

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

Кафедра №32

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)



С.В. Солёный  
(подпись)

«24» марта 2022 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрические и гидравлические приводы мехатронных и  
робототехнических устройств»  
(Название дисциплины)

Код направления	15.03.06
Наименование направления	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Робототехника
Форма обучения	очная

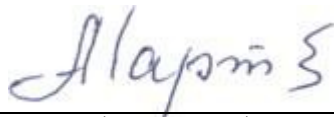
Санкт-Петербург – 2022 г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н., доцент

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

А.А. Мартынов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«21» марта 2022 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

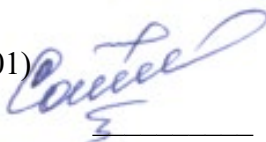
С.В. Солёный

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 15.03.06(01)

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

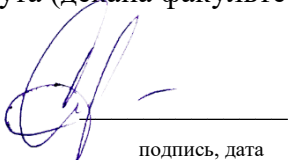
О.Я. Солёная

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

Ст. преп.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

Н.В. Решетникова

инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств» входит в базовую часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленность «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»;

обще профессиональных компетенций:

ОПК-4 «готовность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности»;

профессиональных компетенций:

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»;

ПК-12 «способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»;

ПК-13 «готовность участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний»;

ПК-16 «способность оценивать потенциальные опасности, сопровождающие испытания и эксплуатацию разрабатываемых мехатронных и робототехнических систем, и обосновывать меры по их предотвращению».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с:

-изучением устройства, принципа работы и характеристик приводов мехатронных и робототехнических систем, выполненных с использованием электрических и гидравлических носителей энергии;

-изучением основ управления исполнительных органов рабочих машин при использовании электрического и гидравлического привода;

-испытанием электрических и гидравлических приводов и анализом результатов испытаний.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современным электрическим и гидравлическим приводам мехатронных и робототехнических устройств, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности.

### 1.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»:

знать – основы предметной области – теории и практики электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств;  
 уметь – самостоятельно производить поиск и анализ новой информации по электрическим и гидравлическим приводам мехатронных и робототехнических устройств;  
 владеть навыками- поиска необходимой информации, используя современные информационные технологии;  
 иметь опыт деятельности -с компьютерными системами поиска информации.

ОПК-4 «готовность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности»:

знать – основные источники информации по тематике исследований;  
 уметь – работать с источниками информации на бумажных носителях и на электронных носителях;  
 владеть навыками – поиска необходимой информации и обработки результатов поиска;  
 иметь опыт деятельности – поиска информации средствами Интернета;

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»:

знать – основы теории электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств;  
 уметь – составлять математические модели электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств;  
 владеть навыками – использования информационных технологий при выполнении исследований электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств с использованием математических моделей;  
 иметь опыт деятельности – в разработке математических моделей электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств.

ПК-12 «способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»:

знать – основы стандартов конструкторской документации;  
 уметь –выполнить чертеж и электрическую схему блока и узла привода с использованием прикладных программ;  
 владеть навыками – работы с прикладными программами конструкторской документации;

иметь опыт деятельности – выполнения чертежей и электрических схем с использованием прикладных программ.

ПК-13 «готовность участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний»:

знать – основы техники безопасности проведения лабораторных испытаний приводов;  
 уметь – подобрать приборы и аппаратуру для лабораторных испытаний приводов;  
 владеть навыками – выполнения лабораторных испытаний приводов;  
 иметь опыт деятельности – в проведении лабораторных испытаний приводов.

ПК-16 «способность оценивать потенциальные опасности, сопровождающие испытания и эксплуатацию разрабатываемых мехатронных и робототехнических систем, и обосновывать меры по их предотвращению»:

знать – знать правила безопасности работы с электрическими и гидравлическими приводами мехатронных и робототехнических устройств;  
 уметь – оценивать возможные риски при проведении испытаний электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств;  
 владеть навыками – работы с электрическими и гидравлическими приводами мехатронных и робототехнических устройств;  
 иметь опыт деятельности – в испытаниях электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств;

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Электротехника;
- Электрические машины и аппараты;
- Метрология;
- Теория автоматического управления.

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

- Электроприводы аэрокосмических и робототехнических систем;
- Управление роботами и робототехнических систем.

