

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

«16» 01

2026 г.

Г.Ю. Нагорная



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления приводами

Уровень образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) Электротехнические комплексы мехатронных и  
робототехнических систем

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

Срок освоения ОП \_\_\_\_\_ 4 года

Институт \_\_\_\_\_ Инженерный

Кафедра разработчик РПД \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы

Начальник  
учебно-методического управления

Семенова Л.У.

Директор института

Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой

Малсугенов Р.С.

Черкесск, 2026

## Содержание

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля .....	6
4.2.2. Лекционный курс .....	6
4.2.3. Лабораторный практикум .....	10
4.2.4. Практические занятия .....	12
4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ .....	16
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	16
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям .....	16
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям .....	17
<i>Лабораторный практикум не предусмотрен</i> .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям .....	17
5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	18
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	19
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	20
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы .....	20
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» .....	20
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение .....	21
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	22
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий .....	22
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся .....	22
8.3. Требования к специализированному оборудованию .....	22
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	23
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ .....	24
1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	25
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины .....	25
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины .....	26
4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине .....	29
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции .....	37

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение структуры, принципов функционирования алгоритмов систем управления промышленных роботов, их аппаратной и программной реализации на микропроцессорной элементной базе;
- изучение основ расчета и проектирования систем управления промышленных роботов.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- изучение основных понятий систем управления промышленных роботов;
- овладение знаниями о системах управления промышленных роботов;
- овладение методами разработки алгоритмов систем управления промышленных роботов
- формирование навыков решения задач при проектировании систем управления промышленных роботов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Системы управления приводами» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1.	Электрооборудование и электропривод	Навигация и управление перемещением

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	<b>ПК-3</b>	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем	<p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>
2.	<b>ПК-4</b>	Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем	<p><b>ПК 4.1.</b> Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств</p> <p><b>ПК 4.2.</b> Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем</p> <p><b>ПК 4.3.</b> Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем</p> <p><b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

*Очная форма обучения*

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		№ 6 часов	
1	2	3	
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	
В том числе:			
Лекции (Л)	34	34	
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<b>Внеаудиторная контактная работа</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
В том числе индивидуальные групповые консультации	2	2	
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО)** (всего)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	
<i>Работа с книжными и электронными источниками</i>	16	16	
<i>Подготовка к тестированию</i>	12	12	
<i>Подготовка к промежуточному контролю</i>	12	12	
<b>Промежуточная аттестация</b>	экзамен (Э)	<b>Э (36)</b>	<b>Э (36)</b>
	<b>в том числе:</b>		
	Прием экз., час.	0,5	0,5
	Консультация, час.	2	2
	СРО, час.	33,5	33,5
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

*Очная форма обучения*

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающегося (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	СР	все го	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	6	<b>Раздел 1. Теоретические основы управления робототехническими системами (РТС) и электроприводами</b>	22	-	-	14	36	Тестовый контроль
2.		<b>Раздел 2. Архитектура, логика и программное обеспечение сложных систем управления</b>	12	4	10	14	40	Тестовый контроль
3.		<b>Раздел 3. Практическая реализация систем управления приводами на различных платформах</b>	-	12	6	12	30	Тестовый контроль
4.		Внеаудиторная контактная работа					2	Индивидуальные и групповые консультации
5.		Промежуточная аттестация					36	Экзамен
		<b>ИТОГО:</b>	34	16	16	40	144	

### 4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов		
				5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
<b>Семестр 6</b>				<b>ОФО</b>	<b>ОЗФО</b>	<b>ЗФО</b>
1.	<b>Раздел 1. Теоретические основы управления робототехническими системами (РТС) и электроприводами</b>	Введение. Общие сведения о системах управления роботами.	Определение робототехнической системы (РТС) и ее ключевых компонентов: механика, приводы, сенсоры, контроллер. Иерархия систем управления: уровень планирования, координации, исполнения (регуляторы приводов). Классификация систем управления:	2	-	-

			позиционные, контурные, адаптивные, интеллектуальные. Постановка основных задач курса.			
2.		Математические модели манипуляторов роботов и задачи управления движением.	Кинематические модели: прямая и обратная кинематика, матрицы преобразований Денавита-Хартенберга. Динамические модели: уравнения Лагранжа-Эйлера и Ньютона-Эйлера, понятия масс-инерционных матриц, сил Кориолиса и центробежных, гравитации. Задачи управления: слежение за траекторией, стабилизация в точке, управление силой.	4	-	-
3.		Планирование траекторий движения робота в пространстве обобщенных координат.	Планирование в суставном пространстве: кубические полиномы, сплайны, трапецеидальные и S-образные (7-сегментные) законы изменения скорости. Критерии: непрерывность положения, скорости, ускорения. Минимизация времени движения и энергозатрат. Учет кинематических ограничений суставов.	2	-	-
4.		Планирование движения промышленного робота в рабочем пространстве.	Планирование в декартовом пространстве: линейные и круговые интерполяции. Обработка сингулярностей. Задача обхода препятствий.	2	-	-
5.		Динамическое управление движением робота.	Компенсация нелинейной динамики манипулятора. Алгоритмы вычисления момента (Computed Torque Control). Линеаризация обратной связью. ПД-регулятор с компенсацией динамики. Анализ робастности и устойчивости.	2	-	-
6.		Способы динамического управления в задачах сборки и механообработки.	Импедансное и адмиттансное управление. Управление силой/моментом: гибридное управление силой-положением,	2	-	-

