

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 27 » декабря 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Электромеханические системы управления  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Цифровые технологии проектирования систем управления и контроля авиационных двигателей и энергетических установок  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – освоение ряда дисциплинарных компетенций, связанных с изучением принципов построения современных систем управления электромеханических систем, проектированием типовых систем автоматического управления электроприводами на базе методов их математического описания и исследования (анализа и синтеза).

Задачи учебной дисциплины

- изучение принципов построения современных систем управления электроприводами и электромеханических систем;
- изучение методов математического описания функциональных компонентов современных электроприводов, методов анализа и синтеза систем управления электроприводами;
- формирование умения проектировать типовые системы управления электроприводами постоянного и переменного тока;
- формирование умения обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроприводов и электро-технических систем, функционирующих в режимах стабилизации, программного и следящего управления;
- формирование навыков расчета параметров регуляторов типовых систем управления электроприводами постоянного и переменного тока;
- формирование навыков работы с интегрированными средами разработки и исследования систем управления электроприводами.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- электромеханические свойства двигателей постоянного и переменного тока;
- регулирование координат электроприводов;
- основы теории нагрева и выбора мощности двигателей для исполнительных механизмов;
- энергетика электроприводов;
- принципы построения современных систем управления электроприводами электроэнергетических и электротехнических систем;
- системы стабилизации, программного и следящего управления электроприводами постоянного и переменного тока;
- методы исследования (анализа и синтеза) систем управления электроприводами в интегрированных средах их разработки.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-1ПК-2.7	Знает классификационные признаки, статические и динамические характеристики современных систем управления электроприводами и электромеханических объектов; специфику, показатели качества и принципы построения систем управления электроприводами в режимах стабилизации, программного и следящего управления; методы математического описания функциональных компонентов электроприводов, современные методы анализа и синтеза систем управления электроприводами.	Знает классификацию и особенности электромеханических систем и основные требования к ним, ключевые параметры и характеристики электротехнических устройств и основные методы построения их моделей	Экзамен
ПК-2.7	ИД-2ПК-2.7	Умеет: применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав разрабатываемой системы электропривода; проектировать типовые системы управления электроприводами; обосновывать выбор структуры и компонентов систем управления электроприводами; оставлять математические модели компонентов и систем управления электроприводами, проводить синтез и анализ основных контуров регулирования.	Умеет оценивать характеристики и параметры работы электромеханического оборудования в различных режимах работы, использовать результаты анализа и моделирования электротехнических устройств для проектирования автоматизированных электромеханических комплексов и систем	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.7	ИД-3ПК-2.7	Владеет: навыками расчета параметров контурных регуляторов типовых систем подчиненного	Владеет навыками и методами использования основных расчетов при проектировании автоматизированных	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		регулирования координат электроприводов постоянного и переменного тока; навыками расчета систем управления электроприводами и электромеханических систем в режимах стабилизации, программного и следящего управления; навыками расчёта статических характеристик, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; навыками осуществления выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.	электромеханических комплексов и систем	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	34	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Классификация и характеристики электромеханических систем управления.	4	0	0	12
Тема 1. Классификационные признаки и основные статические и динамические характеристики электромеханических систем управления (ЭМСУ). Классификация ЭМСУ по основным признакам. Статические и динамические характеристики ЭМСУ. Тема 2. Задачи исследования и стадии проектирования ЭМСУ Основные этапы синтеза ЭМСУ. Методы анализа ЭМСУ. Стадии и этапы проектирования, регламентированные стандартами РФ.				
Функциональные компоненты электромеханических систем управления	4	0	0	12