## 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	3/ 108	3/ 108

<i>Из них часов практической подготовки</i>	11	11
<i>Аудиторные занятия, всего час.,</i> <i>В том числе</i>	34	34
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
<i>Самостоятельная работа, всего</i>	74	74
<b>Вид промежуточного контроля:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.  
Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Основные типы приводов, используемых в робототехнике и мехатронике.	2	2			9
Тема 1.1. Обобщенная функциональная схема привода робота и мехатронного модуля.					
Тема 1.2 Сравнительная оценка электропривода, гидропривода и пневмопривода					
Тема 1.3 Основные требования, предъявляемые к приводам роботов и робототехнических систем					
Раздел 2. ЭП, выполненные на основе асинхронного двигателя	4	4			10
Тема 2.1 Способы управления АД					

Тема 2.2 Передаточные функции АД					
Тема 2.3 Структурные схемы частотного управления АД					
Раздел 3. ЭП, выполненные на основе шаговых двигателей.	3	4			10
Тема 3.1 ЭП с шаговыми двигателями с активным и реактивным ротором.					
Тема 3.2 Способы управления ШД					
Раздел 4. ЭП, выполненные на основе вентильных двигателей. двигателей. Схемы,	3	3			15
Тема 4.1 Реверсивные и нереверсивные схемы вентильных двигателей					
Тема 4.2 Характеристики вентильных двигателей.					
Раздел 5. Гидравлические приводы и их элементы.					15
Тема 5.1 Гидравлические приводы с дроссельным управлением.	3	4			
Тема 5.2 Гидравлические приводы с объемным управлением.					
Тема 5.3 Методы коррекции динамических свойств гидропривода с помощью обратных связей					
Раздел 6. Синтез замкнутых систем приводов методом подчиненного регулирования	2				15
Тема 6.1 Основы метода подчиненного регулирования замкнутых систем приводов					
Тема 6.2. Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p}$ .					
Тема 6.3 Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$ .					
Итого в семестре:	17	17			74

Итого:	17	17		0	74
--------	----	----	--	---	----

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 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Основные типы приводов, используемых в робототехнике и мехатронике: пневмо-, гидро- электроприводы
Тема 1.1.	. Основные требования, предъявляемые к приводам роботов и робототехнических систем: по точности воспроизведения движения, по быстродействию, по массо-габаритным показателям
Тема 1.2	Обобщенная функциональная схема привода робота и мехатронного модуля
Тема 1.3	Сравнительная оценка электропривода, гидропривода и пневмопривода
Раздел 2.	ЭП, выполненные на основе асинхронного двигателя
Тема 2.1	Способы управления АД: изменением числа полюсов, воздействием на скольжение, частотное управление. Сравнительная оценка способов управления АД.
Тема 2.2	Передаточные функции АД при управлении по каналу напряжения и по каналу частоты
Тема 2.3	Структурные схемы частотного управления АД: при $U/f=\text{const}$ , при постоянстве полного потока, при постоянстве рабочего потока, при постоянстве абсолютного скольжения, частотно-токовое управление, векторное управление
Раздел 3.	ЭП, выполненные на основе шаговых двигателей
Тема 3.1	ЭП с шаговыми двигателями с активным и реактивным ротором: устройство, принцип работы, цена шага, электромагнитный момент шагового двигателя.
Тема 3.2	Способы управления ШД. Влияние способа управления на цену шага. Схемы полупроводниковых коммутаторов. Старт-стопный способ управления. Управление с форсировкой напряжения, подаваемого на обмотки шагового двигателя



Раздел 4.	ЭП, выполненные на основе вентильных двигателей.
Тема 4.1	Устройство, принцип работы реверсивных и неревверсивных вентильных двигателей.
Тема 4.2	Механические и регулировочные характеристики вентильных двигателей. Вывод передаточной функции вентильного двигателя
Раздел 5.	Гидравлические приводы и их элементы.
Тема 5.1	Основные законы гидродинамики
Тема 5.2	Гидравлические приводы с дроссельным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики. Динамическая модель
Тема 5.3	Гидравлические приводы с объемным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики. Динамическая модель
Тема 5.4	Методы коррекции динамических свойств гидропривода с помощью обратных связей
Раздел 6	Синтез замкнутых систем приводов методом подчиненного регулирования
Тема 6.1	Основы метода подчиненного регулирования замкнутых систем приводов
Тема 6.2	Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p}$ .
Тема 6.3	Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$ .
Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий

### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п / п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5					

1	Основные требования, предъявляемые к приводам роботов и робототехнических систем		1		Тема 1.3
2	Способы управления АД		2	1	Тема 2.1
3	Передаточные функции АД при управлении по каналу напряжения и по каналу частоты		1	1	Тема 2.2
4	Структурные схемы частотного управления АД: при $U/f=\text{const}$ , при постоянстве полного потока, при постоянстве рабочего потока, при постоянстве абсолютного скольжения, частотно-токовое управление, векторное управление		2	1	Тема 2.4
5	ЭП с шаговыми двигателями с активным и реактивным ротором: устройство, принцип работы, цена шага, электромагнитный момент шагового двигателя.		1	1	Тема 3.2
6	Механические и регулировочные характеристики вентильных двигателей. Вывод передаточной функции вентильного двигателя		1	1	Тема 4.2
7	Основные законы гидродинамики		1	1	Тема 5.1
8	Гидравлические приводы с дроссельным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики. Динамическая модель		2	1	Тема 5.2
9	Гидравлические приводы с объемным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики. Динамическая модель		2	1	Тема 5.3
10	Методы коррекции динамических свойств гидропривода с помощью обратных связей		1	1	Тема 5.4
11	Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p}$ .		2	1	Тема 6.2
12	Выбор передаточной функции		1	1	Тема 6.3

	регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$ .			
Всего:		17	11	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	50
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	14	14
Всего:	74	74

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-11.