			управление с силовой обратной связью. Применение для сборки (вставка вала в отверстие), шлифовки, полировки.			
7.		Управление по вектору положения и по вектору скорости.	Позиционное управление: каскадная структура (внешний контур положения, внутренний контур скорости/тока). Управление скоростью: регуляторы для следящих приводов. Преобразование задания из рабочего пространства в суставное. Координатное управление.	2	-	-
8.		Замкнутые системы управления электродвигателями.	Принцип обратной связи. Виды датчиков: энкодеры, резольверы, тахогенераторы, датчики Холла. Структуры замкнутых контуров: контур тока (момента), скорости, положения. Настройка ПИД-регуляторов для каждого контура. Подавление возмущений.	2	-	-
9.		Параметры и структурные схемы электроприводов.	Уравнения и передаточные функции двигателей постоянного и переменного тока. Электромеханическая постоянная времени. Приведенный момент инерции. Построение структурных схем привода с учетом упругости и люфтов. Коэффициент передачи силовой части.	2	-	-
10.		Динамика следящих электроприводов.	Требования к следящим приводам: точность, быстродействие, перерегулирование. Анализ линейных моделей. Понятия добротности по скорости и ошибки слежения. Влияние нелинейностей (трение, насыщение, зона нечувствительности). Методы компенсации: введение интегральной составляющей, подавление вибраций.	2	-	-
11.	<b>Раздел 2. Архитектура,</b>	Микропроцессорная реализация	Архитектура промышленного	4	-	-

	<b>логика и программное обеспечение сложных систем управления</b>	алгоритмов управления роботами.	контроллера робота. Выбор вычислительной платформы (ПЛК, микроконтроллер, промышленный ПК). Реализация дискретных регуляторов: методы перехода от непрерывной передаточной функции (Tustin, обратная разность). Проблемы квантования, быстродействия и точности вычислений с фиксированной запятой.			
12.		Математическое описание сложной РТС как сети конечных автоматов.	Понятие конечного автомата (автомата Мили/Мура) как модели дискретного поведения. Сети автоматов для описания параллельных процессов. Синхронизация и взаимодействие автоматов. Пример: модель рабочей ячейки с роботом, конвейером и оператором.	2	-	-
13.		Логический уровень системы управления многокомпонентной РТС.	Языки МЭК 61131-3 (ST, SFC, LD, FBD) для реализации логики. Последовательные функциональные схемы (SFC) как инструмент описания технологических циклов. Организация обмена данными между компонентами (цифровые/аналоговые сигналы, промышленные сети Fieldbus, EtherCAT, PROFINET).	2	-	-
14.		Программное обеспечение РТС.	Уровни ПО: реального времени, планировщик, пользовательский интерфейс (HMI). RTOS (Real-Time Operating Systems) и их особенности. Среды программирования и симуляции (ROS, Matlab/Simulink). Документирование и стандарты (PLCopen).	2	-	-
15.		Преобразовательные устройства электропривода.	Классификация: выпрямители, инверторы, регуляторы постоянного тока (DC-DC преобразователи). Силовые ключи (IGBT, MOSFET). Принцип	2	-	-

			широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для управления напряжением и током. Частотные преобразователи для асинхронных и синхронных двигателей.			
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>34</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 6</b>				<b>ОФО</b>
1.	<b>Раздел 2. Архитектура, логика и программное обеспечение сложных систем управления</b>	Функции. Многозадачность на таймерах (Raspberry Pi).	Реализация логики управления и параллельных процессов	2
2.		Программирование ПЛК. Реверсивный счетчик и детектор фронтов.	Конечные автоматы и логический уровень на промышленных контроллерах	2
3.	<b>Раздел 3. Практическая реализация систем управления приводами на различных платформах</b>	Управление сервоприводом с помощью библиотеки (Arduino/STM32).	Знакомство с аппаратной платформой и средой разработки. Подключение сервопривода по стандартному 3-проводному интерфейсу (питание, земля, сигнал). Использование встроенной библиотеки Servo для генерации ШИМ-сигнала с изменяемой шириной импульса. Программирование простых режимов: вращение в заданный угол, плавное перемещение по заранее заданной последовательности положений (траектории). Анализ точности позиционирования и быстродействия.	2
4.		Вывод показаний датчиков на LCD-дисплей (Arduino/STM32).	Работа с периферийными устройствами ввода-вывода. Подключение цифрового датчика (например, температуры DHT11/DHT22 или дальномера HC-SR04) и символьного LCD-дисплея по интерфейсу I2C или	2

			<p>параллельному 4-битному. Написание или использование библиотек для опроса датчика и управления дисплеем. Организация циклического обновления информации на экране в реальном времени. Форматирование выводимых данных (числа, единицы измерения).</p>	
.5.		<p>Управление униполярным/биполярным шаговым двигателем с помощью библиотеки и без нее (Arduino/STM32).</p>	<p>Изучение принципов работы шаговых двигателей. Подключение двигателя через драйвер (например, L298N, ULN2003, A4988). Управление "силой" — прямая коммутацией обмоток по заданной последовательности (полный шаг, полушаг, микрошаг) для реализации вращения без библиотек. Затем использование специализированной библиотеки (AccelStepper) для упрощенного задания целевой позиции, скорости и ускорения. Сравнение подходов по сложности реализации и функциональности. Реализация позиционного и скоростного режимов управления.</p>	2
6.		<p>Управление сервоприводом с помощью библиотеки (Raspberry Pi).</p>	<p>Особенности программирования одноплатного компьютера под управлением ОС Linux (Raspberry Pi OS). Использование библиотеки RPi.GPIO или pigpio для управления GPIO-пинами и генерации программного ШИМ. Реализация тех же задач управления углом поворота, что и на микроконтроллере. Сравнение стабильности и точности программного ШИМ на Pi с аппаратным ШИМ на Arduino/STM32.</p>	2

