



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	22
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (54)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	11
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	22

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «**Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем**» входит в «**Обязательная часть**» подготовки обучающихся по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-12. Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей

Дескрипторы компетенции:

ОПК-12.1. Способен осуществлять монтаж, наладку и настройку опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

ОПК-12.2. Способен осуществлять контроль монтажа и наладки, испытания качества и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-12.1. Способен осуществлять монтаж, наладку и настройку опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей. ОПК-12.2. Способен осуществлять контроль монтажа и наладки, испытания качества и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.	Знает: ИД 1 ОПК-12.1 Порядок монтажа, наладки и настройки опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-12.2 Методы контроля монтажа и наладки, испытания качества и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-12.1 Выполнять монтаж, наладку и настройку опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-12.2 Применять методы контроля монтажа и наладки, испытания качества и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки:

		ИД 5 ОПК-12.1 Монтажа, наладки и настройки опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-12.2 Контроля монтажа и наладки, испытания качества и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Управление мехатронными и робототехническими системами	Технология монтажа и пуско-наладки мехатронных и робототехнических систем
2.	Преобразование мехатронных и робототехнических систем	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД).	4	2		2	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
2	Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента.	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
3	Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (<i>Kinetix, Delta</i>) и прокладка экранированных кабелей.	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
4	Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (<i>АС</i>), разводка датчиков (индуктивные, оптические) и интерфейсных линий (<i>RS-485, Ethernet</i>).	10	2	4	4	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
5	Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (<i>Profinet, EtherCAT</i>) и блоками питания =24В.	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
6	Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя.	6	2		4	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
7	Тема 7. Наладка прикладного программного обеспечения: загрузка проектов в контроллер, настройка координатных систем (<i>World/Jogging/Tool</i>) и программирование движений.	10	2	4	4	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
8	Тема 8. Испытания и сдача системы: проведение тестовых циклов (<i>Pick &</i>	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2

	Place), оформление актов испытаний и инструктаж эксплуатирующего персонала.					ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		54				
Итого		108	16	16	22	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД) Изучение норм охраны труда при работе с электроустановками до 1000 В и на высоте. Правила использования ручного и электрифицированного инструмента (динамометрические ключи, трещотки, обжимные клещи). Чтение сборочных чертежей, схем электрических принципиальных (ЭЗ) и соединений (ЭД), спецификаций.

Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента Подготовка фундаментов и базовых поверхностей. Установка линейных направляющих и кареток с проверкой прямолинейности (использование уровней и лазерных нивелиров). Сборка шарико-винтовых передач (ШВП). Правила монтажа фланцевых двигателей и соосность валов. Применение резьбовых герметиков и фиксаторов.

Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (Kinetix, Delta) и прокладка экранированных кабелей Разделка силового кабеля двигателя (power cable) и энкодерного кабеля (feedback cable). Обжим наконечников. Подключение к клеммам сервопривода с соблюдением порядка фаз (U, V, W). Правила заземления экранов кабелей только со стороны привода для исключения токовых петель и помех.

Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (АС), разводка датчиков и интерфейсных линий (RS-485, Ethernet) Монтаж DIN-реек, источников питания =24В, блоков зажимов. Маркировка проводов принтерным способом. Подключение NPN/PNP датчиков. Использование витой пары для промышленных интерфейсов, соблюдение топологии «шина» и установки согласующих резисторов (terminators) 120 Ом.

Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (Profinet, EtherCAT) и блоками питания =24В Подключение контроллера к шине питания. Проверка напряжения под нагрузкой. Настройка IP-адресов ведомых устройств (сервоприводов, частотников) через ПО производителя. Диагностика состояния сети по светодиодам (Link/Activity) на портах коммутаторов и модулей.

Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя Подача низкого напряжения. Запуск процедуры автоматической идентификации данных двигателя (Motor Phasing/Tuning). Проверка направления счета энкодера: вращение вала по часовой стрелке должно увеличивать значение счетчика в ПЛК. Корректировка фазы или перестановка проводов датчика при ошибке.

