



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Управление мехатронными и робототехническими системами

(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	6
Общее количество часов	216
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	80
– Лекционные (Л)	40
– Практические (ПЗ)	40
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	100
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	8
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	9
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	11
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	13
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	17
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	20
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	21
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	24

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Управление мехатронными и робототехническими системами» входит в «Часть, формируемую 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)):

ПК-3 Способен к разработке и реализации проектов автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов

Дескрипторы компетенции:

ПК-3.1 Способен провести анализ технологических производственных процессов с целью выделения операций и процессов, подлежащих автоматизации, механизации и роботизации;

ПК-3.2 Способен осуществлять внедрение и контроль эксплуатации средств автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов.

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)
Профстандарт: 28.003 Специалист по автоматизации механизации механосборочного производства	ПК-3.1 Способен провести анализ технологических производственных процессов с целью выделения операций и процессов, подлежащих автоматизации, механизации и роботизации; ПК-3.2 Способен осуществлять внедрение и контроль эксплуатации средств автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов.	Знает: ИД 1 ПК.3.1 PDM-систем организации: возможностей и порядка просмотра информации о технологических операциях; ЕСМ-систем организации: возможностей и порядка работы в них; методы исследования и измерения трудовых затрат и производительности оборудования; нормативно-технические и руководящие документы по нормированию технологических процессов; принципы выбора, типы и конструктивные особенности, технологические возможности средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций, 28.003 В/01.6; ИД 2 ПК.3.2 Отечественный и зарубежный опыт, методики расчета экономической эффективности эксплуатации и внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных,

		погрузочно-разгрузочных операций; правила выполнения монтажа, виды контроля и испытаний средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; методы испытаний, правила и условия выполнения работ по наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.3.1 Выявлять наиболее трудоемкие приемы при выполнении технологических, подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций; проводить непосредственные замеры времени (хронометраж, фотография рабочего времени, мультимоментные наблюдения, интервью, самоописание); использовать прикладные компьютерные программы для расчета эффективности выполнения технологических и вспомогательных операций, определения узких мест в технологических процессах; формулировать предложения по автоматизации, механизации и роботизации технологических процессов 28.003 В/01.6; ИД 4 ПК.3.2 Устанавливать исходные данные для проведения проектных и опытно-конструкторских работ, изготовления средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использовать MDM-систем организаций для выбора моделей средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций;
--	--	---

		использовать прикладные компьютерные программы для технико-экономических расчетов эффективности внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контролировать с использованием ЕСМ-системы организации правильность оформления документации при выполнении работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.3.1 Выявления наиболее трудоемких приемов при выполнении технологических, подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций; проведения непосредственных замеров времени (хронометраж, фотография рабочего времени, мультимоментные наблюдения, интервью, самоописание); использования прикладных компьютерных программ для расчета эффективности выполнения технологических и вспомогательных операций, определения узких мест в технологических процессах; подготовки предложений по автоматизации, механизации и роботизации технологических процессов 28.003 В/01.6; ИД 6 ПК.3.2 Установления исходных данных для проведения проектных и опытно-конструкторских работ,
--	--	--

		изготовления средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использования MDM-систем организаций для выбора моделей средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использования прикладных компьютерных программ для технико-экономических расчетов эффективности внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контроля правильности выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контроля с использованием ЕСМ-систем организации правильности оформления документации при выполнении работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6.
--	--	--

**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.	Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем	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				
		Всего	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Математическое описание динамических объектов.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Качество переходных процессов.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Цифровые системы управления.	26	6	6	14	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Управление движением манипуляционных роботов.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
8	Тема 8. Адаптивное и интеллектуальное управление.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		216	40	40	100	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами. Классификация систем (линейные, нелинейные, непрерывные, дискретные). Принципы обратной связи и основные структуры регуляторов.

Тема 2. Математическое описание динамических объектов. Дифференциальные уравнения, передаточные функции $W(s)$ и структурные схемы. Переход к пространству состояний для многомерных роботов.

Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем. Алгебраический критерий Гурвица, частотный критерий Найквиста и логарифмические амплитудно-фазовые характеристики (ЛАЧХ/ЛФЧХ).

Тема 4. Качество переходных процессов. Прямые показатели качества: время нарастания, перерегулирование, время установления. Косвенные оценки по расположению корней характеристического уравнения на комплексной плоскости.

Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования. Метод стандартных настроек (на технический и симметричный оптимум). Расчет параметров ПИ- и ПИД-регуляторов контуров тока и скорости электропривода.

Тема 6. Цифровые системы управления. Уравнение разностной аппроксимации. Z-преобразование и синтез цифровых алгоритмов управления с учетом периода квантования контроллера STM32.

Тема 7. Управление движением манипуляционных роботов. Прямая и обратная задачи кинематики. Траекторное планирование в пространстве обобщенных координат и управление в декартовых координатах.

Тема 8. Адаптивное и интеллектуальное управление. Идентификация параметров нагрузки в реальном времени. Применение нечеткой логики (*Fuzzy Logic*) и нейросетевых предикторов для компенсации упругих деформаций звеньев.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами.
ПЗ 2	Тема 2. Математическое описание динамических объектов.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем.
ПЗ 5	Тема 4. Качество переходных процессов.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования.
ПЗ 8	Тема 6. Цифровые системы управления.

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. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Математическое описание динамических объектов.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Качество переходных процессов.	ПЗ	Мозговой штурм	25

5	Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Цифровые системы управления.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Управление движением манипуляционных роботов.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Адаптивное и интеллектуальное управление.	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. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Математическое описание динамических объектов.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Качество переходных процессов.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Цифровые системы управления.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Управление движением манипуляционных роботов.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Адаптивное и интеллектуальное управление.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. **Синтез модального управления** для развязки каналов многозвенного манипулятора: размещение желаемых полюсов замкнутой системы на комплексной плоскости.
2. **Применение наблюдателей состояния (Luenberger, фильтр Калмана)** для оценки неизмеряемых координат (скорости) вала двигателя при использовании инкрементальных энкодеров низкой разрядности.
3. **Адаптивное управление электроприводом с переменным моментом инерции:** алгоритмы подстройки коэффициентов ПИД-регулятора при изменении полезной нагрузки в схвате робота.
4. **Управление по возмущению (метод внутренней модели — Internal Model Principle):** компенсация периодического момента сопротивления от сил резания в станках с ЧПУ и роботизированных ячейках обработки.
5. **Оптимальное по быстродействию управление («банг-банг» или релейное):** синтез переключающих линий для перевода оси вращения робота из точки А в точку Б за минимальное время с учетом ограничения по току.
6. **Робастное Н-бесконечность (H -infinity) управление:** обеспечение устойчивости мехатронного модуля при разбросе параметров редуктора до $\pm 30\%$ от номинала.
7. **Синхронизация движения нескольких приводов:** метод перекрестных связей (*Cross-coupling control*) для контурной обработки сложных профилей скоординированными осями X-Y.
8. **Управление жесткостью и импедансом (*Impedance Control*):** реализация виртуальной пружины-демпфера для безопасного физического взаимодействия коллаборативного робота с человеком.
9. **Нейросетевая идентификация динамики нелинейных объектов:** обучение прямого и обратного нейромоделей исполнительного механизма для применения схемы «сэндвич-компенсатора».
10. **Децентрализованное управление группой мобильных роботов:** алгоритм консенсуса (*Consensus Algorithm*) для достижения единого вектора скорости стаи дронов без явного лидера.
11. **Управление неголономными системами:** кинематический и динамический анализ платформы типа «дифференциальный привод», алгоритм стабилизации следа вдоль заданной криволинейной траектории.

12. **Цифровая фильтрация шумов квантования датчиков обратной связи:** влияние периода дискретизации $T_s T_{sTs}$ на устойчивость цифрового контура регулирования и алиасинг высокочастотных вибраций конструкции.

13. **Энергосберегающее управление сервоприводами:** алгоритм планирования траекторий во времени (*Time-optimal path parameterization, TOPP*) с минимизацией интеграла квадрата ускорения ($L_2 L^2 L_2$ -норма).