			Обсуждение проблем реального времени в не-RTOS среде.	
7.		Вывод показаний датчиков на LCD-дисплей (Raspberry Pi).	Подключение тех же периферийных устройств (датчик, LCD) к Raspberry Pi. Использование Python-библиотек (smbus для I2C, Adafruit_CircuitPython_DHT для датчиков). Написание Python-скрипта для периодического опроса датчика и вывода данных на дисплей. Организация вывода в основном цикле программы. Сравнение процесса разработки и производительности на Python vs C/C++ на микроконтроллере.	2
8.		Управление униполярным/биполярным шаговым двигателем с помощью библиотеки и без нее (Raspberry Pi).	Управление шаговым двигателем с Raspberry Pi. Реализация прямого управления пинами GPIO для пошагового вращения на Python. Использование Python-библиотек для шаговых двигателей (например, RPi.GPIO в сочетании с кастомным кодом). Реализация управления с ускорением и замедлением. Анализ проблем, связанных с недетерминированными задержками в ОС общего назначения, и их влияние на плавность вращения на высоких скоростях.	2
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>16</b>

#### 4.2.4. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	Всего часов		
				5	6	7
<b>Семестр 6</b>				<b>ОФО</b>	<b>ОЗФО</b>	<b>ЗФО</b>
1.	<b>Раздел 2.</b>	Проектирование	Применение теории	2	-	-

	<p><b>Архитектура, логика и программное обеспечение сложных систем управления</b></p>	<p>управляющего автомата на ПЛК.</p>	<p>конечных автоматов для решения типовой задачи автоматизации (например, управление дверью, подъемником). Разработка модели автомата (диаграмма состояний и переходов). Реализация алгоритма на языке релейно-контактных схем (LAD) или функциональных блоков (FBD) в среде программирования ПЛК. Тестирование логики на симуляторе с имитацией входных сигналов от датчиков и кнопок.</p>			
2.		<p>Разработка модуля управления шаговым двигателем.</p>	<p>Создание библиотеки функций для абстракции низкоуровневых операций. Написание на Python класса, инкапсулирующего методы инициализации, перемещения на заданный угол/шаги, установки скорости и режима микрошага. Использование библиотеки в основной программе для решения задачи позиционирования. Принцип разделения кода на драйвер устройства и прикладную логику.</p>	2	-	-
3.		<p>Построение распределенной системы ПЛК-микроконтроллер.</p>	<p>Организация иерархической системы управления. ПЛК выполняет роль координатора, формирующего технологические команды.</p>	2	-	-

			<p>Микроконтроллер (Arduino/STM32) выступает как интеллектуальный привод, выполняющий точное позиционное задание. Настройка последовательного интерфейса (UART/RS-485) и протокола обмена простыми командами и статусами. Отладка совместной работы.</p>			
4.		Гибридная система управления для сортировки.	<p>Интеграция устройств для решения комплексной задачи. ПЛК обрабатывает дискретные сигналы датчиков линии и цвета, принимает логическое решение. Одноплатный компьютер (Raspberry Pi), получив команду от ПЛК, выполняет точное аналоговое/позиционное управление исполнительным механизмом (сервопривод, пневмоцилиндр с пропорциональным клапаном). Аппаратная и программная стыковка двух разнородных систем.</p>	4	-	-
5.	<b>Раздел 3. Практическая реализация систем управления приводами на различных платформах</b>	Реализация П-регулятора на STM32 и Raspberry Pi.	<p>Практическое сравнение реализации одного алгоритма на разных платформах. Разработка дискретного пропорционального регулятора для управления мощностью нагрузки (например, яркостью светодиода).</p>	2	-	-

			Программирование на С для STM32 с фиксированной тактовой частотой цикла управления и на Python для Raspberry Pi с организацией периодических задач. Анализ влияния платформы на точность, детерминизм и сложность разработки.			
6.		Исследование динамики следящего привода.	Экспериментальное изучение характеристик привода постоянного тока с энкодером. Сбор стенда (драйвер, двигатель, датчик обратной связи, Raspberry Pi). Написание программы для снятия переходной характеристики при скачкообразном изменении управляющего сигнала. Расчет основных динамических параметров. Реализация простейшего замкнутого контура скорости и наблюдение за улучшением характеристик.	2	-	-
7.		Низкоуровневое управление шаговым двигателем.	Углубленное программирование микроконтроллера без готовых библиотек. Разработка алгоритма плавного разгона и торможения по трапецевидному или S-образному профилю скорости. Использование	2	-	-

			аппаратных таймеров и прерываний для генерации строго заданной последовательности шагов. Сравнение качества движения (плавность, вибрации, точность) при использовании алгоритма плавного пуска и без него.			
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>16</b>	-	-

#### 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов		
				5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
Семестр 6				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1.	Раздел 1. Теоретические основы управления робототехническими системами (РТС) и электроприводами	1.1.	Работа с книжными и электронными источниками	6	-	-
		1.2.	Подготовка к тестированию	4	-	-
		1.3.	Подготовка к промежуточному контролю	4	-	-
2.	Раздел 2. Архитектура, логика и программное обеспечение сложных систем управления	2.1.	Работа с книжными и электронными источниками	6	-	-
		2.2.	Подготовка к тестированию	4	-	-
		2.3.	Подготовка к промежуточному контролю	4	-	-
3.	Раздел 3. Практическая реализация систем управления приводами на различных платформах	3.1.	Работа с книжными и электронными источниками	4	-	-
		3.2.	Подготовка к тестированию	4	-	-
		3.3.	Подготовка к промежуточному контролю	4	-	-
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>40</b>	-	-

#### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы

дисциплины, с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками, имеющимися на сайте вуза и в библиотечно-издательском центре, с графиком консультаций преподавателя.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Необходимо приходить на лекцию подготовленным, ведь только в этом случае преподаватель может вести лекцию в интерактивном режиме, что способствует повышению эффективности лекционных занятий. Именно поэтому обучающимся необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, присланный лектором на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы), который будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции, воспроизвести основные определения, отметить непонятные термины и положения, подготовить вопросы с целью уточнения правильности понимания, попытаться ответить на контрольные вопросы по ключевым пунктам содержания лекции.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, необходимо обратиться к преподавателю (по графику его консультаций или на практических занятиях, или написать на адрес электронной почты).

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – рассмотрение теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме; формирование ориентировочной основы для последующего усвоения обучающимися учебного материала. В состав лекционного курса по дисциплине «Холодильное оборудование» включены: конспекты (тексты, схемы) лекций в электронном представлении; файл с раздаточным материалом; списки учебной литературы, рекомендуемой обучающимся в качестве основной и дополнительной по темам лекций.

Общий структурный каркас, применимый ко всем лекциям дисциплины, включает в себя сообщение плана лекции и строгое следование ему. В план включены наименования основных узловых вопросов лекций, которые положены в основу промежуточного контроля; связь нового материала с содержанием предыдущей лекции, определение его места и назначения в дисциплине, а также в системе с другими дисциплинами и курсами; подведение выводов по каждому вопросу и по итогам всей лекции.

## **5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям**

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, приобретение практических навыков по тому или другому разделу курса, закрепление практически полученных теоретических знаний.

В начале каждого лабораторного занятия кратко приводится теоретический материал, необходимый для решения задач по данной теме. После него предлагается решение этих задач и список заданий для самостоятельного выполнения.

Практическая работа включает в себя самоконтроль по предложенным вопросам, выполнение творческих и проверочных заданий, тестирование по теме.

Лабораторные работы сопровождают и поддерживают лекционный курс.

Количество лабораторных работ в строгом соответствии с содержанием курса. Каждая лабораторная предусматривает получение практических навыков по лекционным

темам дисциплины «Холодильное оборудование». Для обучающихся подготовлен набор индивидуальных заданий по каждой лабораторной работе. В каждой лабораторной работе обучающийся оформляет полученные результаты. Также в текущей аттестации к лабораторным занятиям предусмотрена форма контроля в виде устной защиты каждого индивидуального задания по всем темам лабораторных занятий.

При проведении промежуточной и итоговой аттестации обучающихся важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность — главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний обучающихся. Проверка, контроль и оценка

### **5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям**

Практические занятия – это активная форма учебного процесса. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Темы теоретического содержания выносятся на практические занятия, предполагают дискуссионный характер обсуждения. Большая часть тем дисциплины носит практический характер, т.е. предполагает выполнение заданий и решение задач, анализ практических ситуаций.

### **5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов		
				5	6	7
				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1	2	3	4	5	6	7
1	6	Функции. Многозадачность на таймерах (Raspberry Pi).	Работа в парах	2	-	-
2		Программирование ПЛК. Реверсивный счетчик и детектор фронтов.	Работа в парах	2	-	-
3		Управление сервоприводом с помощью библиотеки (Arduino/STM32).	Работа в парах	2	-	-
4		Вывод показаний датчиков на LCD-дисплей (Arduino/STM32).	Работа в парах	2	-	-
5		Управление униполярным/биполярным шаговым двигателем с помощью библиотеки и без нее (Arduino/STM32).	Работа в парах	2	-	-
6		Управление сервоприводом с помощью библиотеки (Raspberry Pi).	Работа в парах	2	-	-
7		Вывод показаний датчиков на LCD-дисплей (Raspberry Pi).	Работа в парах	2	-	-
8		Управление униполярным/биполярным шаговым двигателем с помощью библиотеки и без нее (Raspberry Pi).	Работа в парах	2		

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

<b>Список основной литературы</b>	
1	Савенков, А. П. Приводы роботов и мехатронных устройств : учебное пособие / А. П. Савенков, В. А. Юдаев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-2809-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/148483.html">https://www.iprbookshop.ru/148483.html</a>
2	Булгаков, А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2021. — 486 с. — ISBN 978-5-91359-013-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/142007.html">https://www.iprbookshop.ru/142007.html</a>
3	Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учебник / Схиртладзе А.Г., Федотов А.В., Хомченко В.Г.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 460 с. — ISBN 978-5-4497-3621-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/142802.html">https://www.iprbookshop.ru/142802.html</a>
4	Гладков, Э. А. Автоматизация сварочных процессов : учебник / Э. А. Гладков, В. Н. Бродягин, Р. А. Перковский. — 2-е изд. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. — 424 с. — ISBN 978-5-7038-4642-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/94728.html">https://www.iprbookshop.ru/94728.html</a>
<b>Список дополнительной литературы</b>	
1	Мещеряков, В. Н. Электрический привод. Электромеханические системы : учебное пособие для СПО / В. Н. Мещеряков. — 3-е изд. — Липецк, Саратов : Липецкий государственный технический университет, Профобразование, 2024. — 123 с. — ISBN 978-5-00175-277-6, 978-5-4488-2057-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/139732.html">https://www.iprbookshop.ru/139732.html</a>
2	Литвиненко А.М. Исполнительный привод : учебное пособие / Литвиненко А.М.. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 125 с. — ISBN 978-5-7731-0844-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/100444.html">https://www.iprbookshop.ru/100444.html</a>
3	Афанасьев, А. Ю. Электрический привод : учебное пособие / А. Ю. Афанасьев. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-9729-1446-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/133030.html">https://www.iprbookshop.ru/133030.html</a>

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам;

<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

### 7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Срок действия: с 24.12.2024 до 25.12.2025
Консультант Плюс	Договор № 272-186/С-25-01 от 30.01.2025 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

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

### **8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий**

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

- набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: проектор, экран, ноутбук;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, доска ученическая, тумба кафедра.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: переносной проектор, переносной настенный экран, ноутбук, системный блок, монитор, плоттер, МФУ;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, стол компьютерный, доска ученическая.

3. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийный оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.

Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.

Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

### **8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся**

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

### **8.3. Требования к специализированному оборудованию**

нет

## **9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Системы управления приводами

### 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-3	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем
ПК-4	Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем

### 2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)	
	ПК-3	ПК-4
Раздел 1. Теоретические основы управления робототехническими системами (РТС) и электроприводами	+	+
Раздел 2. Архитектура, логика и программное обеспечение сложных систем управления	+	+
Раздел 3. Практическая реализация систем управления приводами на различных платформах	+	+

### 3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

#### ПК 3. Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.	Схемы отсутствуют, нечитаемы или не соответствуют задаче.	Разработаны упрощенные схемы, отражающие основную идею, но с ошибками в обозначениях, без учета интерфейсов совместимости.	Схемы разработаны корректно, соответствуют стандартам. Учтены основные требования по совместимости (уровни сигналов, питание).	Разработаны детальные и точные схемы. Полностью учтены все аспекты совместимости с другими подсистемами (согласование импедансов, защита цепей, развязка). Предусмотрены элементы диагностики и тестирования.	текущий тестовый контроль	зачет
<b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.	Моделирование и проверка не проведены.	Проведено упрощенное моделирование основных узлов или поверхностная проверка на стенде. Результаты неполные.	Проведено корректное моделирование ключевых характеристик и функциональная проверка на макете/стенде. Устройство выполняет основные функции. Анализ результатов удовлетворительный.	Проведено комплексное моделирование (электрическое, тепловое, помехоустойчивость) и всесторонняя проверка на аппаратном прототипе. Результаты тщательно проанализированы, выявлены и устранены все недочеты.		

<p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>	<p>Проект ПП не выполнен или содержит критические ошибки, делающие изготовление невозможным.</p>	<p>Разработан базовый проект ПП, но с нарушениями правил трассировки (узкие дорожки, острые углы), без учета ЭМС и теплового режима.</p>	<p>ПП разработана корректно, соблюдены основные правила. Частично учтены требования ЭМС (развязка цепей) и технологичности. Проект пригоден для изготовления.</p>	<p>ПП разработана профессионально с учетом всех норм ЭМС (разделение аналоговых/цифровых цепей, экранирование), теплового расчета (тепловые отверстия, полигоны), технологических ограничений (минимальные зазоры, контроль импеданса). Проект оптимизирован для серийного производства.</p>		
--	--	--	---	--	--	--

**ПК-4 Способен производить расчеты и выбор исполнительных приводов, отдельных электронных и микропроцессорных устройств, цифровых устройств управления мехатронных систем**

Индикаторы достижения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<p><b>ПК 4.1.</b> Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств</p>	<p>Допускает существенные ошибки в определении характеристик, не понимает принципов выбора</p>	<p>Определяет характеристики с помощью преподавателя, допускает ошибки в расчетах</p>	<p>Определяет характеристики самостоятельно, но с незначительными ошибками</p>	<p>Точно определяет все требуемые характеристики, обосновывает выбор</p>	Тестовый контроль	ОФО Экзамен
<p><b>ПК 4.2.</b> Производит выбор и расчеты</p>	<p>Не способен выполнить выбор и</p>	<p>Выполняет выбор и расчеты по шаблону,</p>	<p>Выполняет выбор и расчеты верно, но не</p>	<p>Выполняет выбор и расчеты точно,</p>		

отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем	расчеты без помощи	с ошибками в применении формул	всегда обосновывает решения	обосновывает решения, предлагает альтернативы		
<b>ПК 4.3.</b> Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем	Не может выполнить моделирование, не понимает принципов работы цифровых устройств	Моделирует по готовому алгоритму с ошибками, не анализирует результаты	Моделирует корректно, но без углубленного анализа результатов	Проводит полное моделирование с анализом, оптимизацией и верификацией результатов		
<b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами	Не может провести проверку, не оценивает совместимость	Проводит проверку фрагментарно, без полного анализа совместимости	Проводит проверку и оценку совместимости, но без учета всех требований системы	Полно и корректно проверяет соответствие и совместимость, дает рекомендации по улучшению		