### 6. Перечень основной и дополнительной литературы

#### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62.83 М29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.– СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	70
621.3(075) М29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2015. 141с.: ил.	70
621.226+621.314 М29	3. Мартынов А.А. Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Часть1. Электр. привод..СПб. ГУАП. 2019. 109 с.	5
62-83. М29	Мартынов.А.А. Основы теории и практики электомашинно-вентильных систем: учебно-методическое пособие к проведению практических занятий. / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2020. 135 с.	10

### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	4.Ахромеев Ж.П. и др. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. Кн.2.Приводы робототехнических систем. Учебное издание./ М. Издательство Высшая школа. 1986. 170с.	2
	5Косулин В.Д., Мартынов А.А. Вентильный ЭП для роботов. Учебное пособие. - М./ Издательство МАИ. 1991г.-152с.	60
	6.Мартынов А.А. Проектирование электроприводов. Учебное пособие./ГУАП. СПб. 2004г.-96с.	60
	7.Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.	20

	8. Мартынов А.А. Методические указания для проведения лабораторных работ по дисциплине «электрический привод». Электронный ресурс каф. №32	
	9. Мартынов А.А., Шукалов В.Ф. Исследование вентильного ЭП постоянного тока для роботов. Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Л./ЛИАП. 1983г.-50с.	20
	10. Мартынов А.А. Тиристорный ЭП постоянного тока. Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Л. ЛИАП. 1987г.-32с.	20

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

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

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="http://194.226.30/32/book.htm">URL:http://194.226.30/32/book.htm</a>	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL:http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL:http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

#### **8.1. Перечень программного обеспечения**

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### **8.2. Перечень информационно-справочных систем**

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	21-18
2	Специализированная лаборатория «Электрический привод»	31-01

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»	
1	Иностранный язык
1	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
1	Физическая культура
2	Безопасность жизнедеятельности
2	Иностранный язык
2	История
2	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
3	Иностранный язык
3	Культурология
3	Правоведение
3	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
3	Философия
3	Электротехника
4	Иностранный язык
4	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (технологическая)

4	Социология
4	Электроника
4	Электротехника
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
5	Экология
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электроника
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
6	Оптимальные системы
6	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
7	Автоматизация расчета и проектирования технических систем
7	Идентификация и диагностика систем
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Контроль качества технологических операций
7	Моделирование в электромеханике
7	Проектирование электроприводов
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Надежность робототехнических систем
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Производственная преддипломная практика
8	Системы с искусственным интеллектом в робототехнике
8	Теория подобия и моделирования
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Экспериментальные методы исследования

ОПК-4 «готовность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной

деятельности»	
2	Информационные технологии
2	Компьютерная графика в профессиональной сфере
3	Электротехника
4	Метрология
4	Электроника
4	Электротехника
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Теория автоматического управления
5	Экология
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электроника
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Теория автоматического управления
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
7	Основы информационной безопасности
7	Теория автоматического управления
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Управление роботами и робототехническими системами
ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»	
1	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
2	Компьютерная графика в профессиональной сфере
3	Электротехника
4	Метрология
4	Электроника
4	Электротехника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
5	Теория автоматического управления
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электроника
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
6	Оптимальные системы



6	Теория автоматического управления
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Контроль качества технологических операций
7	Математические методы исследований
7	Моделирование в электромеханике
7	Проектирование электроприводов
7	Теория автоматического управления
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Надежность робототехнических систем
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Системы с искусственным интеллектом в робототехнике
8	Теория подобия и моделирования
8	Управление роботами и робототехническими системами
ПК-12 «способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»	
4	Электроника
5	Исполнительные устройства систем управления
5	Промышленная электроника
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электрические машины и аппараты
5	Электроника
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Промышленная электроника
6	Электрические машины и аппараты
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
ПК-13 «готовность участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний»	
4	Электроника

5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электрические машины и аппараты
5	Электроника
6	Программируемые логические интегральные схемы
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Электрические машины и аппараты
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
7	Контроль качества технологических операций
8	Экспериментальные методы исследования
ПК-16 «способность оценивать потенциальные опасности, сопровождающие испытания и эксплуатацию разрабатываемых мехатронных и робототехнических систем, и обосновывать меры по их предотвращению»	
3	Электротехника
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (технологическая)
4	Электроника
4	Электротехника
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электроника
8	Надежность робототехнических систем