14. **Компенсация упругих деформаций и люфтов механических передач:** построение математической модели двухмассовой системы и синтез активного демпфирования колебаний валопровода волнового редуктора.

15. **Программная реализация каскадных систем управления на микроконтроллерах STM32:** распределение тактов процессора между быстрым внутренним контуром тока (ШИМ ~ 20 кГц) и медленным внешним контуром положения (~ 1 кГц).

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. Введение в теорию автоматического управления мехатронными системами.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Математическое описание динамических объектов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Анализ устойчивости линейных систем.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Качество переходных процессов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Синтез линейных систем подчиненного регулирования.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Цифровые системы управления.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Управление движением манипуляционных роботов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2

8	Тема 8. Адаптивное и интеллектуальное управление.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
---	---	----	----	-----	--

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. **Построение структурной схемы и получение передаточной функции.** Для заданной эквивалентной электрической схемы якоря двигателя постоянного тока (с учетом противо-ЭДС) составить систему дифференциальных уравнений, вывести $W(s)W(s)W(s)$ по управляющему напряжению.

2. **Исследование устойчивости на корневом годографе.** В MATLAB построить корневой годограф системы позиционирования при варьировании коэффициента усиления П-регулятора. Определить критическое значение $K_{кр}K_{\{кр\}}K_{кр}$, при котором система выходит на границу колебательной устойчивости.

3. **Синтез ПИД-регулятора методом стандартных настроек.** Рассчитать параметры регулятора контура скорости сервопривода для обеспечения настройки на технический оптимум (*Schnitt*), если известна малая некомпенсируемая постоянная времени привода $T_{\mu}T_{\{mu\}}T_{\mu}$.

4. **Цифровая реализация разностного уравнения.** Написать код на C++/Python для реализации дискретного ПИ-регулятора с анти-проработкой интегратора (*anti-windup*) для микроконтроллера STM32, учитывая фиксированную точку (*Fixed-point arithmetic*).

5. **Настройка компенсатора в частотной области.** По заданной ЛАЧХ нескорректированной разомкнутой системы синтезировать последовательное корректирующее звено (фазопережающее или фазопаздывающее) для обеспечения запасов устойчивости по амплитуде не менее 6 дБ.

6. **Моделирование наблюдателя состояния (Луенбергера).** В Simulink собрать модель электропривода без датчика скорости. Спроектировать наблюдатель для оценки угловой скорости вала по измеряемому току и напряжению, оценить ошибку наблюдения при наличии шума измерения.

7. **Траекторное планирование движения манипулятора.** Сгенерировать полиномиальную траекторию 5-й степени (*quintic spline*) для перемещения схвата робота из начальной точки в конечную за время ТТТ с нулевыми начальными и конечными скоростями и ускорениями.

8. **Решение обратной задачи кинематики аналитическим методом.** Для плоского антропоморфного манипулятора 2R вычислить углы в суставах θ_1, θ_2 для достижения целевой точки (x, y) , используя геометрический подход и формулы тригонометрии.

9. **Импедансное управление виртуальной средой.** Реализовать алгоритм управления силой захвата: расчет управляющего момента на двигателе пальца адаптивного схвата исходя из

разницы между желаемой и текущей деформацией виртуальной пружины ($F = -k\Delta x - d\Delta v$).

10. **Анализ нелинейностей типа «насыщение» и «люфт».** Исследование влияния ограничения выходного напряжения усилителя мощности на качество переходного процесса (возникновение автоколебаний или увеличение перерегулирования) в среде моделирования.

11. **Синхронизация двух приводов портального робота.** Настройка перекрестных связей (*Cross-coupling control*) в Simulink для минимизации ошибки рассогласования ($\varepsilon = X_{\text{master}} - X_{\text{slave}}$) при движении вдоль оси портала под нагрузкой.

12. **Оптимальное по времени управление («банг-банг»).** Расчет моментов переключения релейного сигнала для перевода инерционной нагрузки на минимальное расстояние с ограничением по максимальному току двигателя.