#### 4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

### СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

#### Кафедра МиРС

#### Вопросы к экзамену

1. Дайте определение робототехнической системе и перечислите ее основные структурные компоненты
2. Сформулируйте задачи прямой и обратной кинематики для манипулятора
3. Перечислите основные силы и моменты, учитываемые в динамической модели манипулятора по Лагранжу-Эйлера
4. Объясните различие между планированием траектории в пространстве обобщенных координат и в рабочем пространстве
5. Назовите ключевые критерии при планировании трапецеидального закона изменения скорости
6. Раскройте суть алгоритма динамического управления "Computed Torque Control"
7. Сформулируйте принцип гибридного управления силой-положением для задач сборки
8. Объясните разницу между позиционным и скоростным контуром управления в каскадной структуре
9. Опишите принцип работы системы управления с эталонной моделью (ММР)
10. Перечислите основные этапы перехода от непрерывной передаточной функции регулятора к ее дискретной реализации
11. Назовите ключевые параметры электродвигателя, влияющие на его динамические характеристики
12. Объясните принцип широтно-импульсной модуляции для управления средним значением напряжения на нагрузке
13. Дайте определение добротности следящей системы по скорости и ее влияние на точность
14. Обоснуйте критерии выбора между микроконтроллером, одноплатным компьютером и ПЛК для реализации системы управления
15. Дайте определение конечному автомату Мура и приведите его формальное описание
16. Объясните, как с помощью сети конечных автоматов можно описать параллельные процессы в РТС
17. Перечислите языки стандарта МЭК 61131-3, предназначенные для реализации логики управления
18. Опишите преимущества использования последовательных функциональных схем для программирования технологических циклов
19. Назовите основные функции операционной системы реального времени в контексте управления РТС
20. Объясните назначение и типовую структуру человеко-машинного интерфейса промышленной системы
21. Перечислите типовые уровни программного обеспечения в современной робототехнической системе

22. Сравните аппаратный и программный методы генерации ШИМ-сигнала на примере платформ Arduino и Raspberry Pi
23. Объясните алгоритм инициализации и обмена данными с символьным LCD-дисплеем по интерфейсу I2C
24. Опишите последовательности коммутации обмоток для управления биполярным шаговым двигателем в режимах полного и полушага
25. Перечислите основные причины использования драйверов микрошага для управления шаговыми двигателями
26. Объясните проблемы, связанные с детерминизмом выполнения задач при управлении приводами под ОС общего назначения (Raspberry Pi OS)
27. Опишите принцип организации кооперативной многозадачности на основе системного таймера
28. Объясните логику работы реверсивного счетчика, реализованного на языке релейно-контактных схем
29. Раскройте назначение и принцип работы функциональных блоков детектора фронтов (R\_TRIG, F\_TRIG) в ПЛК
30. Составьте алгоритм управления освещением в помещении с учетом сигналов от датчиков присутствия и освещенности
31. Спроектируйте структуру замкнутой системы управления положением звена манипулятора, начиная с датчика энкодера и заканчивая силовой частью привода
32. Обоснуйте выбор типа электропривода (серво, шаговый) для задач прецизионного позиционирования и для задач регулирования момента
33. Проанализируйте влияние неучтенного сухого трения в суставе манипулятора на работу позиционного ПИД-регулятора
34. Разработайте структурную схему системы управления для задачи силовой шлифовки, объединяющую контур положения и контур силы
35. Опишите процесс разработки ПО для типовой лабораторной установки от составления технического задания до отладки на реальном оборудовании
36. Сравните подходы к обеспечению безопасности в системе на ПЛК и в системе на основе самодельной платы с микроконтроллером
37. Составьте спецификацию на датчики и исполнительные устройства для системы "Умное окно", реализующей регулирование микроклимата
38. Проанализируйте возможность и последствия замены промышленного ПЛК на связку Raspberry Pi + контроллер ввода-вывода в задаче управления конвейерной линией
39. Объясните, как изменится проектирование системы управления при переходе от управления отдельным приводом к управлению многозвенным манипулятором
40. Раскройте роль преобразовательных устройств в обеспечении требуемых динамических характеристик следящего электропривода
41. Спрогнозируйте, как скажется увеличение коэффициента передачи в контуре тока на быстрдействие внешнего контура скорости
42. Предложите метод отладки системы, в которой шаговый двигатель теряет шаги при резком изменении нагрузки
43. Обоснуйте необходимость использования гальванической развязки между силовой частью драйвера двигателя и цепями управления микроконтроллера
44. Составьте план эксперимента по идентификации параметров модели двигателя постоянного тока (сопротивление якоря, индуктивность, электромеханическая постоянная)
45. Разработайте стратегию перезапуска и восстановления работы автоматизированной системы после сбоя питания или аварийной остановки

# **Образец экзаменационного билета для промежуточной аттестации**

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра МиРС

20\_\_ - 20\_\_ учебный год

## **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

По дисциплине «Системы управления приводами»

### **Вопросы**

1. Сформулируйте задачи прямой и обратной кинематики для манипулятора
2. Сравните подходы к обеспечению безопасности в системе на ПЛК и в системе на основе самодельной платы с микроконтроллером
3. Разработайте стратегию перезапуска и восстановления работы автоматизированной системы после сбоя питания или аварийной остановки

Зав. кафедрой МиРС

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

## Кафедра МиРС

### **Критерии оценки ответа обучающегося на экзамене по дисциплине «Системы управления приводами»**

1. Вопрос (Вопросы) для проверки уровня обученности ЗНАТЬ
2. Вопрос (Вопросы) для проверки уровня обученности УМЕТЬ
3. Вопрос (задача/задание) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ

#### **Критерии оценки:**

- «отлично» выставляется обучающемуся, если ответы на поставленные вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ, УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы.
- оценка «хорошо» ставится обучающемуся, если ответы на поставленные вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ, УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.
- оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, если допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами;
- оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, если материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.