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«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>
$70 \leq K \leq 84$	«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> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$55 \leq K \leq 69$	«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>
$K \leq 54$	«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>

#### 10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

##### 1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

##### 2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Схема замещения АД при частотном управлении.</li> <li>2. Закон частотного управления <math>U_1/f_1 = \text{const}</math>: механические характеристики, диапазон регулирования скорости вращения.</li> <li>3. Частотный закон управления АД с постоянством полного потока: структурная схема, достоинства, недостатки.</li> <li>4. Частотный закон управления АД с постоянством рабочего потока: структурная схема, достоинства, недостатки.</li> <li>5. Частотное управление АД с постоянством абсолютного скольжения: структурная схема, достоинства, недостатки.</li> <li>6. Частотно-токовое управление АД: структурная схема, достоинства, недостатки..</li> <li>7. Векторное управление АД: векторная диаграмма, основные расчетные соотношения.</li> </ol>

8. Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
9. Асинхронный электропривод при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения обмотки статора: схема, характеристики.
10. Передаточная функция АД при управлении по каналу напряжения.
11. Выбор передаточного отношения редуктора при циклическом изменении характера нагрузки.
12. Выбор числа зубчатых колёс, модуля колёс, расчёт момента инерции редуктора.
13. Устройство, принцип работы реверсивных и неререверсивных вентильных двигателей.
14. Механические характеристики и передаточная функция вентильного двигателя.
15. Шаговый электродвигатель с активным ротором-устройство, принцип работы, способы уменьшения шага.
16. Шаговый электродвигатель с реактивным ротором-устройство, принцип работы, формула определения шага.
17. Вентильно-индукторный двигатель: устройство, принцип работы, характеристики.
18. Основные типы приводов, используемых в робототехнике и мехатронике: пневмо-, гидро- электроприводы
19. Сравнительная оценка электропривода, гидропривода и пневмопривода.
20. Основные требования, предъявляемые к приводам роботов и робототехнических систем
21. Обобщенная функциональная схема привода робота и мехатронного модуля.
22. Основные законы гидродинамики
23. Гидравлические приводы с дроссельным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики.
24. Динамическая модель гидравлического привода с дроссельным управлением
25. Гидравлические приводы с объемным управлением. Обобщенная функциональная схема. Энергетические и статические характеристики.
26. Динамическая модель гидравлического привода с объемным управлением.
27. Методы коррекции динамических свойств гидропривода с помощью обратных связей
28. Основы метода подчиненного регулирования замкнутых систем приводов.

	<p>29 Принцип подчинённого регулирования. Выбор передаточной функции регулятора при</p> $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p}$ <p>30. Выбор передаточной функции регулятора при</p> $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$
--	--

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

## 4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	<p><b>Вопрос №1</b></p> <p>Перечислите достоинства и недостатки электропривода</p> <p><b>Вопрос №2</b></p> <p>Перечислите достоинства и недостатки пневмопривода.</p> <p><b>Вопрос №3</b></p> <p>Перечислите достоинства и недостатки гидропривода</p> <p><b>Вопрос №4</b></p> <p>Перечислите основные требования, предъявляемые к приводам роботов.</p> <p><b>Вопрос №5</b> Нарисуйте регулировочную характеристику вентильного двигателя.</p> <p><b>Вопрос №6</b> Нарисуйте механическую характеристику вентильного двигателя</p> <p><b>Вопрос №7</b> Напишите формулу для расчета шага шагового двигателя с активным ротором.</p> <p><b>Вопрос №8</b> Напишите формулу для расчета шага шагового двигателя с реактивным ротором.</p> <p><b>Вопрос №9</b> Укажите для каких целей производят форсирование напряжения, подаваемого на обмотки шагового двигателя.</p> <p><b>Вопрос №10</b> Поясните для каких целей вводят старт-стопный режим управления шагового двигателя.</p> <p><b>Вопрос №11</b> Нарисуйте электрическую схему вентильно-индукторного двигателя.</p> <p><b>Вопрос №12</b> Укажите достоинства и недостатки вентильно-индукторного двигателя.</p> <p><b>Вопрос №13</b> Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определить величину приведенного к валу двигателя статического момента <math>M'_{нг}</math>:</p> $M'_{нг} = M_{нг}/i_p^2 \quad (1)$ $M'_{нг} = M_{нг}/i_p \quad (2)$ $M'_{нг} = M_{нг}i_p^2 \quad (3)$ $M'_{нг} = M_{нг}/i_p \quad (4), \text{ где } i_p \text{ – передаточное отношение}$

редуктора.