Тема 7. Наладка прикладного программного обеспечения: загрузка проектов в контроллер, настройка координатных систем (World/Jogging/Tool) и программирование движений Работа в средах разработки (TIA Portal, Studio 5000, RoboGuide). Загрузка проекта в ПЛК. Калибровка нуля осей манипулятора (поиска домашнего положения — Homing). Определение системы координат инструмента (TCP - Tool Center Point) методом касания щупом точек в пространстве.

Тема 8. Испытания и сдача системы: проведение тестовых циклов (Pick & Place), оформление актов испытаний и инструктаж эксплуатирующего персонала Написание программы тестового прогона (обкатка). Замеры времени цикла, точности позиционирования и повторяемости. Составление акта ввода в эксплуатацию. Передача комплекта эксплуатационной документации (паспорта, электрические схемы, инструкции оператора) и обучение персонала действиям при аварийных остановках (E-stop).

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД).
ПЗ 2	Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (<i>Kinetix, Delta</i>) и прокладка экранированных кабелей.
ПЗ 5	Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (АС), разводка датчиков (индуктивные, оптические) и интерфейсных линий (<i>RS-485, Ethernet</i>).
ПЗ 6, 7	Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (<i>Profinet, EtherCAT</i>) и блоками питания =24В.
ПЗ 8	Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД).	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (<i>Kinetix, Delta</i>) и прокладка экранированных кабелей.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (АС), разводка датчиков (индуктивные, оптические) и интерфейсных линий (<i>RS-485, Ethernet</i>).	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (<i>Profinet, EtherCAT</i>) и блоками питания =24В.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Наладка прикладного программного обеспечения: загрузка проектов в контроллер, настройка координатных систем (<i>World/Jogging/Tool</i>) и программирование движений.	ПЗ	Метод кейсов	75

8	Тема 8. Испытания и сдача системы: проведение тестовых циклов (<i>Pick & Place</i>), оформление актов испытаний и инструктаж эксплуатирующего персонала.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД).	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (<i>Kinetix, Delta</i>) и прокладка экранированных кабелей.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (<i>АС</i>), разводка датчиков (индуктивные, оптические) и интерфейсных линий (<i>RS-485, Ethernet</i>).	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (<i>Profinet, EtherCAT</i>) и блоками питания =24В.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Наладка прикладного программного обеспечения: загрузка проектов в контроллер, настройка координатных систем (<i>World/Jogging/Tool</i>) и программирование движений.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Испытания и сдача системы: проведение тестовых циклов (<i>Pick & Place</i>), оформление актов испытаний и инструктаж эксплуатирующего персонала.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

- Методы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) при монтаже промышленных роботизированных ячеек.** Правила заземления экранов сигнальных кабелей энкодеров и витой пары *Profinet/EtherCAT* для исключения помех от частотных преобразователей.
- Технология монтажа прецизионных линейных направляющих и кареток.** Использование измерительного инструмента (лазерные трекеры, уровни) для проверки плоскостности и параллельности опорных поверхностей перед установкой ШВП.
- Особенности разделки и монтажа гибридных серво-кабелей.** Сравнительный анализ методов оконцевания силовых жил и линий передачи данных (*Hiperface DSL, EnDat 2.2*) в разъемах типа *RJ45* или *M23/M40*.
- Методика балансировки валов и соединительных муфт высокоскоростных шпинделей станков с ЧПУ.** Влияние дисбаланса на ресурс подшипников и точность обработки деталей.
- Монтаж и юстировка оптических систем безопасности (световые завесы, лазерные сканеры).** Расчет минимальных безопасных расстояний согласно ISO 13855 и настройка зон приглушения (*muting*) для автоматической загрузки заготовок.
- Пневмообвязка мехатронных модулей: правила прокладки трубок и трассировка пневмосхем.** Выбор диаметра трубок для минимизации времени срабатывания захватов и установка глушителей выхлопа для соблюдения норм шума.

7. **Сложность интеграции оборудования разных производителей (интеграторская задача).** Настройка обмена данными между ПЛК Siemens, приводами Rockwell/Kinetix и камерами Cognex через протокол OPC UA.

8. **Технологии вибродиагностики при пусконаладке редукторов и двигателей.** Применение портативных виброанализаторов для выявления несоосности валов и дефектов зубчатого зацепления на этапе холостого хода.

9. **Организация рабочего места и эргономика шкафов управления.** Правила размещения клеммников, кабель-каналов и источников питания =24В внутри НКУ (низковольтного комплектного устройства) для удобства обслуживания.

10. **Наладка систем технического зрения (*Machine Vision*) в составе робота-манипулятора.** Калибровка камеры, коррекция дисторсии линзы и синхронизация момента захвата изображения с сигналом триггера контроллера.

11. **Специфика монтажа коллаборативных роботов (*cobots*): проверка настроек ограничения силы и скорости.** Проведение тестов на проникновение (Power and Force Limiting — *PFL*) для подтверждения безопасности работы без защитных ограждений.

12. **Резервное копирование и управление версиями проектов автоматизации.** Создание образов карт памяти ПЛК (*Backup/Image*) и документации «As-Built» после завершения наладки объекта.

13. **Диагностика и устранение ошибок «Following Error» (ошибка следования) у сервоприводов.** Анализ причин рассогласования по положению во время движения (недостаточная жесткость рамы, ошибки настройки коэффициентов PID).

14. **Методы калибровки кинематики многоосевых антропоморфных роботов.** Определение точных значений длин звеньев и смещений осей (*Mastering/Calibration*) для повышения точности TCP (*Tool Center Point*) методами косвенного измерения.

15. **Нормативная документация при сдаче опасного производственного объекта.** Оформление актов полного технического освидетельствования подъемно-транспортного оборудования и регистрация декларации соответствия ТР ТС 010/2011.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Организация монтажных работ: техника безопасности, инструменты и чтение проектной документации (ЕСКД).	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
2	Тема 2. Монтаж механических узлов робота: выверка геометрии рамы, установка направляющих, редукторов и затяжка крепежа с контролем момента.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
3	Тема 3. Электромонтаж силовых цепей: подключение серводвигателей, драйверов (Kinetix, Delta) и прокладка экранированных кабелей.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
4	Тема 4. Электромонтаж слаботочных цепей: сборка шкафов автоматики (АС), разводка датчиков (индуктивные, оптические) и интерфейсных линий (RS-485, Ethernet).	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
5	Тема 5. Подключение систем управления: работа с ПЛК, промышленными сетями (Profinet, EtherCAT) и блоками питания =24В.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
6	Тема 6. Первичная наладка электроприводов: автонастройка контуров тока/скорости, проверка полярности энкодеров и фаз двигателя.	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
7	Тема 7. Наладка прикладного программного обеспечения: загрузка проектов в контроллер, настройка координатных систем (World/Jogging/Tool) и программирование движений.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2 ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
8	Тема 8. Испытания и сдача системы: проведение	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ОПК-12.1 ИД 2 ОПК-12.2

тестовых циклов (<i>Pick & Place</i>), оформление актов испытаний и инструктаж эксплуатирующего персонала.				ИД 3 ОПК-12.1 ИД 4 ОПК-12.2 ИД 5 ОПК-12.1 ИД 6 ОПК-12.2
--	--	--	--	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий Задачи

1. **Чтение схем и подготовка к монтажу.** По предоставленному комплекту документации (схема электрическая принципиальная ЭЗ и схема соединений Э4) составить спецификацию необходимого кабеля, маркировать провода бирками согласно ГОСТ и подготовить список инструментов для сборки шкафа управления.

2. **Монтаж DIN-рейки и клеммников.** В учебном стенде-шкафу выполнить монтаж перфорированной DIN-рейки, установить блок питания =24В, автоматические выключатели и проходные клеммы. Выполнить шлейфовое подключение питания с соблюдением цветовой маркировки проводников.

3. **Разделка серво-кабеля двигателя.** Произвести разделку силового кабеля и энкодерного кабеля серводвигателя: снятие внешней изоляции, расплетение экрана, оконцевание жил наконечниками НШВИ под клеммы привода заданного типа.

4. **Правильное заземление экранов (ЭМС).** На макете линии связи *EtherCAT* смонтировать кабель между ПЛК и приводом. Организовать заземление фольгированного экрана кабеля в шкафу так, чтобы избежать «земляных петель» (подключение только со стороны контроллера).

5. **Установка механического ограничителя хода.** На линейной оси собрать концевой датчик (индуктивный или механический). Выставить его положение так, чтобы сигнал остановки приходил за 5 мм до физического удара каретки о демпфер при скорости быстрого подвода.

6. **Подключение датчиков безопасности.** Собрать цепь кнопки аварийного останова (*E-stop*) и защитного коврика на соответствующие входы безопасного модуля ПЛК. Проверить работу цепи согласно категории безопасности В (разрыв общего провода).

7. **Пневмообвязка схвата.** Собрать пневмосхему вакуумного захвата: фильтр-регулятор-лубликатор (блок *FRL*), распределитель 3/2, вакуумный генератор и присоску. Настроить рабочее давление регулятором по манометру.

8. **Первичный пуск сервопривода («Phasing»).** Подключенный двигатель вывести в режим автонастройки. Определить порядок фаз обмоток и полярность инкрементального энкодера. При неверном направлении вращения выполнить коррекцию путем перестановки двух фаз двигателя или инвертирования сигнала А/В в настройках драйвера.

9. **Настройка коэффициентов усиления (*Autotuning*).** Запустить встроенный алгоритм автоматической настройки *PID*-регулятора скорости привода. Оценить график переходного процесса (желаемое отсутствие перерегулирования более 10%).

10. **Поиск неисправности «Земляная петля».** В работающей системе наблюдается шум на аналоговом сигнале датчика давления 0–10В. Используя мегаомметр и схему подключения, найти точку несанкционированного соединения экрана с землей механизма вместо земли шкафа.

11. **Определение координат инструмента (*TCP Calibration*).** С помощью программы 4-точечного метода (метод касания одной точки щупом с разных направлений) определить точные координаты центра фланца робота относительно системы координат базы.

12. *Синхронизация осей через промышленную сеть.* Настроить ведомый привод (*Slave*) как электронный редуктор ведущего (*Master*) по протоколу *CANopen PDO*. Проверить синхронное вращение валов при подаче импульсов задания на мастер-ось.

13. *Работа с ошибкой следования (Following Error).* Симулировать увеличение нагрузки на ось манипулятора. Зафиксировать рост ошибки рассогласования во время разгона. Увеличить пропорциональную составляющую (*Kp*) контура положения для компенсации ошибки без потери устойчивости.

14. *Создание резервной копии проекта (Backup).* Перед внесением изменений в работающий проект ПЛК Siemens создать архив проекта (*Upload from device*), включая данные HMI-панели и конфигурацию сетевых устройств, и сохранить на внешний носитель.

15. *Оформление акта ввода в эксплуатацию.* После успешного тестового цикла работы станка заполнить бланк акта выполненных пусконаладочных работ: указать фактические параметры точности позиционирования, времени цикла и перечень переданной эксплуатационной документации.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Нормативно-техническое обеспечение монтажных работ: анализ требований ГОСТ и СНИП к прокладке кабельных трасс, монтажу заземляющих устройств и организации электробезопасности в промышленных цехах.

2. Технология монтажа прецизионных механических передач: методы выверки соосности валов (лазерная центровка) при соединении серводвигателя с шарико-винтовой передачей (*ШВП*) и влияние погрешностей на точность позиционирования робота.

3. Обеспечение электромагнитной совместимости (*ЭМС*) при проектировании электрошкафов: принципы разделения силовых и сигнальных цепей, правила экранирования линий передачи данных (*Profinet, EtherCAT*) и борьба с «земляными петлями».

4. Особенности монтажа коллаборативных роботов (*cobots*): методика проведения тестов на ограничение мощности и усилия (*Power and Force Limiting — PFL*) для подтверждения безопасности работы без защитных ограждений.

5. Сравнительный анализ методов калибровки кинематики многоосевых манипуляторов: математическое описание процессов *Mastering* (выставки нулей осей) и определения центра инструмента (*TCP Calibration*).

6. Пусконаладка систем технического зрения (*Machine Vision*) в составе роботизированного комплекса: алгоритмы коррекции дисторсии линз, калибровки камеры относительно фланца робота и синхронизации триггеров захвата изображения.

7. Диагностика и устранение резонансных явлений в мехатронных системах: использование встроенных фильтров подавления вибрации в сервоприводах и настройка механического демпфирования гибких звеньев.

8. Методика наладки сложных многокоординатных систем с использованием функции электронной коробки передач (*Electronic Gearbox*) и электронного кулачка (*Electronic Cam*) по протоколам реального времени.

9. Анализ типичных ошибок при разделке и монтаже гибридных серво-кабелей: влияние неправильного подключения экрана энкодерной линии на стабильность связи привода с контроллером.

10. Организация безопасного останова (*Safe Torque Off — STO*) и контроля скорости (*Safely Limited Speed — SLS*): аппаратные схемы подключения входов безопасности приводов согласно стандарту IEC 61800-5-2.

11. Наладка пневматических подсистем мехатроники: расчет времени срабатывания пневмоцилиндров, выбор диаметра трубок и настройка дросселей для обеспечения плавности движения схвата.

12. Применение методов вибродиагностики на этапе пусконаладки: анализ спектрограмм виброскорости подшипниковых узлов редукторов для выявления дефектов сборки или несоосности на холостом ходу.

13. Интеграция оборудования различных производителей (интеграторская задача): проблемы несовместимости профилей приводов (*Drive Profiles*) Siemens и Rockwell Automation в единой сети управления ячейкой.

14. Документирование результатов пусконаладочных работ (*ПНР*): структура исполнительной документации («как построено» — *As-Built*), оформление протоколов проверки изоляции и актов ввода в эксплуатацию опасных объектов.

15. Эргономика и обслуживание шкафов автоматики: современные стандарты размещения клеммников, источников питания =24В и кабель-менеджмента для минимизации времени поиска неисправностей при эксплуатации.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Организация монтажных работ: требования техники безопасности при работе с электроустановками до 1000 В и на высоте.

2. Чтение конструкторской документации (ЕСКД): специфика чтения схем электрических принципиальных (ЭЗ) и схем соединений (Э4).

3. Технология монтажа механических узлов: правила затяжки резьбовых соединений, применение динамометрического инструмента и фиксаторов резьбы.

4. Выверка геометрии станины и направляющих: методы контроля прямолинейности и плоскостности базовых поверхностей перед установкой ШВП.

5. Монтаж шарико-винтовых передач (*ШВП*): проверка преднатяга гайки, устранение осевого зазора и защита от попадания стружки.

6. Центровка валов электродвигателя и исполнительного механизма: сравнение радиально-осевой центровки и лазерной выверки соосности.

7. Правила разделки и монтажа экранированных кабелей: организация заземления экранов для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) и борьба с «земляными петлями».

8. Подключение серводвигателей: порядок фаз обмоток (*U, V, W*) и типы датчиков обратной связи (инкрементальные, абсолютные энкодеры *Hiperface, EnDat*).

9. Монтаж шкафов управления (*HKU*): правила размещения аппаратов на DIN-рейках, укладка проводов в перфопрофиль и кабель-каналы.

10. Пневмообвязка мехатронных систем: выбор диаметра трубок, настройка блока подготовки воздуха (*FRL*) и монтаж глушителей выхлопа.

11. Установка систем промышленной безопасности: монтаж световых завес, лазерных сканеров и расчет минимального безопасного расстояния согласно ISO 13855.

12. Первичная подача питания (*First Power On*): методика безопасной подачи напряжения =24В и ~380В, проверка отсутствия коротких замыканий и правильности чередования фаз сети.

13. Процедура автонастройки сервопривода (*Autotuning/Phasing*): определение порядка фаз двигателя и полярности датчика положения программным способом.

14. Настройка контуров регулирования привода: физический смысл коэффициентов усиления *PID*-регулятора тока, скорости и положения.

15. Анализ ошибки следования (*Following Error*): причины возникновения рассогласования по положению во время движения и способы компенсации.

16. Наладка промышленных сетей передачи данных (*Fieldbus*): настройка IP-адресов устройств в сетях Profinet/EtherCAT и диагностика состояния шины по светодиодам.

17. Конфигурация системы координат робота: калибровка базы (*Base Calibration*) и определение нулевых точек осей манипулятора (*Mastering/Homing*).

18. Определение центра инструмента (*TCP - Tool Center Point Calibration*): описание четырехточечного метода настройки ориентации захвата.

19. Интеграция внешних датчиков (машинное зрение): синхронизация сигнала триггера камеры с движением робота и передача смещения через систему коррекции позиции.

20. Наладка пневматических схвата: регулировка дросселей для плавного захвата хрупких объектов и настройка вакуумных реле контроля присоса.

21. Диагностика механического резонанса: выявление резонансных частот звеньев робота и настройка режекторных фильтров (*Notch Filters*) в приводе.
22. Работа с безопасными входами приводов (*STO - Safe Torque Off*): аппаратная схема подключения контакторов безопасности и проверка функции останова выбегом.
23. Документирование пусконаладочных работ (*ПНР*): содержание исполнительной документации («как построено» — *As-Built*) и актов ввода оборудования в эксплуатацию.
24. Типовые неисправности цепей сигнализации: поиск обрывов и коротких замыканий в шлейфах NPN/PNP датчиков с помощью мультиметра и схемы распределительной коробки.
25. Эргономика обслуживания и ремонтпригодность: принципы проектирования электрошкафов для быстрого поиска неисправностей (*Hot Swap*, маркировка, доступ к компонентам).

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется процедура определения взаимного расположения осей валов двигателя и исполнительного механизма для исключения вибраций и преждевременного износа муфты? а) Калибровка энкодера; б) Центровка валов; в) Юстировка оптики; г) Балансировка ротора. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой цвет изоляции проводника, согласно международным стандартам (*IEC*) и правилам РФ, используется исключительно для защитного заземления (*PE*) в цепях переменного тока? а) Коричневый; б) Синий; в) Желто-зеленый; г) Черный. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. При монтаже экранированного кабеля промышленной сети *EtherCAT*, как правильно подключить экран со стороны сервопривода для обеспечения низкоимпедансного пути возврата токов помехи? а) Оставить экран не подключенным (*floating*); б) Подключить экран к клемме защитного заземления (*GND/Shield*) привода; в) Подключить экран к фазному проводу *L1*; г) Соединить экраны двух кабелей между собой скруткой. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный выход. Какой инструмент необходимо использовать для затяжки болтов крепления направляющих линейной оси, чтобы обеспечить равномерное усилие и избежать деформации профиля? а) Рожковый ключ; б) Трещоточный ключ без контроля усилия; в) Динамометрический ключ; г) Пневматический гайковерт ударного действия. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой системе координат производится первичная калибровка («мастеринг») нулевых положений суставов промышленного робота после подачи питания? а) *World Coordinates* (Мировая); б) *Tool Coordinates* (Инструментальная); в) *Joint Coordinates* (Суставная/Осьевая); г) *User Coordinates* (Пользовательская). **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие инструменты входят в обязательный набор монтажника КИПиА при сборке шкафа управления мехатронным комплексом? а) Обжимные клещи для наконечников (*crimping tool*); б) Молоток слесарный; в) Стриппер для снятия изоляции; г) Кувалда. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие параметры проверяются при первичной наладке пневматической системы перед подачей рабочего давления? а) Наличие утечек воздуха (с помощью мыльного раствора или течеискателя); б) Цвет фильтрующего элемента; в) Правильность направления стрелки потока на блоке подготовки воздуха (*FRL*); г) Марка металла трубопровода. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Что входит в процедуру «автонастройки» (*Autotuning*) современного серводвигателя? а) Измерение сопротивления обмоток статора; б) Определение полярности сигналов инкрементального энкодера (каналы А/В); в) Автоматический расчет коэффициентов усиления контуров регулирования; г) Загрузка обновлений операционной системы контроллера. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Согласно нормам безопасности, какие устройства должны быть установлены в цепи аварийного останова (E-Stop) роботизированной ячейки? а) Бесконтактный датчик температуры; б) Кнопка грибовидного типа с фиксацией положения; в) Контроллерное реле безопасности (Safety Relay); г) Обычный концевой выключатель двери. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие ошибки монтажа приводят к возникновению «земляных петель» (Ground Loops) и шумов в аналоговых сигналах датчиков? а) Заземление экрана кабеля датчика в двух точках (со стороны датчика и со стороны шкафа); б) Использование витой пары для передачи сигнала 4–20 мА; в) Прокладка силового кабеля ~380В вплотную и параллельно сигнальному кабелю без экрана; г) Использование проводов разного сечения. **Правильный ответ: а), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность действий при разделке стандартного сервокабеля двигателя:

1. Зачистка внешней оболочки кабеля;
2. Расплетение медной оплетки экрана и формирование «косички»;
3. Установка кабельного сальника (гермоввода);
4. Оконцевание жил гильзовыми наконечниками (НШВИ). **Правильный ответ: 1-2-3-**

4

Укажите правильную последовательность этапов ввода в эксплуатацию новой механической оси:

1. Сухой прогон (Jogging) на пониженной скорости;
2. Механическая сборка и затяжка крепежа динамометрическим ключом;
3. Автонастройка параметров привода;
4. Программирование лимитов программных конечных выключателей (Soft Limits). **Правильный ответ: 2-1-3-4**

Правильный ответ: 2-1-3-4

Укажите правильную последовательность поиска неисправности «Двигатель вращается рывками»:

1. Проверка целостности экрана энкодерного кабеля;
2. Анализ логов ошибок драйвера (например, Encoder Error или Following Error);
3. Визуальный осмотр механики на предмет заклинивания каретки;
4. Проверка качества питающего напряжения =24В. **Правильный ответ: 3-2-1-4**

Укажите правильную последовательность настройки захвата детали роботом методом обучения (Teach Pendant):

1. Переход в режим ручного управления (Jogging);
2. Сохранение точки в памяти программы;
3. Перемещение ТСП (центра инструмента) в нужную позицию над деталью;
4. Переключение режима работы в Teach Mode. **Правильный ответ: 4-1-3-2**

Укажите правильную последовательность пусконаладки промышленного протокола связи:

1. Назначение ведомых адресов (Slave ID / Node ID);
2. Физическое подключение терминаторов на концах шины;
3. Проверка прохождения телеграмм (мониторинг трафика);
4. Подача питания на узлы сети. **Правильный ответ: 2-1-4-3**

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между инструментом и его назначением:

А) Индуктивный щуп	1) Проверка наличия высокого напряжения ~380В
Б) Токовые клещи	2) Бесконтактное обнаружение металлических объектов и фазы
В) Индикаторная отвертка	3) Измерение силы тока в проводнике без разрыва цепи
Г) Мегаомметр	4) Измерение сопротивления изоляции кабелей

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1, Г – 4

Установите соответствие между типом датчика и физическим принципом обнаружения объекта:

А) Индуктивный	1) Пересечение оптического луча излучатель-приемник
Б) Емкостной	2) Изменение магнитного поля вблизи металлической цели
В) Оптический барьер	3) Изменение диэлектрической проницаемости среды
Г) Ультразвуковой	4) Отражение звуковой волны от поверхности

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1, Г – 4

Установите соответствие между ошибкой привода и её вероятной причиной:

А) Overcurrent (Перегруз по току)	1) Обрыв провода тормоза или неверная логика управления им
Б) Encoder Communication Fault	2) Механическое заедание оси или слишком высокие коэффициенты PID
В) Holding Brake Failure	3) Замыкание внутри обмоток двигателя или пробой драйвера
Г) Motor Overspeed	4) Потеря обратной связи из-за плохого контакта в разъеме энкодера

Правильный ответ: А – 3, Б – 4, В – 1, Г – 2**

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Процесс совмещения механических нулей датчиков абсолютного положения вала с электрическим нулем программного обеспечения контроллера называется **мастерпинг** (или *мастеринг*). **Правильный ответ:** мастерпинг

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Устройство, предназначенное для быстрого соединения многожильных проводов в шкафу автоматики без использования инструментов и пайки, называется **пружинный клеммник** (или *push-in terminal*). **Правильный ответ:** пружинный клеммник

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (3 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию исполнительная документация (As-Built) — это ... **Правильный ответ:** комплект рабочих чертежей и схем, в которые внесены все изменения, выполненные в процессе монтажа и наладки оборудования, отражающие фактическое («как построено») состояние систем.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию функция безопасного снятия момента (STO - Safe Torque Off) — это ... **Правильный ответ:** аппаратная функция безопасности электропривода, которая снимает питание с силовых ключей инвертора, предотвращая подачу крутящего момента на двигатель, но сохраняя питание электроники управления.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию контур положения (Position Loop) — это ... **Правильный ответ:** внешний контур системы подчиненного регулирования, который сравнивает заданную координату с текущей (от энкодера) и формирует задание для внутреннего контура скорости, обеспечивая точность остановки и перемещения.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Добриборщ, Д. Э. Основы робототехники на Lego® Mindstorms® EV3 : учебное пособие / Д. Э. Добриборщ, К. А. Артемов, С. А. Чепинский. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2026.

2. Иванов, М. С. Монтаж, наладка и эксплуатация технических средств и систем автоматического управления : учебное пособие для вузов / М. С. Иванов. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2026. — 172 с. — ISBN 978-5-507-53788-4.

7.2. Дополнительная литература

3. Ермолаев, В. В. Монтаж, программирование и пусконаладка мехатронных систем : учебник для образовательных организаций / В. В. Ермолаев. — НЭБ, 2024–2025. — (Специальность «Мехатроника и мобильная робототехника»).

4. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие для вузов / А. П. Лукинов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2025.

5. Иванов, В. К. Управление, моделирование и датчики мехатронных систем / В. К. Иванов. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 212 с. — ISBN 978-5-9729-2590-2.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»
на 10 рабочих мест
- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест
- Симулятор «FlightGear»
на 20 рабочих мест
- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест
- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.
- Пульт дистанционного управления «BETA FPV» - 13 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 3 от DJI NEO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL»
- 1 шт.
- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.
- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.
- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.
- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.
- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 3 шт.:
 1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»
 2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»
 3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»
 4. FPV камера «Caddx Ratel 2»
 5. Радиоприемник «Bayск ELRS 2.4»
 6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»
 7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»
- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:
 1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;
 2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;
 3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;
 4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;
 5. Радиоприемник «Bayск ELRS 2.4»;
 6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;
 7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»
- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):
 1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники
 2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)
 3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)
 4. Лампа настольная
 5. Вентилятор настольный
 6. Очки защитные
- Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.
- Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.
- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Программное обеспечение для обработки полётной информации):
 1. DJI FLY на 20 рабочих мест

2. DJI GO4 на 20 рабочих мест
3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT на 20 рабочих мест
- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест
- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)