13. **Идентификация параметров объекта методом наименьших квадратов (МНК).** Обработка экспериментально полученного графика разгона двигателя для определения электромеханической постоянной времени T_m и коэффициента передачи.

14. **Управление неголономным колесным роботом.** Программная реализация алгоритма «поза-стабилизация» (*Pose Stabilization*) или следование за лидером (*Pure Pursuit*) для дифференциального привода в симуляторе ROS/Gazebo.

15. **Робастный анализ чувствительности.** Оценка изменения собственных значений замкнутой системы при вариации массы полезной нагрузки мобильного робота в диапазоне от пустой до максимальной грузоподъемности.

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. **Методы оптимального управления в робототехнике.** Принцип максимума Понтрягина и динамическое программирование Беллмана для планирования траекторий промышленных манипуляторов с учетом ограничений на приводы.

2. **Робастное управление (Н-бесконечность) мехатронными модулями.** Синтез регуляторов, обеспечивающих устойчивость системы при разбросе параметров механических передач (момента инерции, жесткости редуктора) до 50%.

3. **Адаптивное управление электроприводами с переменными параметрами.** Алгоритмы подстройки коэффициентов регулятора в реальном времени при изменении массы схвата или появлении нелинейного сухого трения в направляющих.

4. **Управление по возмущению (Internal Model Principle).** Теоретические основы и практическая реализация систем автоматического подавления периодических помех (например, компенсация момента от дисбаланса заготовки на токарном роботе).

5. **Системы управления усилием и импедансом (*Force/Impedance Control*).** Реализация виртуальных связей («пружина — демпфер») для обеспечения безопасного физического взаимодействия коллаборативных роботов с человеком.

6. **Нейросетевые подходы к управлению нелинейными объектами.** Использование прямого и обратного нейромоделей исполнительного механизма для компенсации его неидеальностей в схеме «сэндвич-компенсатора».

7. **Синхронизация движения многоканальных приводов.** Метод перекрестных связей (*Cross-coupling control*) для прецизионной контурной обработки сложных профилей скоординированными осями станков с ЧПУ.

8. **Наблюдатели состояния и расширенный фильтр Калмана (EKF) в бездатчиковом управлении.** Оценка скорости и положения ротора сервопривода по измерениям тока и напряжения обмоток.

9. **Управление неголономными мобильными платформами.** Алгоритмы стабилизации следа вдоль заданной криволинейной траектории для колесных роботов с дифференциальным и всенаправленным (*Mecanum/Omni*) приводом.

