

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«4» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы управления приводами»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Управление в технических системах
Наименование направленности	Управление и информатика в технических системах
Форма обучения	очно-заочная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Старший преподаватель  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

04.02.2025

С.С. Тимофеев

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 31

« 4 » февраля 2025 г, протокол № 3

Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

В.Ф. Шишляков

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Системы управления приводами» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 27.03.04 «Управление в технических системах» направленности «Управление и информатика в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»

ОПК-3 «Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности»

ОПК-4 «Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов»

ОПК-9 «Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с системами управления приводом, их проектированием и эксплуатацией.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовое проектирование.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов необходимых для изучения свойств и методов проектирования систем управления приводами, состоящих из разнообразных элементов и устройств и образующих в совокупности сложную электромеханическую систему. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного ток и гидроприводов. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик систем управления, проводить лабораторные испытания электроприводов. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО). Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3.2 знать методики системного подхода для решения поставленных задач УК-1.В.2 владеть навыками системного подхода для решения поставленных задач
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ОПК-3.3.1 знает методики получения математических моделей реальных технических объектов
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на	ОПК-4.У.1 умеет получать характеристики моделей реальных объектов для оценки эффективности работы системы управления ОПК-4.В.1 владеет навыками оценки эффективности работы реальных систем

	основе математических методов	управления, разработанных на основе математических методов
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-9 Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	ОПК-9.В.1 владеет навыками проведения численного и натурального эксперимента

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Исполнительные устройства систем управления»,
- «Теория автоматического управления».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Системы автоматического управления»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№9	№10
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	10/ 360	5/ 180	5/ 180
<b>Из них часов практической подготовки</b>			
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	121	85	36
в том числе:			
лекции (Л), (час)	43	34	9
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17	
лабораторные работы (ЛР), (час)	52	34	18
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	9		9
экзамен, (час)	63	36	27
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	176	59	117
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Экз.	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 9					
Введение. Классификация СУП	4				
1. Типовые узлы и схемы разомкнутых релейно-контактных СУП	6		8		12
2. Разомкнутые СУП с бесконтактными преобразовательными устройствами	6				12
3. Замкнутые СУП постоянного тока с общим суммирующим регулятором	6	9	14		12
4. СУП постоянного тока с подчиненным регулированием	6		4		12
5. Замкнутые СУП переменного тока	6	8	8		11
Итого в семестре:	34	17	34		59
Семестр 10					
6. Следящие электроприводы	9		18		117
Выполнение курсового проекта				9	
Итого в семестре:	9		18	9	117
Итого	43	17	52	9	176

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Введение. Классификация СУП	Классификация СУП
1. Типовые узлы и схемы разомкнутых релейно-контактных СУП	1.1 Общие сведения 1.2 Типовые узлы статорных цепей, обеспечивающие пуск асинхронных и синхронных электродвигателей 1.3 Узлы роторных цепей асинхронных электродвигателей 1.4. Узлы роторных цепей синхронных электродвигателей 1.5. Узлы силовых цепей электродвигателей постоянного тока, обеспечивающие их пуск и торможение 1.6. Типовые схемы управления асинхронными