## Кафедра МИРС

### Задания для текущего тестового контроля

1. К основным компонентам робототехнической системы (РТС) относятся
  - а) механическая конструкция, приводы, система управления
  - б) приводы, система управления, корпус
  - в) система управления, механическая конструкция, источник питания
  - г) механика, приводы, сенсоры, контроллер, интерфейс оператора
2. Прямая задача кинематики манипулятора заключается в
  - а) определении требуемых скоростей двигателей по заданной скорости схвата
  - б) вычислении положений и ориентации схвата по известным углам в суставах
  - в) вычислении обобщенных координат (углов в суставах) по заданному положению схвата
  - г) определении сил в приводах по заданному моменту на схвате
3. Динамическая модель манипулятора по Лагранжу-Эйлеру явно включает компоненты, описывающие
  - а) силы Кориолиса и центробежные силы
  - б) только гравитационные силы
  - в) упругие деформации звеньев
  - г) сухое трение в редукторах
4. Для планирования траектории в суставном пространстве с непрерывным ускорением наиболее часто применяют
  - а) линейные интерполяторы
  - б) кубические полиномы или сплайны
  - в) трапецеидальный профиль скорости
  - г) прямоугольный профиль ускорения
5. Алгоритм динамического управления "Computed Torque Control" основан на
  - а) линейной обратной связи по ошибке положения
  - б) полной компенсации нелинейных членов динамики модели и линейной стабилизации
  - в) адаптации параметров регулятора к изменению нагрузки
  - г) управлении с пропорциональной обратной связью по скорости
6. Для управления процессом вставки вала в отверстие наиболее адекватной стратегией является
  - а) позиционное управление с высоким коэффициентом усиления
  - б) гибридное управление силой-положением
  - в) управление по скорости с интегральной составляющей
  - г) релейное управление
7. В каскадной структуре управления внешним контуром обычно является контур
  - а) тока (момента)
  - б) скорости
  - в) положения
  - г) напряжения
8. Типичной причиной для применения самонастраивающейся (адаптивной) системы управления роботом является
  - а) наличие датчика обратной связи
  - б) изменение массы переносимого груза
  - в) необходимость использования ПИД-регулятора
  - г) наличие цифрового интерфейса
9. Метод Тустена (билинейного преобразования) используется для
  - а) решения обратной задачи кинематики

- б) дискретизации непрерывной передаточной функции регулятора
  - в) построения динамической модели
  - г) планирования траектории в рабочем пространстве
10. Математическим аппаратом для формального описания дискретных состояний и переходов в сложной РТС служит
- а) дифференциальные уравнения
  - б) преобразование Фурье
  - в) теория конечных автоматов
  - г) матричные преобразования
11. Язык, ориентированный на описание последовательности технологических операций в стандарте МЭК 61131-3, это
- а) ST (Structured Text)
  - б) LD (Ladder Diagram)
  - в) SFC (Sequential Function Chart)
  - г) FBD (Function Block Diagram)
12. Ключевой особенностью операционной системы реального времени (RTOS) является
- а) графический пользовательский интерфейс
  - б) детерминированное время отклика на события
  - в) возможность работы в многопользовательском режиме
  - г) поддержка виртуализации
13. Для управления яркостью светодиода или скоростью двигателя постоянного тока с помощью микроконтроллера используется метод
- а) аналоговой модуляции
  - б) широтно-импульсной модуляции (ШИМ)
  - в) частотной модуляции
  - г) амплитудной модуляции
14. Интерфейс I2C для подключения периферийных устройств (например, LCD-дисплея) использует для передачи данных линии
- а) только одной (данные)
  - б) двух (данные и такт)
  - в) четырех (данные, такт, выбор, готовность)
  - г) восьми (шина данных)
15. Для изменения направления вращения биполярного шагового двигателя необходимо
- а) изменить частоту сигналов на обмотках
  - б) поменять полярность напряжения на одной из обмоток
  - в) изменить напряжение питания
  - г) перекоммутировать обмотки с последовательного на параллельное соединение
16. Основное преимущество управления шаговым двигателем в микрошаговом режиме
- а) увеличение максимального момента
  - б) увеличение максимальной скорости
  - в) повышение плавности движения и снижение резонансных явлений
  - г) снижение энергопотребления
17. При программировании Raspberry Pi на Python для выполнения функции с заданным периодическим интервалом целесообразно использовать
- а) бесконечный цикл с `time.sleep()`
  - б) библиотеку `threading` для создания потока
  - в) планировщик задач, например, библиотеку `schedule`
  - г) только аппаратные прерывания
18. Функциональный блок ПЛК R\_TRIG предназначен для
- а) формирования импульса при фронте нарастания входного сигнала

- б) формирования импульса при фронте спада входного сигнала
  - в) подсчета количества импульсов
  - г) задания времени задержки
19. Принцип работы реверсивного счетчика на ПЛК заключается в
- а) увеличении значения при одном входном сигнале и уменьшении при другом
  - б) только увеличении значения до заданного предела
  - в) попеременном увеличении и уменьшении по одному сигналу
  - г) сравнении двух входных значений
20. В системе управления освещением по датчику присутствия логика должна обеспечивать
- а) постоянное включение света
  - б) включение света при обнаружении движения и выключение по таймеру
  - в) выключение света при обнаружении движения
  - г) плавное регулирование яркости в зависимости от времени суток
21. Тип привода, наиболее подходящий для применения в высокоскоростном конвейере с точным поддержанием скорости
- а) шаговый двигатель в разомкнутом контуре
  - б) сервопривод постоянного тока с энкодером
  - в) асинхронный двигатель с прямой подачей сетевого напряжения
  - г) сервопривод переменного тока без обратной связи
22. Основной источник нелинейности, который алгоритм "Computed Torque Control" призван компенсировать
- а) квантование сигнала датчика
  - б) запаздывание в цифровой системе
  - в) силы Кориолиса и центробежные силы в динамике манипулятора
  - г) тепловой шум в усилителях
23. Для организации обмена данными между ПЛК и частотным преобразователем в промышленной сети чаще всего применяют протокол
- а) USB
  - б) Bluetooth
  - в) PROFIBUS DP или EtherCAT
  - г) HDMI
24. При отладке системы с шаговым двигателем потеря шагов под нагрузкой может быть устранена
- а) увеличением питающего напряжения драйвера
  - б) уменьшением тока удержания
  - в) применением алгоритма плавного пуска/останова
  - г) переходом на режим полного шага вместо микрошага
25. Гальваническая развязка между силовой частью драйвера и цепями управления микроконтроллера необходима для
- а) увеличения быстродействия системы
  - б) повышения КПД привода
  - в) защиты цепей управления от помех и высоких напряжений силовой части
  - г) обеспечения обратной связи по положению
26. Коэффициент передачи в контуре тока электропривода напрямую влияет на
- а) установившуюся ошибку по положению
  - б) быстродействие внешнего контура скорости
  - в) максимальную скорость вращения двигателя
  - г) тепловые потери в обмотках
27. Параметр электродвигателя, определяющий инерционность электромеханической части и влияющий на время разгона

- а) сопротивление якоря
  - б) индуктивность якоря
  - в) постоянная противо-ЭДС
  - г) электромеханическая постоянная времени
28. При реализации цифрового ПИД-регулятора эффект "насыщения интегратора" (wind-up) проявляется в
- а) снижении быстродействия системы
  - б) возникновении больших перерегулирований после выхода из зоны насыщения
  - в) невозможности достичь заданного значения
  - г) повышенной чувствительности к шуму измерений
29. Для определения момента остановки двигателя в заданной позиции в системе с энкодером абсолютно необходима информация о
- а) текущей скорости вращения
  - б) токе в обмотках
  - в) текущем положении (угле поворота)
  - г) температуре двигателя
30. При проектировании киберфизической системы "Умное окно" управление жалюзи для регулировки освещенности наиболее рационально реализовать на основе
- а) шагового двигателя
  - б) сервопривода постоянного тока
  - в) линейного соленоида
  - г) гидравлического цилиндра
31. Дайте определение сервопривода и назовите его ключевые отличия от шагового двигателя в контексте систем управления
32. Перечислите три основных контура (уровня) в классической каскадной структуре управления положением электропривода, начиная с самого внутреннего
33. Назовите две основные проблемы, возникающие при прямом использовании данных от инкрементального энкодера после включения питания системы
34. Сформулируйте главное преимущество и главный недостаток разомкнутой системы управления шаговым двигателем
35. Перечислите не менее трех типов датчиков, которые могут использоваться в системе управления манипулятором, и укажите их назначение
36. Объясните, чем обусловлена необходимость применения драйвера (например, L298N) между выходами микроконтроллера и обмотками шагового двигателя
37. Назовите основной принцип, лежащий в основе импедансного управления роботом
38. Опишите назначение и принцип работы концевика (концевого выключателя) в системе управления линейным перемещением
39. Приведите пример ситуации, в которой логическое управление на ПЛК предпочтительнее реализации на универсальном микроконтроллере
40. Объясните, почему при управлении мощной нагрузкой (например, двигателем) от выхода микроконтроллера необходимо использовать транзисторный ключ или реле, а не подключать нагрузку напрямую

**Критерии оценки тестового контроля**  
по дисциплине «Системы управления приводами»

Оценка «отлично», если правильные ответы составляют 100 - 85%

Оценка «хорошо», если правильные ответы составляют 84 – 70 %

Оценка «удовлетворительно», если правильные ответы составляют 69 – 50 %

Оценка «неудовлетворительно», если правильные ответы составляют 49 % и менее.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тестовые задания	являются простейшей формой контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем
2.	Экзамен	служит формой проверки качества усвоения обучающимися учебного материала

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при лабораторных работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента. В отличие от производственной практики лабораторные и подобные им виды работ не предполагают отрыва от учебного процесса, представляют собой моделирование производственной ситуации и подразумевают предъявление обучающимся практических результатов индивидуальной или коллективной деятельности.

Однако, контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментальный (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум, виртуальные лабораторные работы и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит, прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся возможности активного взаимодействия с модулем, реализуя обучающий диалог с целью

выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.

Виртуальные лабораторные работы - комплекс связанных анимированных изображений, моделирующих опытную установку. Специальная система виртуальных переключателей, окон для задания параметров эксперимента и манипуляции мышью позволяют обучающемуся оперативно менять условия эксперимента и производить расчеты или строить графики. При этом обучающийся может вмешиваться в ход работы, изменять условия её проведения и параметры. Выполнение лабораторной работы заканчивается представлением отчета, который может быть проверен автоматически.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина	Системы управления приводами
Реализуемые компетенции	<b>ПК-3, ПК-4</b>
Индикаторы достижения компетенций	<p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p> <p><b>ПК 4.1.</b> Определяет требуемые характеристики исполнительных приводов, электронных и микропроцессорных устройств</p> <p><b>ПК 4.2.</b> Производит выбор и расчеты отдельных электронных и микропроцессорных устройств мехатронных систем</p> <p><b>ПК 4.3.</b> Производит расчет и моделирование цифровых устройств управления и интеллектуальных модулей мехатронных систем</p> <p><b>ПК 4.4.</b> Выполняет проверку выбранных приводов и электронных устройств на соответствие требованиям системы, Оценивает совместимость выбранных компонентов между собой и с управляющими системами</p>
Трудоемкость, з.е.	<b>144/4</b>
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	Экзамен в 6 семестре ОФО