10. **Иерархическое и децентрализованное управление группами роботов.** Стратегии роевого интеллекта (*Swarm Intelligence*), алгоритм консенсуса (*Consensus Algorithm*) и метод потенциальных полей для координации стаи дронов.
11. **Компенсация упругих деформаций и люфтов многосвязных механизмов.** Математическое моделирование двухмассовых систем валопровода волнового редуктора и синтез активного демпфирования колебаний.
12. **Энергосберегающее планирование траекторий (*Energy-optimal trajectory planning*).** Минимизация интеграла квадрата потребляемого тока (L^2 -норма) при перемещении звеньев антропоморфного робота-манипулятора.
13. **Управление системами с переменной структурой (*Sliding Mode Control, SMC*).** Принципы разрывного управления для достижения нечувствительности замкнутой системы к внешним возмущениям и неопределенности модели.
14. **Цифровое управление с прогнозирующими моделями (*MPC — Model Predictive Control*).** Решение задачи оптимизации управляющих воздействий в реальном времени для многостепенных роботов с ограничениями на исполнительные механизмы.
15. **Интеллектуальные методы настройки ПИД-регуляторов.** Применение алгоритмов мягких вычислений (генетические алгоритмы, нечеткая логика) для автоматической самонастройки контуров подчиненного регулирования в условиях изменяющегося температурного режима цеха.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. **Классификация систем автоматического управления.** Принципы обратной связи, разомкнутые и замкнутые структуры. Основные элементы мехатронной системы как объекта управления.
2. **Математическое описание динамических объектов.** Дифференциальные уравнения, передаточные функции $W(s)$, структурные схемы и графы связей.
3. **Временные характеристики звеньев.** Типовые динамические звенья (усилительное, интегрирующее, апериодическое 1-го порядка, колебательное). Переходная и импульсная переходная функции.
4. **Частотные характеристики.** Амплитудно-фазовая характеристика ($A\Phi X$), логарифмические амплитудно-частотная ($ЛАЧХ$) и фазочастотная ($ЛФЧХ$) характеристики.
5. **Анализ устойчивости по алгебраическим критериям.** Критерий Гурвица для определения границ устойчивости линейных непрерывных систем.
6. **Анализ устойчивости по частотным критериям.** Критерий Найквиста и его применение к логарифмическим характеристикам. Запасы устойчивости по модулю и фазе.
7. **Прямые показатели качества переходного процесса.** Время нарастания, время установления, перерегулирование, декремент затухания.
8. **Косвенные оценки качества.** Корневые методы: средняя величина вещественных частей корней, степень устойчивости и колебательность.
9. **Синтез последовательных корректирующих устройств в частотной области.** Построение желаемой $ЛАЧХ$. Синтез фазопередающих и фазоопередающих звеньев.
10. **Метод стандартных настроек регуляторов.** Настройка на технический оптимум (*Schnitt*) и симметричный оптимум (*Betragsoptimum*). Расчет параметров ПИ- и ПИД-регуляторов.
11. **Подчиненное регулирование координат электропривода.** Структура каскадных контуров тока, скорости и положения. Оптимизация каждого контура отдельно.
12. **Цифровые системы управления.** Уравнение разностной аппроксимации. Z-преобразование. Влияние периода квантования на устойчивость цифрового контура.
13. **Дискретные ПИД-регуляторы.** Методы программирования алгоритмов (позиционная и скоростная формы). Проблема насыщения интегратора (*Anti-windup*) и способы её решения.
14. **Управление движением манипуляционных роботов.** Прямая и обратная задачи кинематики. Матрицы Денавита — Хартенберга.
15. **Траекторное планирование во времени.** Полиномиальные траектории (степени 3, 5, 7). Ограничения по скорости, ускорению и рывку осей робота.

16. **Пространство состояний.** Представление многомерных систем. Управляемость и наблюдаемость. Фундаментальная матрица перехода.
17. **Наблюдатели состояния.** Наблюдатель полного порядка (Луенбергера) и пониженного порядка. Оценка неизмеряемых переменных (например, скорости без тахогенератора).
18. **Оптимальное управление.** Задача о быстродействии («банг-банг» управление). Принцип максимума Понтрягина.
19. **Робастное управление.** Понятие неопределенности модели. Н-бесконечность (*H-infinity*) синтез для обеспечения грубости системы к изменению параметров нагрузки.
20. **Адаптивное управление.** Идентификация параметров объекта в реальном времени. Алгоритмы подстройки коэффициентов регулятора при изменении момента инерции схвата.
21. **Управление усилием и импедансом.** Реализация виртуальных компонентов (масса, демпфер, пружина) для взаимодействия робота с неизвестной средой или человеком.
22. **Управление неголономными системами.** Кинематическая модель колесного мобильного робота дифференциального типа. Ограничения на обобщенные скорости.
23. **Синхронизация многоканальных приводов.** Метод перекрестных связей (*Cross-coupling control*) для прецизионного контурного управления портальными машинами.
24. **Нелинейные системы управления.** Метод фазовой плоскости. Линеаризация обратной связью (*Feedback Linearization*).
25. **Интеллектуальное управление.** Применение нечеткой логики (*Fuzzy Logic*) и нейронных сетей для компенсации нелинейностей редукторов (люфты, сухое трение) и обучения управлению сложными объектами.