Тема 3. Обобщенная функциональная схема ЭМСУ. Функциональная схема на уровне макро модели и детализированная функциональная схема ЭМСУ. Функциональные блоки, взаимосвязи, координаты и параметры ЭМСУ. Тема 4. Модели силовых компонентов ЭМСУ. Математические модели электродвигателей и силовых преобразователей энергии в задачах синтеза и анализа ЭМСУ. Взаимосвязь форм математического описания компонентов ЭМСУ. Тема 5. Модели информационно-управляющих компонентов ЭМСУ. Математические модели датчиков координат ЭМСУ, типовых параметрически оптимизируемых регуляторов класса «вход-выход» и регуляторов состояния, модулей преобразования информации.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Принципы построения разомкнутых и замкнутых электромеханических систем управления	4	0	0	12
Тема 6. Релейно-контакторные и полупроводниковые разомкнутые ЭМСУ. Реализация пуско-тормозных режимов в разомкнутых ЭМСУ постоянного и переменного тока. Типовые схемные решения силовых цепей и панелей управления. Защиты и блокировки. Симисторные пускатели. Тема 7. Замкнутые системы стабилизации, программного и следящего управления. Принципы построения систем стабилизации технологических координат с применением ЭМСУ. Системы программного управления. Способы ограничения координат ЭМСУ. Следящие системы управления и системы воспроизведения движений. Понятие добротности ЭМСУ.				
Общая постановка задачи синтеза электромеханических систем управления	5	0	9	18
Тема 8. Частотные и временные методы синтеза ЭМСУ. Желаемые частотные характеристики разомкнутых и замкнутых контуров регулирования ЭМСУ. Критерии качества и их связь с временными характеристиками ЭМСУ, расположением корней характеристического полинома на комплексной плоскости. Тема 9. Типовые регуляторы и корректирующие звенья. Типовые регуляторы класса «вход-выход», обеспечивающие пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование. ПИ и ПИД регуляторы. Корректирующие звенья, обеспечивающие желаемое опережение или отставание по фазе выходного сигнала от входного. Тема 10. Типовая методика структурно-параметрического синтеза. Этапы структурно-параметрического синтеза оптимальных по интегральным квадратичным критериям контуров регулирования ЭМСУ. Понятие фильтров Баттерворта, настроек на технический, симметричный и апериодический оптимумы. Принцип подчиненного регулирования координат ЭМСУ.				
Электромеханические систем с двигателями постоянного тока	6	0	9	18
Тема 11. Системы «Тиристорный преобразователь-двигатель» Синтез контуров регулирования напряжения и тока якоря. Синтез контура регулирования скорости двигателя. Одно- и двукратно интегрирующие				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>ЭМСУ. Прямые оценки качества регулирования при различных аддитивных воздействиях на ЭМСУ.</p> <p>Тема 12. Система двухзонного регулирования скорости.</p> <p>Функциональная схема системы двухзонного регулирования. Методы оценки ЭДС двигателя.</p> <p>Синтез регуляторов ЭМСУ.</p> <p>Тема 13. Системы регулирования положения ЭМСУ. Режимы малых, средних и больших перемещений рабочего органа. Синтез линейного и параболического регуляторов ЭМСУ. Структурная схема следящей ЭМСУ. Инвариантные и квазиинвариантные следящие ЭМСУ.</p>				
<p>Электромеханические системы с двигателями переменного тока</p>	6	0	9	18
<p>Тема 14. Способы управления электроприводами переменного тока. Фазовое и частотное управление. Законы частотного управления. Понятия скалярного и векторного управления. Управление моментом асинхронного двигателя. Специфика управления асинхронным и вентильным электродвигателями.</p> <p>Тема 15. Частотно-регулируемые электроприводы переменного тока. Силовые преобразователи со звеном постоянного тока и непосредственные преобразователи частоты. ЭМСУ с инверторами напряжения и тока статора.</p>				
<p>Дискретно-непрерывные электромеханические системы управления</p>	5	0	9	18
<p>Тема 16. Синтез дискретно-непрерывных ЭМСУ. Понятия Z-преобразования, дискретных передаточных функций и разностных уравнений. Экстраполяторы нулевого порядка. Дискретно-непрерывные ЭМСУ. Методы синтеза контурных дискретных регуляторов ЭМСУ класса «вход-выход» и регуляторов состояния.</p> <p>Тема 17. Микропроцессорные контроллеры в структурах ЭМСУ.</p> <p>Обобщенная функциональная схема микропроцессорной ЭМСУ. Средства интеллектуализации СУЭП. Параметрирование контроллеров. Централизованные и децентрализованные ЭМСУ. Программно-аппаратные средства связи компонентов ЭМСУ по полевым шинам.</p> <p>Тема 18. Интегрированные среды для разработки и исследования (анализа и синтеза) ЭМСУ.</p> <p>Интегрированные среды Simulink и SimInTech.</p> <p>Основные библиотеки и функциональные блоки</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
для моделирования ЭМСУ. Схемы имитационных моделей типовых ЭМСУ с регуляторами класса «вход-выход» и регуляторами состояния. Среда MexBios для разработки и исследования ЭМСУ. Понятие интегрированных сред SCADA для разработки ЭМСУ.				
ИТОГО по 2-му семестру	34	0	36	108
ИТОГО по дисциплине	34	0	36	108