#### Вопрос №14

Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определить величину приведенного к валу двигателя момента инерции нагрузки  $J'_{нг}$

$$J'_{нг} = J_{нг} / i_p^2 \quad (1)$$

$$J'_{нг} = J_{нг} / i_p \quad (2)$$

$$J'_{нг} = J_{нг} i_p^2 \quad (3)$$

$$J'_{нг} = J_{нг} i_p \quad (4), \text{ где } i_p \text{ – передаточное отношение редуктора.}$$

**Вопрос №14** Нарисуйте обобщенную функциональную схему гидравлического привода с дроссельным управлением

**Вопрос №15.** Нарисуйте обобщенную функциональную схему гидравлического привода с с объемным управлением.

**Вопрос №16** Напишите формулу передаточной функции регулятора, если передаточная функция исходного звена имеет вид:

$$W_{исх}(p) = 1 / Tp.$$

**Вопрос №17** Напишите формулу передаточной функции регулятора, если передаточная функция исходного звена имеет вид  $W_{исх}(p) = 1 / (1 + Tp)$ .

#### Вопрос №18

Укажите для каких целей в систему привода вводят обратную связь по току.

#### Вопрос №19

Укажите для каких целей в систему привода вводят обратную связь по скорости.

#### Вопрос №20

Напишите формулу для расчета общего коэффициента усиления замкнутой по скорости системы привода.

#### Вопрос №21

Перечислите возможные способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя.

#### Вопрос №22

Нарисуйте механическую характеристику асинхронного двигателя  $\Omega=f(s)$ , где  $s$  – скольжение асинхронного двигателя.

	<p><b>Вопрос №23</b></p> <p>Укажите каким образом можно изменить направление вращения асинхронного двигателя.</p> <p><b>Вопрос №24</b></p> <p>Напишите формулу передаточной функции асинхронного двигателя при управлении по каналу напряжения.</p> <p><b>Вопрос №25</b></p> <p>Напишите формулу передаточной функции асинхронного двигателя при управлении по каналу частоты.</p> <p><b>Вопрос №26</b></p> <p>Приведите формулировку и напишите формулу основного закона частотного управления Костенко М.П.</p> <p><b>Вопрос №27</b></p> <p>Укажите недостатки частотного управления по закону <math>U_1/f_1 = \text{const}</math></p> <p><b>Вопрос №28</b></p> <p>Укажите недостатки управления скорости вращения асинхронного двигателя посредством регулирования скольжения <math>s</math>.</p> <p><b>Вопрос №29</b></p> <p>Поясните, что означает термин «диапазон регулирования скорости вращения электропривода».</p>
--	---

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/ п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	<b>Задача №1:</b>



Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите время переходного процесса  $t_{п.п.}$ , за которое скорость ЭП изменится от  $\Omega_{нач}$  до  $\Omega_{кон}$  при заданных значениях:

- момента, развиваемого электродвигателем  $M_d$ ;
- момента сопротивления нагрузки  $M_c$ ;
- момента инерции нагрузки  $J_\Sigma$ .

После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.

Таблица 1: Варианты задача №1.

Исходные данные

№ вар	$\Omega_{нач}$	$\Omega_{кон}$	$M_d$	$M_c$	$J_\Sigma$
	рад/с	рад/с	Нм	Нм	кгм <sup>2</sup>
1	50	100	150	100	2,0
2	0	50	150	100	2,0
3	0	100	150	100	1
4	0	80	100	20	1
5	20	120	200	100	2
6	20	120	200	0	10
7	50	150	150	50	4
8	20	220	100	50	1
9	0	200	150	50	3
10	30	180	250	200	1
11	10	210	170	70	2,5
12	15	115	250	100	1,5
13	25	175	120	20	4,0
14	35	85	50	10	2,4
15	40	100	110	50	8,0
16	50	70	20	10	1,5
17	60	80	30	10	5
18	70	90	40	20	2,5
19	80	100	50	40	2
20	90	110	60	40	1
21	100	130	75	60	2
22	110	130	85	65	3
23	120	150	90	75	2
24	110	150	100	60	6
25	100	160	110	90	2
26	90	160	130	60	1
27	80	170	150	105	2
28	70	170	170	120	2,5
29	60	180	180	120	2
30	50	180	190	60	1
31	40	170	200	70	2
32	30	170	210	140	2

33	20	160	220	80	3
34	10	160	230	80	2
35	0	150	240	165	3
36	0	130	230	165	1,5
37	0	110	220	110	3
38	0	100	210	160	2
39	0	90	200	110	3
40	0	80	190	150	2

$$\Delta t = \frac{J_{\Theta}(\Omega_{\text{кон}} - \Omega_{\text{нач}})}{M_{\text{д}} - M_{\text{с}}}$$