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. Какой критерий устойчивости позволяет определить наличие корней характеристического уравнения в правой полуплоскости на основе частотного годографа разомкнутой системы? а) Критерий Гурвица; б) Критерий Рауса; в) Критерий Найквиста; г) Метод корневого годографа. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется режим работы электропривода, при котором энергия торможения исполнительного органа возвращается в питающую сеть через преобразователь частоты? а) Динамическое торможение; б) Рекуперативное торможение; в) Торможение свободным выбегом; г) Механическое торможение. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В структуре подчиненного регулирования координат какой контур настраивается самым быстродействующим (имеет самую широкую полосу пропускания)? а) Контур положения; б) Контур скорости; в) Контур тока (момента); г) Контур упругого момента. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип регулятора обеспечивает нулевую статическую ошибку по положению в системе позиционирования робота благодаря наличию интегральной составляющей? а) П-регулятор; б) ПД-регулятор; в) ПИ-регулятор; г) И-регулятор. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Математическая операция Z-преобразования применяется для анализа: а) Только непрерывных линейных систем; б) Нелинейных механических передач; в) Дискретных цифровых систем управления; г) Гидравлических исполнительных механизмов. **Правильный ответ: в)**

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

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите основные причины возникновения ошибки «насыщения интегратора» (*integrator windup*) в цифровом ПИД-регуляторе сервопривода: а) Ограничение выходного напряжения усилителя мощности (ЦАП); б) Слишком высокая частота дискретизации контроллера; в) Длительное сохранение большой разности между уставкой и сигналом обратной связи; г) Отсутствие шума квантования АЦП датчика. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие показатели качества характеризуют точность воспроизведения входного гармонического сигнала системой

автоматического управления? а) Перерегулирование при ступенчатом воздействии; б) Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ); в) Время нарастания переходной функции; г) Фазочастотная характеристика (ФЧХ). **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При синтезе адаптивного управления мехатронным модулем какие параметры объекта обычно подлежат идентификации или подстройке в реальном времени? а) Масса полезной нагрузки манипулятора; б) Цвет корпуса роботизированной ячейки; в) Жесткость механической передачи (редуктора); г) Напряжение питания микроконтроллера 3,3В. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите методы планирования траекторий, которые позволяют задать нулевые начальные и конечные значения скорости и ускорения звена робота: а) Линейная интерполяция во времени; б) Полиномы пятой степени (quintic spline); в) Методы кубических сплайнов; г) Скачкообразное изменение задания (Step input). **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие элементы входят в состав контура тока подчиненного регулирования привода постоянного тока? а) Задатчик интенсивности (ЗИ); б) Шунт или датчик Холла для измерения тока якоря; в) Инкрементальный энкодер вала двигателя; г) Широтно-импульсный модулятор (ШИМ/ШИП). **Правильный ответ: б), г)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов синтеза системы управления методом стандартных настроек (на технический оптимум):

1. Определение малой некомпенсируемой постоянной времени T_{μ} привода;
2. Сокращение наибольшей инерционной постоянной времени T_1 форсирующим звеном;
3. Расчет параметров ПИ-регулятора по формулам технического оптимума;
4. Проверка запасов устойчивости полученной замкнутой системы. **Правильный ответ: 1-2-3-4**

Укажите правильную последовательность действий цифрового управляющего алгоритма в одном такте опроса датчиков:

1. Вычисление управляющего воздействия $u[k]$ по закону регулирования;
2. Чтение кода АЦП с датчика обратной связи $y[k]$;
3. Обнуление таймера прерывания и ожидание следующего цикла;
4. Запись полученного кода $u[k]$ в регистр сравнения ШИМ-модуля.

Правильный ответ: 2-1-4-3

Укажите правильную последовательность операций при решении обратной задачи кинематики антропоморфного манипулятора геометрическим методом:

1. Нахождение угла первого сустава θ_1 из проекции на плоскость XY;
2. Применение теоремы косинусов к треугольнику, образованному звеньями и базой;
3. Вычисление вспомогательного угла β для разделения конфигурации «локоть вверх/вниз»;
4. Определение углов второго и третьего суставов (θ_2, θ_3) через сумму углов. **Правильный ответ: 1-2-4-3**

Укажите правильную последовательность процессов при работе наблюдателя состояния Луенбергера:

1. Умножение разницы измерений на матрицу коэффициентов усиления (LLL);
2. Формирование оценки вектора состояния $\hat{x}$ моделью объекта;
3. Измерение реального выхода системы y сенсором;
4. Коррекция прогноза модели за счет сигнала обратной связи по ошибке.