	<p>электродвигателями с короткозамкнутым ротором</p> <p>1.7. Основные принципы построения систем реостатного ступенчатого пуска и торможения электроприводов</p> <p>1.8. Типовые узлы и схемы реостатного ступенчатого пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу времени</p> <p>1.9. Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу скорости</p> <p>1.10. Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу тока</p>
2. Разомкнутые СУП с бесконтактными преобразовательными устройствами	<p>2.1. Общие сведения</p> <p>2.2. Основные варианты регулируемых электроприводов переменного и постоянного тока</p>
3. Замкнутые СУП постоянного тока с общим суммирующим регулятором	<p>3.1. Общие сведения</p> <p>3.2. Система стабилизации угловой скорости с несколькими обратными связями и общим регулятором, ее свойства в статистике</p> <p>3.3. Система электропривода с обратными связями по угловой скорости и по току с отсечкой, ее свойства в статике</p> <p>3.4. Переходные и установившиеся режимы СУП с обратными связями по угловой скорости и току</p> <p>3.5. Замкнутая СУП постоянного тока со стабилизацией момента</p>
4. СУП постоянного тока с подчиненным регулированием	<p>4.1. Общие сведения</p> <p>4.2. Математическая модель двухконтурной СУП с подчиненным регулированием</p> <p>4.3. Оптимальные настройки регуляторов</p> <p>4.4. СУП с двухзонным регулированием скорости</p> <p>4.5. Схемная реализация основных вариантов СУП постоянного тока</p>
5. Замкнутые СУП переменного тока	<p>5.1. Общие сведения</p> <p>5.2. Система регулирования угловой скорости асинхронного электропривода изменением напряжения питания</p> <p>5.3. Система управления асинхронным электродвигателем с импульсным регулированием сопротивления в роторной цепи</p> <p>5.4. СУП с электромагнитной муфтой скольжения</p>

	5.5. СУП переменного тока с частотным регулированием скорости 5.6. Варианты СУП переменного тока с частотным регулированием 5.7. Системы векторного управления АД с короткозамкнутым ротором 5.8. СУП с асинхронными каскадами 5.9. Системы автоматического управления синхронных электроприводов 5.10 Система управления электроприводом с вентильным двигателем
6. Следящие электроприводы	6.1. Общие сведения. Экстремальные системы 6.2. Примеры простейших следящих электроприводов 6.3. Анализ свойств следящих электроприводов в статике и переходных режимах

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9					
1	Расчет динамических свойств двигателя постоянного тока независимого возбуждения	Расчетно-графическая работа	3		3
2	Расчет динамических свойств двигателя постоянного тока параллельного возбуждения	Расчетно-графическая работа	3		3
3	Расчет динамических свойств асинхронного двигателя	Расчетно-графическая работа	4		3,5
4	Расчет динамических свойств синхронного	Расчетно-графическая работа	4		5



	двигателя				
5	Расчет режимов пуска двигателя	Расчетно-графическая работа	3		3
Всего			17		

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9				
1	Исследование динамических свойств двигателя постоянного тока независимого возбуждения	4		1
2	Моделирование динамических свойств двигателя постоянного тока независимого возбуждения в среде Simulink	4		3
3	Исследование динамических свойств двигателя постоянного тока параллельного возбуждения	4		1
4	Моделирование динамических свойств двигателя постоянного тока параллельного возбуждения в среде Simulink	4		3
5	Исследование динамических свойств асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	4		4
6	Моделирование динамических свойств асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в среде Simulink	4		5
7	Исследование способов пуска электропривода в функции тока, скорости, времени	4		3
8	Исследование двухфазного асинхронного электропривода	4		5
9	Моделирование динамических свойств двигателя постоянного тока полевательного возбуждения в среде Simulink	2		3
Семестр 10				
10	Системы с экстремальным регулированием	4		6
11	Исследование динамических свойств потенциометрического следящего электропривода	4		6
12	Исследование динамических свойств интегрирующего следящего	4		6

	электропривода			
13	Исследование динамических свойств синхронного двигателя	4		6
14	Моделирование динамических свойств синхронного двигателя в среде Simulink	2		6
Всего		52		

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсового проекта:

Примерные темы заданий на курсовой проект приведены в разделе 10 РПД.

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 9, час	Семестр 10, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	72	29	43
Курсовое проектирование (КП, КР)	40		40
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	44	22	22
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	10	10
Всего:	176	61	115

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Проектирование авиационного следящего электропривода малой мощности : [ Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Акопов, М. В. Бураков, Т. Г. Полякова ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Документ включает в себя 1 файл, размер: (4,23МБ). - СПб. : Изд-во ГУАП, 2008. - 172 с.	
Ш86	Системы подчиненного регулирования электроприводов : учебное пособие / Р. Т. Шрейнер ; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Урал.	18

	отд. РАО, Акад. проф. обр. - Екатеринбург : ГОУ ВПО РГПУ, 2008. - 360 с.	
--	---	--

## 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-07
2	Лаборатория исполнительных устройств систем управления	21-06
3	Лаборатория электропривода	21-10

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену.