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Исследование программно-аппаратной реализации электромеханической системы управления на стенда фирмы National Instruments.
2	Синтез и анализ непрерывных двухконтурных статических систем регулирования скорости с применением ПК.
3	Синтез и анализ непрерывных двухконтурных астатических систем регулирования скорости с применением ПК.
4	Исследования электроприводных систем «Тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока»
5	Исследования электроприводных систем «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель»
6	Синтез и анализ микропроцессорных систем регулирования скорости с регуляторами состояния с применением ПК.
7	Синтез и анализ микропроцессорных систем регулирования скорости с регуляторами класса «вход-выход» в среде MatLab/Simulink разработки и исследования СУЭП.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Казанцев В. П. Системы управления исполнительными механизмами : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 273 с. 17,25 усл.печ.л.	20
2	Лыков А. Н. Системы управления электроприводами. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009. 190 с.	59

3	Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода : учебник для вузов. 6-е изд., доп. и перераб. Москва : Энергоиздат, 1981. 576 с.	116
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Борцов Ю. А., Поляхов Н. Д., Путов В. В. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением. Ленинград : Энергоатомиздат, 1984. 216 с.	4
2	Казанцев В. П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 165 с. 10,5 усл. печ. л.	69
3	Москаленко В. В. Электрический привод : учебник. Москва : ИНФРА-М, 2020. 363 с. 22,75 усл. печ. л.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Казанцев В. П. Системы управления электромеханическими исполнительными механизмами : лабораторный практикум. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6033">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6033</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Казанцев В. П. Системы управления электроприводом : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6170">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6170</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Казанцев В. П. Системы управления исполнительными механизмами : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2015. 274 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160418">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160418</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Лыков А. Н. Системы управления электроприводами : монография. Пермь : ПНИПУ, 2009. 191 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160500">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160500</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	10
Практическое занятие	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Электромеханические системы управления»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Цифровые технологии проектирования систем управления и контроля авиационных двигателей и энергетических установок
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Магистр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Микропроцессорных средств автоматизации
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 1	<b>Семестр:</b> 2
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Экзамен:	2 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 7 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 классификационные признаки, статические и динамические характеристики современных систем управления электроприводами и электромеханических объектов;		ТО1		КР1		ТВ
3.2 специфику, показатели качества и принципы построения систем управления электроприводами в режимах стабилизации, программного и следящего управления;	С1	ТО2		КР2		ТВ
3.3 методы математического описания функциональных компонентов электроприводов, современные методы анализа и синтеза систем управления электроприводами.		ТО3		КР3		ТВ

Освоенные умения						
У.1 применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав разрабатываемой системы электропривода;			ОП31 ОП32	КР1		ПЗ
У.2 проектировать типовые системы управления электроприводами; обосновывать выбор структуры и компонентов систем управления электроприводами;			ОП33 ОП34 ОП35	КР2		ПЗ
У.3 составлять математические модели компонентов и систем управления электроприводами, проводить синтез и анализ основных контуров регулирования.			ОП36 ОП37	КР3		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 навыки расчёта статических характеристик, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов;			ОП31 ОП32			КЗ
В.2 навыки осуществления выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.			ОП33 ОП34 ОП35			КЗ
В.3 навыки расчета параметров контурных регуляторов типовых систем подчиненного регулирования координат электроприводов постоянного и переменного тока; навыки расчета систем управления электроприводами и электромеханических систем в режимах стабилизации, программного и следящего управления.			ОП36 ОП37			КЗ

*С* – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ОПЗ* – отчет по практическому занятию; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Владеет:

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного

или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям**

Всего запланировано 7 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита практических занятий проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю «Классификация и характеристики электромеханических систем управления», вторая КР по модулю «Принципы построения разомкнутых и замкнутых электромеханических систем управления», третья КР по модулю «Дискретно-непрерывные электромеханические системы управления».

##### **Типовые задания первой КР:**

1. Классификация ЭМСУ по основным признакам.
2. Статические и динамические характеристики ЭМСУ.

##### **Типовые задания второй КР:**

1. Способы ограничения координат ЭМСУ.
2. Принципы построения систем стабилизации технологических координат с применением ЭМСУ.

##### **Типовые задания третьей КР:**

1. Методы синтеза контурных дискретных регуляторов ЭМСУ класса «вход-выход» и регуляторов состояния.
2. Понятия Z-преобразования, дискретных передаточных функций и

разностных уравнений.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача и защита всех отчетов по практическим заданиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Стадии и этапы проектирования ЭМСУ, регламентированные стандартами РФ.

2. Описание электродвигателей ЭМСУ в форме обыкновенных дифференциальных уравнений, передаточных функций и векторно-матричных уравнений.

3. Описание силовых преобразователей энергии ЭМСУ в форме обыкновенных дифференциальных уравнений и передаточных функций.

4. Прямые оценки качества контуров регулирования ЭМСУ, настроенных на типовые оптимумы. Сравнительный анализ показателей.

5. Функциональная и структурная схемы системы двухзонного регулирования скорости.

6. Законы частотного управления в зависимости от характера изменения статической нагрузки на валу электропривода.

7. Синтез дискретных регуляторов ЭМСУ методами прямоугольников и трапеций.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Разработать математическую модель силового электромеханического модуля «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока, регулируемый по цепи якоря».

2. Разработать математическую модель силового электромеханического модуля «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести синтез замкнутого контура регулирования тока якоря по критерию «технический оптимум».
2. Провести синтез замкнутого контура регулирования скорости по критерию «симметричный оптимум».
3. Провести синтез корректирующего устройства следящего электропривода, инвариантного к изменению задающего воздействия.
4. Привести синтез дискретного ПИД-регулятора ЭМСУ с использованием дискретизации параметров аналогового ПИД-регулятора методом трапеций.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.