



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Технология монтажа и пуско-наладки 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)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

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	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
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 «Технология монтажа и пуско-наладки мехатронных и робототехнических систем» входит в «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» 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 универсальной 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.	Физика	Монтаж и наладка 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.	14	2	2	10	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. Технология сборки механических узлов.	14	2	2	10	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. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики.	14	2	2	10	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. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи.	14	2	2	10	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 силового оборудования.	14	2	2	10	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 подача напряжения и конфигурация сети.	14	2	2	10	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. Калибровка кинематики и настройка контуров регулирования.	12	2	2	8	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. Функциональные испытания и ввод в эксплуатацию.	12	2	2	8	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
Вид промежуточной аттестации(Зачет)		+				
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Организация монтажных работ. Нормативная документация (ПОС, ППР). Требования к фундаментам под промышленные роботы. Правила техники безопасности при работе с тяжелыми грузами и на высоте.

Тема 2. Технология сборки механических узлов. Монтаж несущих конструкций и ограждений защитных зон. Установка направляющих, шарико-винтовых передач и редукторов. Контроль соосности и затяжка болтовых соединений заданным моментом.

Тема 3. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики. Установка DIN-реек, источников питания, контроллеров и частотных преобразователей. Расчет радиусов изгиба силовых кабелей, маркировка проводов и сборка клеммных рядов.

Тема 4. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи. Особенности монтажа гибких цепей (*drag chains*). Разделка экранов энкодерных кабелей (BiSS-C, EnDat), правильная организация заземления для защиты от помех.

Тема 5. Подключение силового оборудования. Подсоединение серводвигателей к инверторам. Схемы подключения электромагнитных тормозов. Монтаж шинопроводов и распределительных коробок в роботизированной ячейке.

Тема 6. Первичная подача напряжения и конфигурация сети. Проверка цепей питания под нагрузкой. Настройка IP-адресации контроллеров и приводов. Конфигурирование промышленных сетей EtherCAT / PROFINET IRT.

Тема 7. Калибровка кинематики и настройка контуров регулирования. Выполнение процедуры поиска нулевой точки (*Homing*) осей. Тюнинг ПИД-регуляторов токового, скоростного и позиционного контуров методом автонастройки или технического оптимума.

Тема 8. Функциональные испытания и ввод в эксплуатацию. Разработка программ тестовых циклов (V&V). Проверка функций безопасности (контроль дверей, Safety-rated Stop). Оформление актов приемо-сдаточных испытаний и инструкций оператора.

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.
ПЗ 2	Тема 2. Технология сборки механических узлов.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики.
ПЗ 5	Тема 4. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Подключение силового оборудования.
ПЗ 8	Тема 6. Первичная подача напряжения и конфигурация сети.

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.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Технология сборки механических узлов.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Подключение силового оборудования.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Первичная подача напряжения и конфигурация сети.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Калибровка кинематики и настройка контуров регулирования.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Функциональные испытания и ввод в эксплуатацию.	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.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Технология сборки механических узлов.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Подключение силового оборудования.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Первичная подача напряжения и конфигурация сети.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Калибровка кинематики и настройка контуров регулирования.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Функциональные испытания и ввод в эксплуатацию.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