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №1

№ варианта задачи	Время переходного процесса, $t_{\text{п.п.}}$ , с			
	№ варианта ответа			
	Вар. №1	Вар. №2	Вар. №3	Вар. №4
1	2	3	4	1
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	1	2	3	4
5	1	2	3	4
6	2	3	4	5
7	2	3	4	5
8	1	3	4	5
9	1	2	4	6
10	1	2	3	4
11	3	5	7	9
12	1	3	5	7
13	4	6	7	8
14	1	2	3	4
15	2	4	6	8
16	1	2	3	4
17	4	5	6	7
18	1	1,5	2,5	3
19	2	4	5	6
20	1	2	3	4
21	1	3	4	5
22	1	2	3	4
23	1	3	4	5
24	1	2	4	6
25	4	6	7	8

26	0.5	1	1,5	2
27	1	2	3	4
28	3	4	5	6
29	1	2	3	4
30	1	2	3	4
31	2	3	4	5
32	1	2	4	6
33	2	3	4	5
34	1	2	3	5
35	2	4	6	8
36	1	2	3	5
37	3	5	7	8
38	1	3	4	5
39	2	3	5	6
40	1	2	3	4

### Задача №2

Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите время переходного процесса  $t_{п.п.}$ , за которое скорость ЭП снизится в  $N$  раз при заданных значениях:

- начального значения скорости  $\Omega_{нач}$ , рад/с;
- момента, развиваемого электродвигателем  $M_d$ , Нм;
- момента сопротивления нагрузки  $M_c$ , Нм;
- момента инерции электропривода  $J_э$ ;

$N = \Omega_{нач} / \Omega_{кон}$  – диапазон снижения скорости вращения ЭП.

После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.

$$\Delta t = \frac{J_э \Omega_{нач} (1 - N)}{(M_d - M_c) N}$$

Таблица 1: Варианты задачи №2.

#### Исходные данные

№ вар	N = = $\Omega_{нач} / \Omega_{кон}$	$\Omega_{нач}$	$M_d$	$M_c$	$J_э$
		рад/с	Нм	Нм	кгм <sup>2</sup>
1	2	300	100	150	2,0
2	3	300	100	200	2,0
3	4	400	100	250	1
4	6	300	150	250	2
5	5	250	50	100	2
6	5	350	100	200	5
7	4	400	100	150	4

8	4	200	100	200	3
9	3	300	150	250	3
10	3	400	250	350	3
11	4	300	50	150	4
12	4	100	70	170	4
13	3	150	100	200	3
14	3	250	100	300	6
15	3	350	150	250	6
16	3	400	200	300	3
17	3	400	50	250	3
18	3,5	350	50	250	4
19	4	400	100	300	2
20	4	500	50	300	4
21	5	450	50	200	5
22	5	450	50	100	5
23	5	350	50	225	5
24	5	300	100	150	3
25	5	200	100	200	3
26	6	600	150	250	3
27	6	600	100	300	3
28	6	600	100	350	3
29	6	600	50	150	5
30	6	600	50	250	5
31	6	600	150	450	6
32	6	600	150	500	7
33	7	450	50	200	7
34	7	350	100	275	7
35	7	350	100	450	7
36	7	350	20	90	7
37	7	350	40	215	7
38	6	350	50	400	6

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №2

№ варианта задачи	Время переходного процесса, $t_{п.п}$ , с			
	№ варианта ответа			
	Вар. №1	Вар. №2	Вар. №3	Вар. №4
1	6	4	2	1
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	2	4	5	6
5	2	4	6	8
6	8	10	14	16
7	20	24	26	30
8	1,5	3	4,5	3,5

9	1	2	3	4
10	2	4	6	8
11	8	9	10	12
12	1	2	3	4
13	1	2	3	4
14	4	5	6	7
15	8	10	12	14
16	4	6	8	10
17	3	4	5	6
18	2	3	4	5
19	2	3	4	6
20	3	4	5	6
21	2	12	14	16
22	10	16	26	36
23	4	6	8	10
24	8	10	18	20
25	3	4	5	6
26	16	20	26	36
27	6	7	7,5	8
28	3	4	6	8
29	15	20	22	25
30	12,5	15	16	20
31	8	10	12	14
32	7	9	10	11
33	12	14	16	18
34	12	14	15	16
35	5	6	7	8
36	3	30	35	40
37	6	8	10	12
38	3	4	5	6

### Задача №3:

Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите:

- номинальный момент двигателя постоянного тока  $M_N$ , Нм;
- ток якоря при прямом пуске двигателя постоянного тока в ход  $I_{я.п}$ , А;
- коэффициент момента двигателя постоянного тока  $k_m$ , Нм/А;
- момент двигателя при прямом пуске  $M_p$ , Нм;
- значение сопротивления  $R_{я.п}$ , включение которого в цепь обмотки якоря, обеспечит величину пускового тока равную двойному значению номинального тока якоря;
- электромеханическую постоянную времени ЭП постоянного тока  $T_m$ , с;
- электромагнитную постоянную времени ЭП постоянного тока  $T_\omega$ , с;
- время переходного процесса прямого пуска ЭП постоянного тока  $t_{п.п}$ , с.