Выполнение курсового проекта	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсового проекта.
------------------------------	--

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Типовые узлы статорных цепей, обеспечивающие пуск асинхронных и синхронных электродвигателей	УК-1.3.2
2	Узлы роторных цепей асинхронных электродвигателей	УК-1.В.2

3	Узлы роторных цепей синхронных электродвигателей	ОПК-3.3.1
4	Узлы силовых цепей электродвигателей постоянного тока, обеспечивающие их пуск и торможение	ОПК-4.У.1
5	Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором	ОПК-4.В.1
6	Основы принципов построения систем реостатного ступенчатого пуска и торможения электроприводов	ОПК-4.У.1
7	Типовые узлы и схемы реостатного ступенчатого пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу времени	ОПК-4.В.1
8	Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу скорости	ОПК-4.В.1
9	Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу тока	ОПК-9.В.1
10	Основные варианты регулируемых электроприводов переменного и постоянного тока	ОПК-4.У.1
11	Система стабилизации угловой скорости с несколькими обратными связями и общим регулятором, ее свойства в статике	ОПК-4.У.1
12	Система электропривода с обратными связями по угловой скорости и по току с отсечкой, ее свойства в статике	ОПК-4.У.1
13	Переходные и установившиеся режимы СУП с обратными связями по угловой скорости и току	ОПК-4.У.1
14	Замкнутая СУП постоянного тока со стабилизацией Момент	
15	Математическая модель двухконтурной СУП с подчиненным регулированием	ОПК-4.У.1
16	Оптимальные настройки регуляторов	ОПК-9.В.1
17	СУП с двухзонным регулированием скорости	ОПК-9.В.1
18	Схемная реализация основных вариантов СУП постоянного тока	ОПК-4.У.1
19	Система регулирования угловой скорости асинхронного электропривода изменением напряжения питания	ОПК-4.У.1
20	Система управления асинхронным электродвигателем с импульсным регулированием сопротивления в роторной цепи	ОПК-4.У.1
21	СУП с электромагнитной муфтой скольжения	ОПК-4.У.1
22	СУП переменного тока с частотным регулированием Скорости	ОПК-4.У.1
23	Варианты СУП переменного тока с частотным Регулированием	ОПК-4.У.1
24	Системы векторного управления АД с короткозамкнутым Ротором	ОПК-4.У.1
25	СУП с асинхронными каскадами	ОПК-9.В.1
26	Системы автоматического управления синхронных Электроприводов	ОПК-9.В.1
27	Система управления электроприводом с вентильным Двигателем	ОПК-9.В.1
28	Примеры простейших следящих электроприводов	ОПК-9.В.1
29	Анализ свойств следящих электроприводов в статике и переходных режимах	ОПК-4.У.1
30	Типовые узлы статорных цепей, обеспечивающие пуск асинхронных и синхронных электродвигателей	ОПК-4.У.1
31		

