидродвигателя, скоростных и тяговых характеристик, диаграммы нагрузки, расчёт привода по критерию энергодостаточности, подбор комплектующих привода
3	Формирование математической модели, расчёт частотных и временных характеристик ненагруженного и нагруженного ГМСП/Д. Расчёт зоны нечувствительности, точности слежения, добротности привода по скорости
4	Определение частных ПК, расчёт относительных безразмерных ПК и обобщённого функционала конкурентоспособности, построение лепестковых диаграмм, выбор предпочтительного проектного варианта привода. Написание и оформление работы

### 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>						
устройство, принцип действия и основные характеристики КАГпИС как исполнительных автоматизированных модулей, применяемых в гидравлических и пневматических системах (ГПС) робототехнических систем, сравнительные характеристики, преимущества и недостатки, возможные и предпочтительные области применения КАГпИС	ИД-1ПК-1		+			Тестирование/Анализ исходной информации для идентификации комбинированного автоматизированного привода с дроссельным регулированием (КАГП/Д) как исполнительного модуля технического объекта (ТО). Морфологический метод генерирования вариантов схем электрогидравлических (ЭГСП/Д) и гидромеханических (ГМСП/Д) приводов. Идентификация схем и расчёт статических характеристик эквивалентных гидроусилителей (ЭкУ) и гидродвигателей (ЭкД)
принципы и методы формирования физических и математических моделей и составления структурных схем КАГпИС в виде электрогидравлических (ЭГСП) и гидромеханических (ГМСП) следящих приводов, основные методы расчёта их характеристик и параметров и их электропневматических и электрогидравлических компонентов по критериям энергоэффективности, чувствительности, статической и динамической точности, быстродействию, статической и динамической жёсткости	ИД-1ПК-1		+	+		Тестирование/Типовые законы движения регулируемых органов (РО). Диаграммы нагрузки и механические характеристики КАГП/Д. Расчёт ЭкГД и ЭкГУ по критериям энергоэффективности, чувствительности и статической точности – базовым показателям работоспособности (ПР). Подбор гидродвигателей (ГД) и золотниковых гидроусилителей (ЗГУ) по каталогам
<b>Уметь:</b>						
формировать частные и обобщённые критерии, а также показатели для оценки функциональной пригодности и конкурентоспособности	ИД-1ПК-3			+		Тестирование/Расчёт динамики одноканального ГМСП/Д. Анализ влияния параметрии привода на устойчивость и динамические показатели

схемотехнических и конструкционных решений КАГпИС применительно к ТО					конкурентоспособности (ПК) Тестирование/Расчёт динамики одноканального ЭГСП/Д. Формирование требований к ЭкГУ, электрогид-равлическим усилителям (ЭГУ), датчикам обратной связи и согласующей аппаратуре		
составлять математические модели отдельных частей и КАГпИС в целом, учитывающие основные физические процессы, происходящие в устройствах при их установившемся и нестационарном движении, сочетающие необходимую физико-математическую строгость и максимальную простоту для решения прямых и, тем более обратных задач	ИД-1ПК-3		+	+	+	Тестирование/Расчёт динамики одноканального ГМСП/Д. Анализ влияния параметрии привода на устойчивость и динамические показатели конкурентоспособности (ПК) Тестирование/Расчёт динамики одноканального ЭГСП/Д. Формирование требований к ЭкГУ, электрогид-равлическим усилителям (ЭГУ), датчикам обратной связи и согласующей аппаратуре	
выполнять анализ статических и динамических характеристик, основные статические и динамические расчёты (энергетические, регулировочные, зоны нечувствительности, точности воспроизведения входного информационного сигнала, быстродействия, жёсткости), оценивать надёжность и живучесть КАГпИС	ИД-1ПК-3				+	+	Тестирование/Анализ исходной информации для идентификации комбинированного автоматизированного привода с дроссельным регулированием (КАГП/Д) как исполнительного модуля технического объекта (ТО). Морфологический метод генерирования вариантов схем электрогидравлических (ЭГСП/Д) и гидромеханических (ГМСП/Д) приводов. Идентификация схем и расчёт статических характеристик эквивалентных гидроусилителей (ЭкУ) и гидродвигателей (ЭкД) Тестирование/Типовые законы движения регулируемых органов (РО). Диаграммы нагрузки и механические характеристики КАГП/Д. Расчёт ЭкГД и ЭкГУ по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности – базовым показателям работоспособности (ПР). Подбор гидродвигателей (ГД) и золотниковых