Правильный ответ: 2-3-1-4

Укажите правильную последовательность настройки контуров в системе подчиненного регулирования:

1. Настройка самого внутреннего и быстрого контура (тока);
2. Подключение внешнего контура скорости с учетом уже настроенного тока;
3. Установка ограничений (лимитеров) задатчика интенсивности;
4. Настройка самого медленного внешнего контура положения. **Правильный ответ: 1-2-4-3**

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие между типом нелинейности механического привода и способом её компенсации в регуляторе:

А) Сухое трение (*Coulomb friction*)	1) Добавление зоны нечувствительности в обратную связь
Б) Люфт редуктора (*Backlash*)	2) Компенсационный сигнал («дребезга»), пропорциональный знаку скорости
В) Насыщение усилителя (*Saturation*)	3) Алгоритм анти-проработкой (*Anti-windup*) для интегратора

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между видом регулятора и его воздействием на форму ЛАЧХ разомкнутой системы:

А) Пропорциональный (П)	1) Наклон -20 дБ/дек в области низких частот, увеличение запаса фазы
Б) Интегрирующий (И)	2) Увеличение общего коэффициента усиления без изменения наклона асимптот
В) Дифференцирующий (Д)	3) Наклон +20 дБ/дек в высокочастотной области, подавление помех

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между задачей управления мобильным роботом и используемым алгоритмом:

А) Следование линии (Line Following)	1) Pure Pursuit или Stanley Controller
Б) Планирование пути среди препятствий	2) ПИД-регулирование отклонения от центральной оси полосы
В) Стабилизация позы (Pose Stabilization)	3) Алгоритмы A*, RRT или метод потенциалов

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1

Установите соответствие между показателем качества и его физическим смыслом:

А) Перерегулирование ($\sigma\%$)	1) Время достижения выходной величиной 95% от установившегося значения
Б) Время установления (t_p)	2) Максимальное превышение пика над установившимся значением
В) Статическая ошибка ($e_{уст}$)	3) Разница между заданием и выходом после окончания переходного процесса

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

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

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Явление неуправляемого роста выходного сигнала регулятора при длительном наличии рассогласования и ограничении исполнительного механизма называется насыщением _____.

Правильный ответ: интегратора

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Координата, определяющая положение точки относительно основания робота в пространстве обобщенных переменных (углов или перемещений суставов), называется _____ координатой. **Правильный ответ:** обобщенной

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

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию «запас устойчивости по фазе» — это ...

Правильный ответ: величина дополнительного запаздывания по фазе, которое необходимо добавить в разомкнутую систему на частоте среза, чтобы она оказалась на границе устойчивости (вышла в точку -180 градусов). определяет склонность системы к колебаниям.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: опишите принцип метода подчиненного регулирования координат и укажите основное преимущество такой структуры перед одноконтурной системой. **Правильный**

ответ: принцип заключается в разделении сложного объекта на ряд вложенных контуров (ток, скорость, положение), каждый из которых настраивается отдельно как система первого порядка. основным преимуществом является возможность независимой настройки динамики каждого параметра, ограничение промежуточных координат (например, тока) и упрощение синтеза регуляторов для объектов высокого порядка.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

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

2. 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. – (Бакалавриат и магистратура). – ISBN 978-5-406-13368-2.

7.2. Дополнительная литература

3. Старовойтов, Е. И. Управление мобильными роботами и робототехническими системами : учебник / Е. И. Старовойтов. – Москва : Кнорус, 2024. – 263 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-406-12048-4.

4. Чеховский, Д. В. Управление роботами и робототехническими системами : учебное пособие / Д. В. Чеховский. – Тула : Издательство ТулГУ, 2024. – 154 с. – ISBN 978-5-7679-5550-3.

5. Кангин, В. В. Контроллеры Arduino в мобильных роботах и дронах : учебное пособие / В. В. Кангин, Е. М. Кангин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 324 с. – ISBN 978-5-9729-2451-6.

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 «Bayck 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 «Bayck 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 «**Управление мехатронными и робототехническими системами**» 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

**Управление мехатронными и робототехническими
системами**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)