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
-------	--

№ П.П.	Назначение привода	Сведения о нагрузке							
		Актив. статич.	Сухого трения	Коэф. мом. вязкого трения	Коэф. шарнир. момента	Момент инерц. нагруз.	Мах угол повор.	Мах угловая ск.-ть	Мах угловая укорен.
		$M_{ст}$	$M_{тм}$	$q_n$	$K_{ш}$	$J_n$	$\alpha_m$	$\Omega_m$	$\varepsilon_m$
		Нм	Нм	НмС	Нм/рад	кГм2	рад	с-1	с-2
1	ПА курс	10	2,0	-	-	2,0	н/о	2,0	0,4
2	ПП	100	20,0	-	-	40,0	1,5	1,5	0,6
3	РП выс	-	8,0	-	40,0	20,0	1,0	1,0	0,5
4	ПС	-	3,0	1,0	-	1,0	н/о	20,0	-
5	ПА курс	20	4,0	-	-	4,0	н/о	1,8	0,6
6	ПП	90	18,0	-	-	38,0	1,3	1,4	0,8
7	РП напр	-	3,0	-	20,0	30,0	0,7	0,9	0,6
8	ПС	-	7,0	2,0	-	2,0	н/о	18,0	-
9	ПАР курс	30	6,0	-	-	6,0	н/о	1,6	0,8
10	ПП	80	16,0	-	-	36,0	1,2	1,2	1,0
11	РП эл	-	24,0	-	200,0	10,0	0,6	1,2	2,4
12	ПС	-	10,0	3,0	-	4,0	н/о	16,0	-
13	ПА курс	40	8,0	-	-	8,0	н/о	1,4	1,2
14	ПП	70	14,0	-	-	34,0	1,0	1,0	1,2
15	РП выс	-	12,0	-	50,0	10	1,2	1,5	1,0
16	ПС	-	14,0	5,0	-	8,0	н/о	14,0	-
17	ПА тангаж	50	10,0	-	-	10,0	3,0	1,2	1,6
18	ПП	60	12,0	-	-	30,0	0,8	0,8	1,4
19	РП напр	-	6,0	-	30,0	40	0,9	1,0	0,4
20	ПС	-	24,0	10,0	-	16,0	н/о	12,0	-
21	ПА тангаж	60	12,0	-	-	12,0	2,5	1,0	2,0
22	ПП	50	10,0	-	-	26,0	1,0	0,6	1,6
23	РП эл	-	10,0	-	100,0	80	0,5	1,5	3,0
24	ПС	-	40,0	20,0	-	32,0	н/о	10,0	-
25	ПА тагаж	70	14,0	-	-	14,0	2,0	0,8	2,4
26	ПП	40	8,0	-	-	22,0	1,2	0,4	1,8
27	РП выс	-	9,0	-	60,0	15	0,8	1,2	2,0
28	ПС	-	48,0	30,0	-	64	н/о	8,0	-
29	ПА тангаж	80	16,0	-	-	16,0	1,5	0,6	3,0

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Какой из следующих элементов является основным компонентом системы управления электрическим приводом? А) Резистор В) Приводной мотор С) Конденсатор Д) Трансформатор	УК-1.3.2
2	Какой тип управления чаще всего используется для обеспечения точного позиционирования в системах электрических приводов? А) Прямое управление В) Пропорционально-дифференциальное управление (ПД)	УК-1.В.2