						гидроусилителей (ЗГУ) по каталогам
--	--	--	--	--	--	------------------------------------

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ исходной информации для идентификации комбинированного автоматизированного привода с дроссельным регулированием (КАГП/Д) как исполнительного модуля технического объекта (ТО). Морфологический метод генерирования вариантов схем электрогидравлических (ЭГСП/Д) и гидромеханических (ГМСП/Д) приводов. Идентификация схем и расчёт статических характеристик эквивалентных гидроусилителей (ЭкУ) и гидродвигателей (ЭкД) (Тестирование)
2. Расчёт динамики одноканального ГМСП/Д. Анализ влияния параметрии привода на устойчивость и динамические показатели конкурентоспособности (ПК) (Тестирование)
3. Расчёт динамики одноканального ЭГСП/Д. Формирование требований к ЭкГУ, электрогид-равлическим усилителям (ЭГУ), датчикам обратной связи и согласующей аппаратуре (Тестирование)
4. Типовые законы движения регулируемых органов (РО). Диаграммы нагрузки и механические характеристики КАГП/Д. Расчёт ЭкГД и ЭкГУ по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности – базовым показателям работоспособности (ПР). Подбор гидродвигателей (ГД) и золотниковых гидроусилителей (ЗГУ) по каталогам (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

#### Экзамен (Семестр №2)

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

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

Оценка за курсовую работу определяется 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. Гидропневмооборудование и гидропневмопривод роботов. Сборник задач с методическими указаниями и решениями : учебное пособие по курсам "Гидропневмооборудование и гидропневмопривод роботов" и "Основы робототехники" по специальности "Роботы и робототехнические системы" / Ю. Ю. Зуев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 272 с. - ISBN 978-5-383-00060-1 .;
2. Зуев, Ю. Ю. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением. Часть первая. Математические модели и статические характеристики привода : учебное пособие по курсам "Динамика и регулирование автоматизированных гидро- и пневмосистем",

"Специальные вопросы динамики и регулирования автоматизированных гидро- и пневмосистем" / Ю. Ю. Зуев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 164 с. - ISBN 978-5-7046-1654-2 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7713](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7713);

3. Зуев, Ю. Ю. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением. Часть вторая. Исследование динамики линейных моделей привода : учебное пособие по курсам "Динамика и регулирование автоматизированных гидро- и пневмосистем", "Специальные вопросы динамики и регулирования автоматизированных гидро- и пневмосистем", "Гидропневмопривод мехатронных и робототехнических устройств" и др. / Ю. Ю. Зуев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 144 с. - ISBN 978-5-7046-1685-6 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8189](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8189);

4. Зуев, Ю. Ю. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением. Часть третья. Надежность и живучесть привода. Оценка проектных вариантов привода по совокупности частных показателей конкурентоспособности : учебное пособие по курсам "Динамика и регулирование автоматизированных гидро- и пневмосистем", "Специальные вопросы динамики и регулирования автоматизированных гидро- и пневмосистем" и др. / Ю. Ю. Зуев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 92 с. - ISBN 978-5-7046-1834-8 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9309](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9309);

5. Зуев, Ю. Ю. Электрогидравлический следящий привод. Расчет основных параметров : учебное пособие по курсу "Динамика и управление комбинированными гидро- и пневмосистемами" по специальности "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" / Ю. Ю. Зуев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 164 с. - ISBN 978-5-383-00661-0 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3457](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3457);

6. Зуев, Ю. Ю. Гидропневмопривод мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие по курсам "Гидропневмопривод мехатронных и робототехнических устройств", "Электропневмогидравлические модули робототехнических систем", "Гидропривод и гидропневмоавтоматика в системах управления" / Ю. Ю. Зуев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019- .;

7. В. В. Соловьев, Е. В. Заргарян, Ю. А. Заргарян, Д. А. Белоглазов, Е. Ю. Косенко- "Проектирование и моделирование объемного гидропривода", Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, 2015 - (97 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462030>.