После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.

Таблица 1: Варианты задачи №3.

№ вар	Исходные данные						
	$P_{дв N}$ Вт	$Uя$ В	$Iя$ А	$Rя$ Ом	$\Omega$ рад/с	$Jp$ кгм <sup>2</sup>	$Lя$ Гн
1	100	110	2	5,5	100	0,001	0,055
2	150	60	4	1,5	150	0,002	0,03
3	200	110	2,5	5	200	0,003	0,05
4	250	110	3	5	100	0,004	0,1
5	300	220	2	10	150	0,005	0,2
6	110	110	1,5	5	220	0,006	0,1
7	140	60	3	3	280	0,007	0,03
8	180	80	3	4	180	0,008	0,04
9	220	110	3	5	220	0,009	0,05
10	240	220	1,5	10	240	0,001	0,1
11	250	60	5	1,5	250	0,002	0,015
12	270	80	4	2	270	0,003	0,02
13	280	100	3,5	5	280	0,004	0,05
14	300	110	3,5	5	300	0,005	0,08
15	320	140	3,0	7	320	0,006	0,07
16	370	160	2,5	5	185	0,007	0,05
17	380	180	2,5	6	190	0,008	0,06
18	400	200	2,5	10	200	0,009	0,1
19	420	220	2,5	11	210	0,01	0,11
20	440	60	9,0	1	220	0,02	0,01
21	460	80	8,0	2	115	0,03	0,02
22	480	100	5,5	2	120	0,04	0,02
23	500	110	5,0	2	100	0,05	0,02
24	520	120	5,0	3	130	0,06	0,06
25	540	150	4,0	3	180	0,07	0,06
26	560	160	4,0	4	140	0,08	0,08
27	580	180	4,0	6	145	0,09	0,06
28	600	200	4,0	5	150	0,01	0,1
29	620	220	4,0	5	155	0,02	0,1
30	640	200	4,0	5	160	0,03	0,05
31	660	180	5,0	3	110	0,04	0,06
32	680	160	8,0	4	170	0,05	0,8
33	700	140	7,0	2	200	0,06	0,4
34	720	110	8,0	1,1	180	0,07	0,22

35	740	90	10	1	185	0,08	0,1
36	760	70	14	0,5	190	0,09	0,05
37	780	50	20	0,25	390	0,01	0,025
38	800	220	5	4	200	0,02	0,12
39	820	200	5,0	4	205	0,032	0,2
40	840	180	6,0	3	210	0,04	0,3
41	860	150	6,0	2,5	215	0,05	0,25
42	880	140	7,0	2,0	220	0,06	0,2
43	900	110	9,0	1,0	225	0,07	0,1
44	930	150	9,0	2,0	310	0,02	0,2
45	940	180	6,0	2,0	235	0,04	0,2

Основные расчетные соотношения для решения задачи:

$$M_N = P_N / \Omega_N; \quad I_{я.п} = U_{я.п} / R_{я}; \quad k_M = M_N / I_{я.п} = k_c; \quad M_{п} = k_M I_{я.п};$$

$$R_{я.п} = U_{я.п} / (2 I_{я.п}) - R_{я}; \quad T_M = J R_{я} / k_M^2; \quad T_{\omega} = L_{я} / R_{я}; \quad t_{п.п} = 3 T_M.$$

### Варианты ответов к задаче №3

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №3

№ вар Задачи	№ вар ответа	Параметры							
		$M_N$	$I_{я.п}$	$M_{п}$	$k_M$	$R_{я.п}$	$T_M$	$T_{\omega}$	$t_{п.п}$
		Нм	А	Нм	Нм/А	Ом	с	с	с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	20	10	0,5	22	0,022	0,01	0,066
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	1,5	12	6	0,5	20	0,021	0,03	0,046
2	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	40	10	0,25	6	0,048	0,02	0,144
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
3	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	1	22	8,8	0,4	17	0,093	0,01	0,281
	4	2	20	12	0,6	14	0,050	0,02	0,150
4	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	2,5	50	41,666	0,833	13,33	0,029	0,02	0,087

5	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	2	30	30	1,0	45	0,05	0,02	0,15
6	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	3	0,5	22	7,333	0,333	31,66	0,270	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
7	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	3,32	0,166	7,0	0,762	0,01	2,286
	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
8	1	1	20	6,66	0,333	9,333	0,288	0,01	0,865
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	22	7,326	0,333	13,33	0,406	0,01	1,21
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
10	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	1	22	14,652	0,666	63,33	0,022	0,01	0,066
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
11	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	40	8	0,2	4,5	0,075	0,01	0,225
12	1	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	40	10	0,25	8	0,096	0,01	0,288
13	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	3	1	20	5	0,25	7,5	0,32	0,01	0,96
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
14	1	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	2	1	22	5,5	0,25	8,75	0,4	0,016	1,2
	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120



15	1	1	20	6,66	0,333	3	0,378	0,01	1,134
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
16	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	2	32	25,6	0,8	27	0,054	0,01	0,162
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
17	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	2	30	24	0,8	30	0,075	0,01	0,225
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
18	1	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	2	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	3	2	20	16	0,8	30	0,140	0,01	0,42
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	2	20	16	0,8	33	0,172	0,01	0,515
	4	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
20	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	2	60	13,33	0,222	2,33	0,406	0,01	1,217
21	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	40	20	0,5	3,0	0,24	0,01	0,72
22	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	5	50	50	1,0	23	0,1	0,01	0,2
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
23	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	55	44	0,8	9	0,156	0,01	0,468
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
24	1	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	2	4	40	32	0,8	9	0,281	0,02	0,843
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66

25	1	3	50	37,5	0,75	15,75	0,373	0,02	1,119
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
26	1	4	40	40	1,0	16	0,32	0,02	0,96
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
27	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	30	30	1	16,5	0,54	0,01	1,62
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
28	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	40	40	1	20	0,05	0,02	0,15
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	55	55	1	22,5	0,1	0,02	0,3
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
30	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	40	40	1	20	0,15	0,01	0,45
31	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	6	60	72	1.2	15	0,083	0,02	0,25
32	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	40	20	0,5	6	0,8	0,2	0,24
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
33	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	3,5	70	35	0,5	8	0,48	0,2	1,44
34	1	4,0	100	50	0,5	5,775	0,308	0,2	0,924
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48

35	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4,0	90	36	0,4	3,5	0,5	0,1	1,5
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
36	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4,0	140	40	0,285	2,0	0,554	0,1	1,662
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
37	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	2,0	200	20	0,1	1,0	0,25	0,1	0,75
38	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	55	44	0,8	18	0,125	0,03	0,375
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	50	40	0,8	16	0,2	0,05	0,6
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
40	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	60	40	0,666	12	0,27	0,1	0,81
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
41	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	2	60	20	0,333	10	1,125	0,1	3,375
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
42	1	4	70	35	0,5	6,75	0,48	0,1	1,44
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
43	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	110	44	0,4	4,5	0,4375	0,1	1,312
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
44	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	75	25	0,333	6,33	0,36	0,1	1,08
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48

45	1	4	90	40	0,666	13	0,18	0,1	0,54
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков по современному приводу мехатронных и робототехнических систем, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного тока.

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2], [3], [4].

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 обучающимся 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, приходиться 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:

- Раздел 1. Основные типы приводов, используемых в робототехнике и мехатронике.
- Раздел 2. ЭП, выполненные на основе асинхронного двигателя
- Раздел 3. ЭП, выполненные на основе шаговых двигателей.
- Раздел 4. ЭП, выполненные на основе вентильных двигателей. двигателей.
- Раздел 5. Гидравлические приводы и их элементы.
- Раздел 6. Синтез замкнутых систем приводов методом подчиненного регулирования

**11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств»», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2], [3], [4], [5]. [6].**

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся 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 обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся 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.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

### **Требования к проведению практических занятий**

Содержательная часть методических указаний к практическим занятиям по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств» приведены в учебно-методическом пособии к проведению практических занятий по «Электрическим и гидравлическим приводам мехатронных и робототехнических устройств» / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2017. 191 с. (кафедральное издание, электронная версия)

При проведении практических занятий основное внимание уделяется формированию у студентов конкретных умений и навыков, что и определяет содержание деятельности студентов на практических занятиях - решение задач, освоение и уточнение методик и методов расчета электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств.

При подготовке к практическим занятиям студенты должны, используя конспекты лекций, методические указания, рекомендованную литературу по теме практического занятия, изучить методику решения задачи и подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

При решении каждой задачи студенты производят выбор стандартных элементов электрических и гидравлических приводов, параметры которых определены в процессе расчета. Для удобства студентов в учебном пособии приведены справочные данные по этим элементам.

Каждый студент должен иметь индивидуальную рабочую тетрадь, в которую заносит результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы, графики, таблицы, результаты расчетов, ответы на вопросы пунктов задания и т.п.).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

Результаты выполненного задания студенты должны оформить в «Личном кабинете» студента.

После проверки рабочей тетради преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки рабочей тетради и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

**11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2], [4].**

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).

–

#### **11.4. 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.

Текущий контроль успеваемости проводится в течение семестра с использованием тестовых вопросов (табл.17) и оценки выполнения лабораторных работ, защиты отчетов, решении задач на практических занятиях. В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при выставлении оценки по результатам промежуточной аттестации.

#### **11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.**

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

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблице 19. При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по лабораторным работам и практическим занятиям. При наличии задолженностей по лабораторным работам и практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную лабораторную работу или не решенную задачу.

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