	<p>С) Пропорционально-интегрально-дифференциальное управление (ПИД)</p> <p>Д) Управление по времени</p>	
3	<p>Какой из следующих параметров не является критическим для управления электрическим приводом?</p> <p>А) Скорость вращения</p> <p>В) Напряжение питания</p> <p>С) Температура окружающей среды</p> <p>Д) Длина проводов</p>	ОПК-3.З.1
4	<p>Какой из следующих методов используется для защиты электрического привода от перегрузок?</p> <p>А) Увеличение напряжения</p> <p>В) Установка предохранителя</p> <p>С) Снижение мощности</p> <p>Д) Использование более мощного мотора</p>	ОПК-4.У.1
5	<p>Какие из следующих компонентов являются основными для системы управления электрическим приводом? (укажите все правильные ответы)</p> <p>А) Приводной мотор</p> <p>В) Датчик положения</p> <p>С) Резистор</p> <p>Д) Программируемый логический контроллер (ПЛК)</p>	ОПК-4.В.1
6	<p>Какие методы управления чаще всего используются для обеспечения точного управления скоростью в системах электрических приводов? (укажите все правильные ответы)</p> <p>А) Пропорционально-интегрально-дифференциальное управление (ПИД)</p> <p>В) Упрощенное управление</p> <p>С) Числовое управление (ЧПУ)</p> <p>Д) Пропорционально-дифференциальное управление (ПД)</p>	ОПК-9.В.1
7	<p>Какие параметры являются критическими для управления электрическим приводом? (укажите все правильные ответы)</p> <p>А) Скорость вращения</p> <p>В) Напряжение питания</p> <p>С) Цвет корпуса мотора</p> <p>Д) Температура окружающей среды</p>	ОПК-4.У.1
8	<p>Какие из следующих методов могут использоваться для защиты электрического привода от перегрузок? (укажите все правильные ответы)</p> <p>А) Установка предохранителя</p> <p>В) Использование автоматического выключателя</p> <p>С) Увеличение мощности двигателя</p> <p>Д) Применение термозащиты</p>	ОПК-4.В.1
9	<p>: Какова правильная последовательность действий при запуске электрического привода?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверка всех соединений.</li> <li>2. Включение питания.</li> <li>3. Настройка параметров управления.</li> <li>4. Запуск привода.</li> </ol>	ОПК-4.В.1
10	<p>Какова последовательность действий для диагностики неисправности в системе управления электрическим приводом?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверка сигналов от датчиков.</li> </ol>	ОПК-9.В.1

	2. Анализ кода ошибки. 3. Визуальный осмотр компонентов. 4. Тестирование системы на работоспособность.	
11	Какова правильная последовательность действий при остановке электрического привода? 1. Остановка управления. 2. Отключение питания. 3. Сброс всех параметров. 4. Проверка состояния привода.	ОПК-4.У.1
12	Какова последовательность действий для настройки параметров управления электрическим приводом? 1. Подключение к программируемому логическому контроллеру (ПЛК). 2. Ввод необходимых параметров. 3. Сохранение настроек. 4. Проверка работоспособности системы.	ОПК-4.У.1
13	Соответствие между типами сигналов и их источниками 1. Аналоговый сигнал 2. Цифровой сигнал 3. Импульсный сигнал 4. Сигнал обратной связи А) Сигнал от датчиков, передающий непрерывные данные В) Сигнал, представляющий бинарные значения (включен/выключен) С) Сигнал, используемый для коррекции работы системы D) Сигнал, представляющий короткие последовательности изменений	ОПК-4.У.1
14	Соответствие между этапами работы и их описаниями 1. Запуск системы 2. Настройка параметров 3. Остановка системы 4. Диагностика неисправностей А) Проверка всех соединений и компонентов В) Ввод необходимых значений и параметров С) Подключение питания и активация привода D) Выключение питания и сброс параметров	ОПК-4.У.1
15	Соответствие между типами управления и их характеристиками 1. Пропорциональное управление 2. Интегральное управление 3. Дифференциальное управление 4. ПИД управление А) Устранение статической ошибки В) Реакция на изменение ошибки С) Суммирование ошибок во времени D) Комбинация всех вышеперечисленных методов	ОПК-9.В.1
16	Соответствие между компонентами и их функциями 1. Приводной мотор 2. Датчик положения 3. Программируемый логический контроллер (ПЛК) 4. Инвертор А) Управление частотой и напряжением питания В) Измерение положения ротора	ОПК-4.У.1



	С) Преобразование электрической энергии в механическую D) Обработка сигналов и управление системой	
17	Каковы преимущества использования ПИД-регулятора в системах управления электрическим приводом?	ОПК-9.В.1
18	Опишите основные этапы диагностики неисправностей в системе управления электрическим приводом.	ОПК-9.В.1
19	Какова роль программируемого логического контроллера (ПЛК) в системах управления электрическим приводом?	ОПК-4.У.1
20	Объясните принцип работы инвертора в системе управления электрическим приводом.	ОПК-4.У.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Общие сведения

1.2 Типовые узлы статорных цепей, обеспечивающие пуск асинхронных и синхронных электродвигателей