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

1. Office;
2. Windows.

## **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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

8. 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Г-205/2, Кабинет сотрудников каф. "ГГМ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для консультирования	Г-219/2, Преподавательская	кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, многофункциональный центр, компьютер персональный, холодильник, кондиционер
	Г-208, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-05, Мастерская каф. "ГГМ"	стеллаж для хранения инвентаря

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Динамика и регулирование автоматизированных гидро- и пневмосистем

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 Анализ исходной информации для идентификации комбинированного автоматизированного привода с дроссельным регулированием (КАГП/Д) как исполнительного модуля технического объекта (ТО). Морфологический метод генерирования вариантов схем электрогидравлических (ЭГСП/Д) и гидромеханических (ГМСП/Д) приводов. Идентификация схем и расчёт статических характеристик эквивалентных гидроусилителей (ЭкУ) и гидродвигателей (ЭкД) (Тестирование)
- КМ-2 Типовые законы движения регулируемых органов (РО). Диаграммы нагрузки и механические характеристики КАГП/Д. Расчёт ЭкГД и ЭкГУ по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности – базовым показателям работоспособности (ПР). Подбор гидродвигателей (ГД) и золотниковых гидроусилителей (ЗГУ) по каталогам (Тестирование)
- КМ-3 Расчёт динамики одноканального ГМСП/Д. Анализ влияния параметрии привода на устойчивость и динамические показатели конкурентоспособности (ПК) (Тестирование)
- КМ-4 Расчёт динамики одноканального ЭГСП/Д. Формирование требований к ЭкГУ, электрогид-равлическим усилителям (ЭГУ), датчикам обратной связи и согласующей аппаратуре (Тестирование)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей					
1.1	Функциональная и техническая структуры, проблемы создания конкурентоспособных автоматизированных гидро- и пневмосистем как исполнительных модулей ТО. Законы движения РО. Статические характеристики. Критерии энергодостаточности, чувствительности и статической точности. Расчёт базовых параметров энергетического контура модулей		+			
2	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый исполнительный модуль силовой системы ТО					
2.1	Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жид-кости как базовый			+	+	+

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

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

Динамика и регулирование автоматизированных гидро- и пневмосистем

(название дисциплины)

2 семестр

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

- КМ-1 Оценка выполнения первого раздела КР: Расчёт приведённой нагрузки, формирование эквивалентной схемы ГМСП/Д
- КМ-2 Оценка выполнения второго раздела КР: Расчёт законов движения эквивалентного гидродвигателя, скоростных и тяговых характеристик, диаграммы нагрузки, расчёт привода по критерию энергодостаточности, подбор комплектующих частей привода. Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 Оценка выполнения третьего раздела КР: Формирование математической модели, расчёт частотных и временных характеристик ненагруженного и нагруженного ГМСП/Д. Расчёт зоны нечувствительности, точности слежения, добротности привода по скорости. Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 Оценка выполнения четвёртого раздела КР: Определение частных показателей конкурентоспособности (ПК), расчёт относительных безразмерных ПК и обобщённого функционала конкурентоспособности, построение лепестковых диаграмм, выбор предпочтительного проектного варианта привода. Оценка качества оформления КР

**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	16
1	Ознакомление с заданием на КР, расчёт приведённой нагрузки, формирование эквивалентной схемы ГМСП/Д		+			
2	Расчёт законов движения эквивалентного гидродвигателя, скоростных и тяговых характеристик, диаграммы нагрузки, расчёт привода по критерию энергодостаточности, подбор комплектующих привода			+		
3	Формирование математической модели, расчёт частотных и временных характеристик ненагруженного и нагруженного ГМСП/Д. Расчёт зоны нечувствительности, точности слежения, добротности привода по скорости				+	
4	Определение частных ПК, расчёт относительных безразмерных ПК и обобщённого функционала конкурентоспособности, построение лепестковых диаграмм, выбор предпочтительного проектного варианта привода. Написание и оформление работы					+
Вес КМ, %:			15	35	25	25