- Технология анкерения и выверки фундаментов** под тяжелые промышленные роботы (KUKA, FANUC). Расчет эпюр напряжений в бетонном основании и методы компенсации усадки здания.
- Методы обеспечения соосности валов при монтаже многоступенчатых редукторов.** Использование лазерных систем выверки (Renishaw, Pruftechnik) и расчет тепловых расширений механических связей.
- Специфика монтажа гибких энергоцепей (*drag chains*):** правила укладки кабелей различной жесткости, коэффициенты заполнения и предотвращение критического скручивания жгута манипулятора.
- Технология разделки и экранирования высокочастотных линий обратной связи** (BiSS-C, EnDat 2.2). Влияние способа заземления оплетки на уровень синфазных помех в контурах управления.
- Организация зон безопасности роботизированной ячейки:** монтаж световых барьеров, лазерных сканеров и контактных ковриков согласно ГОСТ Р ИСО 10218-1.
- Методика калибровки абсолютных многооборотных энкодеров.** Процедура *One-Touch Homing* и программная компенсация мертвого хода (*Backlash Compensation*) в трансмиссии.
- Пуско-наладка сервоприводов с функцией «Safe Torque Off» (STO).** Проверка аппаратной логики размыкания цепей питания инвертора категориями останова 0 и 1 по IEC 60204-1.
- Настройка параметров автонастройки (*Autotuning*) современных сервоусилителей.** Анализ влияния момента инерции нагрузки (J/J-ratio) на устойчивость системы после автоматической идентификации.
- Монтаж и ввод в эксплуатацию станций автоматической смены инструмента (ATC).** Синхронизация координат захвата манипулятора и гнезда шпинделя станка с ЧПУ.
- Прокладка шинопроводов большой мощности для группового питания приводов.** Технология выполнения ответвлений («пауков») и контроль переходного сопротивления болтовых соединений.
- Диагностика резонансных частот механической конструкции на этапе пуско-наладки.** Метод ударного воздействия (*Bump Test*) и настройка режекторных фильтров (*Notch Filters*) в ПЧ.
- Интеграция технического зрения в существующие мехатронные комплексы.** Калибровка внешних камер «глаз-в-руке» (*Eye-in-Hand*) методом перемещаемого калибровочного шаблона.

13. **Разработка эксплуатационной документации (РЭ, формуляры) согласно ЕСКД.** Составление инструкций оператора по ежесменному обслуживанию (ЕО) и карт смазки узлов трения робота.

14. **Проведение верификации и валидации (V&V) роботизированной технологической операции.** Разработка карты обмера деталей (*Measurement Report*) до и после внедрения автоматизации для оценки повторяемости процесса.

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 контролируемых 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.	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. Технология сборки механических узлов.	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. Монтаж электрооборудования шкафов автоматики.	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. Прокладка и разделка линий передачи данных и обратной связи.	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 силового оборудования.	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 подача напряжения и конфигурация сети.	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. Калибровка кинематики и настройка контуров регулирования.	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. Функциональные испытания и ввод в эксплуатацию.	УО	ДИ	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
---	--	----	----	-----	--

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. **Монтаж механической оси линейного перемещения.** Дано: профильная направляющая, каретка и шарико-винтовая передача (ШВП). Задача: смонтировать узел на алюминиевый профиль, обеспечив прямолинейность хода с точностью 0,05 мм/м методом лазерной выверки или индикатора ИЧ.

2. **Затяжка анкерных болтов промышленного робота по моменту.** Дано: схема расположения фундаментных болтов M16 для основания робота KUKA/UR. Задача: используя динамометрический ключ, выполнить затяжку в правильной последовательности (крест-накрест) согласно карте моментов из паспорта изделия.

3. **Разделка кабеля абсолютного энкодера BiSS-C.** Дано: отрезок кабеля LiYCY длиной 10 метров. Задача: разделать экран кабеля «косичкой», правильно подключить сигнальные пары (Data+, Data-, Clk+, Clk-) к клеммам привода, соблюдая скрутку витой пары до самой точки подключения.

4. **Сборка силового шкафа автоматики (Е-монтаж).** Дано: пустой шкаф Rittal, DIN-рейки, автоматические выключатели, блок питания 24V DC, ПЛК Siemens S7-1200. Задача: установить оборудование с соблюдением радиусов изгиба проводов, выполнить шинную разводку фазы L1/L2/L3 и маркировать все жилы кабелей.

5. **Прокладка гибкого энергоцепи (drag chain) манипулятора.** Дано: открытая энергоцепь, кабель двигателя (силовой), кабель энкодера и пневморукав. Задача: уложить компоненты в цепь, рассчитав коэффициент заполнения (<80%), зафиксировать концы стяжками и проверить отсутствие натяжения при полном выдвижении руки робота.

6. **Настройка IP-адресации сети EtherCAT без DHCP.** Дано: мастер-контроллер Beckhoff CX и три ведомых привода AX5000. Задача: вручную задать статические IP-адреса через сервисные переключатели (DIP-switches) или ПО TwinCAT так, чтобы сеть перешла в состояние OP (Operational).

7. **Выполнение процедуры поиска нулевой точки (Homing).** Дано: сервопривод Omron/Yaskawa с ненастроенным референтным датчиком. Задача: выбрать метод *homing* (например, по лимиту + индексному импульсу энкодера) в ПО Sysmac Studio и откалибровать механический ноль манипулятора.

8. **Тонкая настройка контуров регулирования (автонастройка).** Дано: привод Delta/Sigma-7 с подключенной нагрузкой неизвестной инерции. Задача: запустить процедуру автонастройки (*Autotuning*), проанализировать график переходного процесса скорости и при необходимости скорректировать полосы пропускания фильтра подавления вибраций.

9. **Проверка цепей безопасности категории 3 (PL d).** Дано: роботизированная ячейка с кнопкой аварийного останова и световым барьером. Задача: измерить мультиметром

целостность дублированных каналов Safety PLC, имитировать срабатывание защиты и убедиться в снятии напряжения STO с инверторов.

10. **Центровка вала электродвигателя и редуктора с использованием индикаторной стойки.** Дано: мотор-редукторная пара на лапах с муфтовым соединением. Задача: провести радиальную и торцевую центровку, добившись расхождения не более 0,05 мм и перекаса не более 0,03 мм/100 мм.

11. **Программирование тестового цикла верификации (Pick & Place).** Дано: запрограммированный кобот UR. Задача: написать программу циклического перемещения захвата между двумя точками с контролем усилия (Force Mode) для проверки отсутствия механических соударений с оснасткой.

12. **Балансировка нагрузки на фланце коллаборативного робота.** Дано: захватное устройство массой 5 кг, смещенное от центра крепления. Задача: рассчитать дополнительный противовес и разместить его так, чтобы минимизировать изгибающий момент на J6 и устранить дрейф нуля датчика момента запястья.

13. **Измерение температуры нагрева силовых клемм после пуско-наладки.** Дано: работающий шкаф управления частотными преобразователями. Задача: через 2 часа работы под номинальной нагрузкой провести тепловизионный контроль всех болтовых соединений вводного автомата и шин постоянного тока (+/-).

14. **Коммутация пневматической схемы мехатронного модуля.** Дано: распределительный коллектор, цилиндр двустороннего действия, электропневматические клапаны (5/2). Задача: собрать схему согласно ISO-графике, настроить дроссели регулировки скорости выдвижения штока и проверить герметичность системы под давлением 6 бар.

15. **Оформление акта ввода оборудования в эксплуатацию.** Дано: протоколы проведенных испытаний. Задача: составить итоговый документ (Акт ПСИ), включающий перечень выполненных настроек, значения токов холостого хода двигателей, результаты калибровки датчиков и список выявленных недочетов для передачи заказчику.

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. **Технология подготовки и контроля качества фундаментов** под тяжелое промышленное оборудование. Расчет анкерных креплений, методы нивелирования виброизолирующих опор и документальное оформление скрытых работ.

2. **Методы обеспечения геометрической точности при сборке многозвенных манипуляторов.** Влияние погрешностей изготовления корпусов на итоговую кинематическую точность: компенсация ошибок через параметры ДН-матрицы.

3. **Специфика монтажа гибких энергоцепей (*drag chains*) в робототехнике.** Правила заполнения цепей, радиусы изгиба кабелей различных типов (силовые, сигнальные, пневмо) и предотвращение критического скручивания жгута.

4. **Технология разделки и экранирования высокочастотных линий обратной связи (BiSS-C, EnDat, Hyperface DSL).** Влияние способа заземления оплетки на уровень синфазных помех и целостность данных.

5. **Пуско-наладка систем безопасного останова (*Safe Torque Off* — *STO*).** Проверка аппаратной логики дублированных цепей безопасности категориями 3/PL d согласно ГОСТ Р МЭК 62061.

6. **Методика автонастройки сервоприводов с неизвестными параметрами нагрузки.** Анализ работы алгоритмов идентификации момента инерции (JJJ-estimation) и подавления механического резонанса (*Notch Filters*).

7. **Организация монтажных зон для коллаборативных роботов (*коботов*).** Особенности установки датчиков ограничения усилия, визуальной маркировки пространства и настройки скоростей совместного движения с человеком.

8. **Центровка валов электродвигателей и исполнительных механизмов.** Сравнительный анализ методов выверки: лазерные системы против индикаторных часов. Учет теплового расширения машин «под нагрузкой».

9. **Интеграция технического зрения («глаз-в-руке») в существующие производственные линии.** Калибровка внешних координат камеры, расчет матриц трансформации *Base-to-Tool* и программная компенсация вибраций конвейера.

10. **Монтаж и ввод в эксплуатацию станций автоматической смены инструмента (АТС).** Синхронизация координат захвата манипулятора, гнезда шпинделя и магазина инструментов; калибровка датчика положения оправки.

11. **Прокладка и коммутация силовых шинопроводов большой мощности.** Технология выполнения ответвлений («пауков»), контроль переходного сопротивления болтовых соединений и температурный мониторинг стыков тепловизором.

12. **Разработка эксплуатационной документации мехатронного комплекса по ЕСКД.** Составление карт ежесменного обслуживания (ЕО), регламентов планово-предупредительного ремонта (ППР) и инструкций по поиску неисправностей (*Troubleshooting Guide*).

13. **Верификация и валидация (V&V) роботизированных технологических операций.** Методы статистического управления процессами (SPC) для оценки повторяемости позиционирования после ввода оборудования в эксплуатацию.

14. **Особенности пуско-наладки пневматических и пневмогидравлических подсистем.** Настройка дросселей регулировки скорости, подбор лубрикаторов и проверка времени срабатывания распределителей в составе циклограмм.

15. **Аудит промышленной роботизированной ячейки на соответствие стандартам электробезопасности.** Проверка целостности цепей защитного заземления (РЕ), сопротивление изоляции обмоток двигателей и испытания автоматических выключателей первичным током.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Организация монтажных работ: состав проекта производства работ (ППР) и требования техники безопасности при перемещении тяжелых узлов роботов.

2. Технология подготовки фундаментов под промышленные роботы. Назначение анкерных болтов, методы нивелирования основания и контроль затяжки по моменту.

3. Методы обеспечения соосности валов при монтаже редукторов и двигателей. Использование индикаторов часового типа и лазерных систем выверки.

4. Особенности монтажа профильных направляющих и шарико-винтовых передач (ШВП). Контроль прямолинейности хода и момента холостого перемещения.

5. Правила монтажа гибких энергоцепей (*drag chains*): расчет коэффициента заполнения, радиусы изгиба кабелей и предотвращение их скручивания.

6. Технология разделки экранов сигнальных кабелей энкодеров (BiSS-C, EnDat). Способы заземления оплетки для защиты от синфазных помех.

7. Сборка силовых шкафов автоматики: установка DIN-реек, источников питания и ПЛК. Требования к радиусам изгиба проводов и маркировке жил.

8. Коммутация силовых цепей серводвигателей. Подключение термоконтактов (PTC/PT100) и электромагнитных тормозов к частотным преобразователям.

9. Прокладка шинопроводов большой мощности. Технология выполнения ответвлений и контроль переходного сопротивления болтовых соединений.

10. Первичная подача напряжения на мехатронный комплекс. Проверка фазировки сети, уровней напряжений 24V DC и 380V AC под нагрузкой.

11. Настройка промышленной сети EtherCAT / PROFINET IRT. Присвоение адресов Slave-устройствам и диагностика состояния OP (Operational).

12. Процедура поиска нулевой точки (*Homing*) осей манипулятора. Различия между *homing* по лимиту, индексному импульсу и методом калибровки крутящим моментом.

13. Тонкая настройка контуров регулирования тока, скорости и положения. Назначение полос пропускания и фильтров подавления механического резонанса (*Notch Filters*).

14. Автонастройка (*Autotuning*) сервоприводов с неизвестной инерцией нагрузки. Анализ графиков переходного процесса после идентификации параметров объекта.

15. Монтаж и настройка систем технического зрения «глаз-в-руке» (*Eye-in-Hand*). Калибровка камеры относительно фланца инструмента (*Tool Flange*).

16. Интеграция датчиков безопасности в роботизированную ячейку. Монтаж световых барьеров, лазерных сканеров и контактных ковриков.
17. Настройка функций безопасного останова (*Safe Torque Off — STO, Safe Stop 1 — SS1*). Проверка дублированных цепей управления категориями PL d/e.
18. Балансировка механической нагрузки на фланце коллаборативного робота. Влияние эксцентриситета массы на дрейф датчика момента запястья.
19. Пуско-наладка станций автоматической смены инструмента (*ATC*). Синхронизация координат захвата, магазина инструментов и шпинделя станка.
20. Настройка пневматических подсистем. Регулировка дросселей расхода воздуха, настройка реле давления и проверка времени срабатывания распределителей.
21. Тепловизионный контроль оборудования после ввода в эксплуатацию. Критерии оценки нагрева силовых клемм, автоматов и подшипниковых узлов.
22. Верификация и валидация (*V&V*) роботизированной операции. Составление тестовых программ-пробегов и карт замера повторяемости позиционирования.
23. Оформление исполнительной документации и актов ввода в эксплуатацию (*ПСИ*). Перечень протоколов, передаваемых заказчику согласно ЕСКД.
24. Разработка регламента планово-предупредительного ремонта (*ППР*) и ежесменного обслуживания (*ЕО*) мехатронного модуля.
25. Аудит электробезопасности готового изделия. Измерение сопротивления изоляции обмоток двигателей и проверка целостности цепей защитного заземления (*РЕ*).

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. **Вопрос 1.** Какое специализированное оборудование применяется для высокоточной выверки соосности валов двигателя и редуктора при монтаже мехатронного модуля? а) Строительный уровень; б) Лазерная система центровки (*Shaft Alignment Tool*); в) Рулетка металлическая; г) Набор щупов. **Правильный ответ:** б)

Вопрос 2. При разделке кабеля энкодера, передающего высокочастотный дифференциальный сигнал (*RS-485/BiSS-C*), какой элемент конструкции критически важен для защиты от электромагнитных помех? а) Цветовая маркировка изоляции жил; б) Непрерывность экрана (оплётки) до самой точки подключения; в) Длина зачистки внешней ПВХ-оболочки; г) Наличие нейлоновой стяжки внутри разъема. **Правильный ответ:** б)

Вопрос 3. В каком состоянии находится промышленная сеть *EtherCAT*, когда контроллер успешно обменивается циклическими данными со всеми ведомыми приводами в реальном времени? а) *Init*; б) *Pre-Operational*; в) *Safe-Operational*; г) *Operational*. **Правильный ответ:** г)

Вопрос 4. Какой параметр механического соединения необходимо контролировать динамометрическим ключом при затяжке анкерных болтов основания робота к фундаменту? а) Момент инерции резьбы; б) Крутящий момент затяжки; в) Угол поворота головки болта без контроля усилия; г) Температуру нагрева болта. **Правильный ответ:** б)

Вопрос 5. Какую процедуру выполняет сервопривод для определения абсолютного положения вала относительно механических ограничителей или реперной метки после подачи питания? а) Калибровку тензодатчика; б) Поиск нулевой точки (*Homing*); в) Автонастройку ПИД-регулятора; г) Тестирование изоляции обмоток. **Правильный ответ:** б)

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

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. **Вопрос 6.** Какие требования предъявляются к укладке кабелей в гибкую энергоцепь (*drag chain*) манипулятора для обеспечения долговечности? а) Заполнение цепи кабелями должно составлять не более 60–80% её внутреннего объема; б) Силовые и сигнальные кабели должны лежать в одной плоскости без разделения перегородкой; в) Радиус изгиба кабеля должен быть не меньше значения, указанного производителем кабеля; г) Кабели должны быть натянуты максимально сильно для исключения вибрации. **Правильный ответ:** а), в)

Вопрос 7. Укажите правильные действия при первичной подаче напряжения на шкаф автоматики роботизированной ячейки: а) Проверка наличия фаз и правильности чередования фаз сетевого напряжения; б) Замыкание накоротко клемм безопасного останова (STO) перемычками для ускорения теста; в) Измерение выходных напряжений блоков питания (+24V DC) под номинальной нагрузкой; г) Игнорирование заземления корпуса шкафа до завершения пуско-наладки. **Правильный ответ:** а), в)

Вопрос 8. Выберите методы настройки контуров регулирования привода, применяемые инженером при пуско-наладке: а) Метод технического оптимума (ТО) или симметричного оптимума (СО); б) Увеличение коэффициента усиления до возникновения непрерывного свиста (автоколебаний); в) Использование встроенной функции автонастройки (*Autotuning*) сервопривода; г) Отключение всех фильтров подавления вибраций (*Notch Filters*). **Правильный ответ:** а), в)

Вопрос 9. Какие элементы входят в состав цепей функциональной безопасности категории 3 / PL d согласно ГОСТ Р МЭК 62061? а) Дублированные каналы обработки сигнала кнопки аварийного останова; б) Одноканальный предохранитель в цепи питания контроллера; в) Контроллер безопасности (*Safety PLC*), осуществляющий взаимную диагностику входов; г) Обычное электромеханическое реле без принудительного управления контактами. **Правильный ответ:** а), в)

Вопрос 10. При монтаже линейных направляющих какие операции необходимы для достижения паспортной точности хода? а) Шлифовка установочных поверхностей базовой детали «по месту»; б) Затяжка крепежных винтов каретки сразу с максимальным моментом; в) Проверка прямолинейности рельса с помощью поверочной линейки и щупа; г) Смазка дорожек качения консистентной смазкой перед установкой. **Правильный ответ:** в), г)

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность действий или процессов. **Вопрос 11.** Расположите этапы монтажа механической части промышленного робота в цехе:

1. Выравнивание основания по уровню (нивелировка);
2. Установка анкеров в свежий бетон фундамента;
3. Перемещение собранной колонны робота краном на основание;
4. Фиксация и затяжка анкерных болтов с контролем момента. **Правильный ответ:** 2-

3-1-4

Вопрос 12. Установите порядок действий при выполнении процедуры *Homing* оси вращения:

1. Снятие фиксации найденного положения в памяти контроллера;
2. Плавное движение оси в направлении концевого выключателя (лимита);
3. Подтверждение срабатывания датчика и фиксация электрического нуля;
4. Задание параметров метода поиска нуля в ПО (скорость подвода, смещение).

Правильный ответ: 4-2-3-1

Вопрос 13. Расположите шаги сборки силового кабеля двигателя в правильном порядке:

1. Зачистка и оконцевание жил наконечниками НШВИ;
2. Надрез и снятие внешней защитной оболочки кабеля;
3. Сборка и закручивание кабельного сальника (гермоввода) на корпус привода;
4. Разделка плетеного экрана (если требуется схемой заземления). **Правильный**

ответ: 2-4-1-3

Вопрос 14. Установите иерархию уровней проверки системы перед запуском производства:

1. Функциональное тестирование отдельных механизмов (движение осей);
2. Комплексная проверка взаимодействия всех узлов (робот + станок + зрение);
3. Проверка электрических цепей мультиметром (прозвонка);
4. Программирование и симуляция логики работы (Off-line программирование).

Правильный ответ: 3-4-1-2

Вопрос 15. Расположите этапы подготовки места установки тяжелого оборудования:

1. Геодезическая разбивка осей на полу;
2. Приемка помещения у строителей (проверка чистоты и освещения);

3. Заливка бетонного фундамента и его выдержка (созревание);
4. Проектирование плана расположения оборудования (Layout). **Правильный ответ:** 4-1-3-2

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие между понятием и его определением/формулой. **Вопрос 16.** Установите соответствие между типом документа и его содержанием при вводе оборудования в эксплуатацию:

Документ	Содержание
А) Акт скрытых работ	1) Протокол замера сопротивления изоляции и проверки заземления
Б) Протокол электроизмерений	2) Подтверждение качества заливки фундамента или прокладки кабель-каналов в бетоне
В) Карта смазки	3) Перечень точек обслуживания с указанием типов масел и периодичности
Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3	

Вопрос 17. Установите соответствие между инструментом и измеряемым параметром при монтаже:

Инструмент	Параметр
А) Динамометрический ключ	1) Отклонение поверхности от горизонтали
Б) Уровень строительный	2) Усилие затяжки резьбового соединения
В) Индикатор часового типа	3) Биение вала или радиальное биение фланца
Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3	

Вопрос 18. Установите соответствие между методом пуска-наладки и его сутью:

Метод	Суть
А) Технический оптимум (ТО)	1) Настройка по амплитудно-фазочастотной характеристике объекта
Б) Симметричный оптимум (СО)	2) Настройка на минимальное время реакции с перерегулированием ~4,3%
В) Частотный метод (Ziegler-Nichols)	3) Настройка на максимальное подавление низкочастотных возмущений
Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1	

Вопрос 19. Установите соответствие между цветом изоляции провода (стандарт IEC) и его назначением в силовой сети 380В:

Цвет	Назначение
А) Желто-зеленый	1) Фазный проводник L1, L2 или L3
Б) Коричневый/Черный	2) Нулевой рабочий проводник (N)
В) Голубой (Синий)	3) Защитное заземление (PE)
Правильный ответ: А – 3, Б – 1, В – 2	

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

Запишите пропущенный термин. **Вопрос 20.** Процесс перемещения рабочего органа робота по заданному алгоритму для проверки отсутствия столкновений с оснасткой перед началом серийного выпуска называется тестовым _____. **Правильный ответ:** прогоном (или верификацией траектории)

Вопрос 21. Устройство, устанавливаемое на конце руки манипулятора для закрепления инструмента или захвата, обозначается аббревиатурой _____ (в кинематических схемах — Frame 6). **Правильный ответ:** фланец (Tool Flange)

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (2 вопроса)

Дайте развернутое определение. **Вопрос 22.** Опишите технологию выравнивания (центровки) несоосных валов с использованием индикаторов часового типа. Какие две

составляющие несоосности (смещения) определяются данным методом? **Правильный ответ:** технология заключается в установке стоек с индикаторами на полумуфты вращающихся валов. При проворачивании валов на 360 градусов фиксируется разница показаний. Метод позволяет определить радиальное смещение (offset) — параллельное расхождение осей, и торцевое смещение (angularity) — угол перекоса осей друг относительно друга.

Вопрос 23. Что такое «контур заземления» (*ground loop*) в системах автоматизации, почему он возникает при неправильном монтаже и каким негативным эффектом проявляется в сигнальных линиях датчиков? **Правильный ответ:** контур заземления — это замкнутая электрическая цепь, образующаяся, когда несколько устройств соединены между собой через экраны кабелей и одновременно имеют связь с землей здания в разных точках. Он возникает из-за разности потенциалов между точками заземления. Проявляется в виде низкочастотного шума (помехи 50 Гц) и гул наводки на полезном сигнале аналоговых датчиков.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Корнеев, С. С. Технология мехатронных систем : учебник для бакалавриата и магистратуры / С. С. Корнеев, В. М. Корнеева, А. Л. Галиновский. – Москва : КноРус, 2024. – 514 с. – ISBN 978-5-406-13368-2.
2. Рыжиков, С. Н. Промышленные роботы и мехатронные системы : учебное пособие для СПО / С. Н. Рыжиков. – Москва : Юрайт, 2024. – 180 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-16831-0.

7.2. Дополнительная литература

3. Игнатъев, А. А. Мехатронные системы: структура и применение : учебное пособие / А. А. Игнатъев, В. А. Добряков, С. А. Игнатъев, А. А. Казинский. – Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, 2024. – 176 с. – ISBN 978-5-7433-3607-4.
4. Феофанов, А. Н. Техническое обслуживание, ремонт и испытание мехатронных систем : учебное издание для СПО / А. Н. Феофанов, Т. Г. Гришина. – Москва : Академия, 2024. – 304 с. – (Специальности среднего профессионального образования).
5. Ермолаев, В. В. Монтаж, программирование и пусконаладка мехатронных систем : учебник для СПО / В. В. Ермолаев. – Москва : Академия, 2026. – 336 с. – (Профессии среднего профессионального образования).

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 «BETAFPV» - 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 BETAFPV 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 «Bauck 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 «Bauck 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 «**Технология монтажа и пуско-наладки 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

**Технология монтажа и пуско-наладки мехатронных и
робототехнических систем**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Николаев Юрий Николаевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)