1.3 Узлы роторных цепей асинхронных электродвигателей

1.4. Узлы роторных цепей синхронных электродвигателей

1.5. Узлы силовых цепей электродвигателей постоянного тока, обеспечивающие их пуск и торможение

1.6. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором

1.7. Основные принципы построения систем реостатного ступенчатого пуска и торможения электроприводов

1.8. Типовые узлы и схемы реостатного ступенчатого пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу времени

1.9. Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу скорости

1.10. Узлы пуска и торможения электродвигателей, работающие по принципу тока

2.1. Общие сведения

2.2. Основные варианты регулируемых электроприводов переменного и постоянного тока

3.1. Общие сведения

3.2. Система стабилизации угловой скорости с несколькими обратными связями и общим регулятором, ее свойства в статистике

3.3. Система электропривода с обратными связями по угловой скорости и по току с отсечкой, ее свойства в статике

3.4. Переходные и установившиеся режимы СУП с обратными связями по угловой скорости и току

3.5. Замкнутая СУП постоянного тока со стабилизацией момента

4.1. Общие сведения

4.2. Математическая модель двухконтурной СУП с подчиненным регулированием

4.3. Оптимальные настройки регуляторов

4.4. СУП с двухзонным регулированием скорости

4.5. Схемная реализация основных вариантов СУП постоянного тока

5.1. Общие сведения

5.2. Система регулирования угловой скорости асинхронного электропривода изменением напряжения питания

5.3. Система управления асинхронным электродвигателем с импульсным регулированием сопротивления в роторной цепи

5.4. СУП с электромагнитной муфтой скольжения

5.5. СУП переменного тока с частотным регулированием скорости

5.6. Варианты СУП переменного тока с частотным регулированием

5.7. Системы векторного управления АД с короткозамкнутым ротором

5.8. СУП с асинхронными каскадами

## 5.9. Системы автоматического управления синхронных электроприводов

## 5.10 Система управления электроприводом с вентильным двигателем

### 6.1. Общие сведения. Экстремальные системы

### 6.2. Примеры простейших следящих электроприводов

### 6.3. Анализ свойств следящих электроприводов в статике и переходных режимах

## 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

### Требования к проведению практических занятий

Необходимые для выполнения расчетных и расчетно-графических заданий материалы с примерами расчетов и графических построений изложены в учебном пособии Исполнительные устройства систем автоматического управления постоянного тока [Текст] : учебное пособие / В. Ф. Шишляков ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2008. - 79 с

## 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Проведение лабораторных работ регламентируется правилами охраны труда и техники безопасности, утвержденными ректором ГУАП. Задание на выполнение лабораторных работ определяется преподавателем в соответствии с настоящей программой дисциплины и учебным планом направления 27.03.04 (методические указания приведены в электронных ресурсах кафедры) и изложены в учебном пособии Математическое моделирование исполнительных двигателей постоянного тока независимого возбуждения [Текст] : методические указания к лабораторному практикуму / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. С. В. Житкова [и др.] ; ред. В. Ф. Шишлаков. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2009. - 43 с.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные разделы:

1. Титульный лист
2. Цель выполнения лабораторной работы
3. Принципиальные или функциональные схемы экспериментов
4. Результаты экспериментов в виде таблиц и графиков
5. Теоретические расчеты (при необходимости)
6. Выводы по лабораторной работе

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление отчета по лабораторной работе должно соответствовать требованиям правилам оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2001 и нормативным документам ГУАП (guap.ru).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

#### Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Проектирование включает в себя следующие этапы:

- выбор и обоснование функциональной схемы ЭП;
  - выбор и расчет обязательных элементов и узлов ЭП;
  - математическое моделирование и синтез закона управления;
- разработку принципиальной электрической схемы системы управления

ЭП

#### Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям правилам оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2001 и нормативным документам ГУАП (guap.ru).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий

уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой