



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Основы мехатроники и робототехники

(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	5
Общее количество часов	180
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	80
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.....	6
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	7
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	22

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Основы мехатроники и робототехники» 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)):

ПК-1 Способен осуществлять проектирование и конструирование изделий робототехники

Дескрипторы компетенции:

ПК-1.1 Способен выполнять разработку схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники;

ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.

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: 29.003 Специалист по проектированию детской и образовательной робототехники	ПК-1.1 Способен выполнять разработку схмотехнического решения и проведение расчетов изделий робототехники; ПК-1.2 Способен осуществлять разработку рабочей проектно-конструкторской и эксплуатационной документации изделий робототехники в соответствии с требованиями нормативной документации.	Знает: ИД 1 ПК.1.1 Основы схмотехники изделий робототехники, современную элементную базу изделий робототехники, современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схмотехнических задач, методики построения и расчета монтажных и принципиальных схем, методики расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем, основные принципы конструкции робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 2 ПК.1.2 Национальные и отраслевые стандарты, технические регламенты, правила, требования и нормы единой системы конструкторской документации, типовые конструкции и конструктивные решения изделий робототехники, принципы работы проектируемых конструкций изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.1.1 Анализировать принципы работы и условия

		эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создавать и применять математические модели систем робототехники, использовать специализированные автоматизированные программы для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, производить построение монтажных и принципиальных схем изделий робототехники, осуществлять расчет электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использовать системы автоматизированного проектирования, разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 4 ПК.1.2 Проектировать робототехнические системы изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разрабатывать конструкцию изделия робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применять современные технологии изготовления изделий робототехники ПС 29.003 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.1.1 Анализа принципов работы и условий эксплуатации проектируемых изделий робототехники, создания и применения математических моделей систем робототехники, использования специализированных автоматизированных программ для выполнения кинематических и прочностных расчетов изделий робототехники, построения монтажных и принципиальных
--	--	--

		схем изделий робототехники, осуществления расчета электрических цепей для определения параметров компонентов монтируемых схем изделий робототехники, использования системы автоматизированного проектирования, разработки макетов информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем ПС 29.003 В/01.6; ИД 6ПК.1.2 Проектирования робототехнических систем изделий робототехники с использованием систем автоматизированного проектирования, разработки конструкций изделий робототехники в соответствии с требованиями стандартов организации, национальных стандартов и технических регламентов, требованиями заказчика, применения современных технологий изготовления изделий робототехники ПС 29.003 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.	Физика	Проектирование мехатронных и робототехнических систем
2	Управляемый электропривод мехатронных и робототехнических систем	Проектирование мехатронных систем Основы инжиниринга

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. Введение в мехатронику и робототехнику.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы).	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Информационные устройства и сенсора.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Микропроцессорная техника и управление.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Электропривод роботов.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Управление автономными мобильными роботами.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
8	Тема 8. Интеллектуализация и коллаборативная робототехника.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		180	32	32	80	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в мехатронику и робототехнику. Основные понятия, структура и принципы построения мехатронных модулей. Классификация роботов по кинематическим схемам.

Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы). Электрические двигатели постоянного тока, бесколлекторные (BLDC) и шаговые двигатели. Пневматические и гидравлические приводы манипуляторов.

Тема 3. Информационные устройства и сенсорика. Датчики положения (энкодеры), скорости, силы/момента, тактильные сенсоры и системы технического зрения мобильных платформ.

Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем. Передаточные механизмы (зубчатые, волновые, ременные передачи). Расчет жесткости звеньев и кинематический анализ промышленных манипуляторов.

Тема 5. Микропроцессорная техника и управление. Архитектура микроконтроллеров STM32/PIC. Принципы опроса датчиков через АЦП и генерация ШИМ для управления драйверами двигателей.

Тема 6. Электропривод роботов. Системы подчиненного регулирования координат. Скалярное (U/fU/fU/f) и векторное управление асинхронными сервоприводами осей вращения.

Тема 7. Управление автономными мобильными роботами. Алгоритмы локальной навигации и обхода препятствий. Одометрия, слияние данных с инерциальных датчиков (IMU).

Тема 8. Интеллектуализация и коллаборативная робототехника. Основы машинного зрения для захвата объектов. Принципы взаимодействия *Cobots* с человеком-оператором и стандарты безопасности.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в мехатронику и робототехнику.
ПЗ 2	Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы).
ПЗ 3, 4	Тема 3. Информационные устройства и сенсорика.
ПЗ 5	Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Микропроцессорная техника и управление.
ПЗ 8	Тема 6. Электропривод роботов.

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 мехатронику и робототехнику.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы).	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Информационные устройства и сенсорика.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Микропроцессорная техника и управление.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Электропривод роботов.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Управление автономными мобильными роботами.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Интеллектуализация и коллаборативная робототехника.	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 мехатронику и робототехнику.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы).	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Информационные устройства и сенсорики.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Микропроцессорная техника и управление.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Электропривод роботов.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Управление автономными мобильными роботами.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Интеллектуализация и коллаборативная робототехника.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. **Сравнительный анализ кинематических схем промышленных манипуляторов:** антропоморфная, SCARA, дельта-робот и паллетайзер. Области применения в современной российской промышленности.
2. **Волновой (гармонический) редуктор (*Harmonic Drive*):** принцип работы деформируемого гибкого колеса, расчет передаточного отношения и применение в суставах коллаборативных роботов.
3. **Бесколлекторные двигатели постоянного тока (*BLDC*) с трапецеидальной ЭДС:** алгоритмы коммутации по датчикам Холла и методы бессенсорного управления на основе анализа противо-ЭДС.
4. **Прямой привод (*Direct Drive*) в робототехнике:** отказ от механических передач, использование моментных двигателей для высокоточных систем позиционирования телескопов и симуляторов полетов.
5. **Оптические энкодеры абсолютного и инкрементального типа:** принципы считывания информации (механические, магнитные, оптические), протоколы передачи данных *SSI, BiSS, EnDat*.
6. **Системы технического зрения (*Machine Vision*) для задач *Pick-and-Place*:** калибровка камеры, сегментация изображений и распознавание контуров объектов с использованием библиотеки *OpenCV*.
7. **Тактильные сенсоры и матрицы датчиков силы:** резистивные, пьезоэлектрические и емкостные технологии построения искусственной кожи для адаптивных захватов роботов.
8. **Гидравлический привод тяжелых промышленных роботов:** сравнение объемного и дроссельного регулирования, особенности использования электрогидравлических усилителей мощности (*Servo-valves*).
9. **Динамика захвата хрупких объектов:** управление силой сжатия актуатора с помощью импедансного контроля и алгоритмов адаптации к массе неизвестного груза.
10. **Лидарные системы (*LiDAR*) 2D и 3D:** принципы лазерной триангуляции и времяпролетного метода (*Time-of-Flight*), построение карты препятствий методом *SLAM*.
11. **Мехатронные платформы экзоскелетов:** биомеханический синтез движений человека и привода, синхронизация моментов в тазобедренном и коленном шарнирах.

12. **Протоколы промышленной связи верхнего уровня:** сравнительный анализ *EtherCAT*, *PROFINET IRT* и *Powerlink* для обеспечения жесткого реального времени в управлении осями станков.

13. **Энергопотребление мобильных колесных роботов:** расчет КПД мотор-колеса, оптимизация расхода энергии при движении по неровным поверхностям и алгоритм рекуперативного торможения.

14. **Цифровые двойники (*Digital Twins*) мехатронных систем:** виртуальное моделирование динамики робота в среде MATLAB/Simscape Multibody для предиктивного обслуживания.

15. **Стандарты безопасности коллаборативных роботов (*ISO/TS 15066*):** расчет допустимых биомеханических нагрузок на тело человека при случайном контакте с движущимся манипулятором.

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 мехатронику и робототехнику.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Исполнительные устройства (актуаторы).	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Информационные устройства и сенсорики.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Механика и конструкции робототехнических систем.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Микропроцессорная техника и управление.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Электропривод роботов.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Управление автономными мобильными роботами.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2

8	Тема 8. Интеллектуализация и коллаборативная робототехника.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
---	---	----	----	-----	--

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. **Кинематический расчет плоского 2-звенного манипулятора.** По заданным углам в суставах θ_1, θ_2 и длинам звеньев L_1, L_2 вычислить координаты (x, y) схвата методом прямой задачи кинематики.

2. **Сборка лабораторного макета дифференциальной колесной платформы.** Подключение двух мотор-редукторов с энкодерами к драйверу L298N и плате Arduino для реализации независимого привода левого и правого бортов.

3. **Программирование микроконтроллера STM32 для опроса инкрементального энкодера.** Использование аппаратных прерываний по каналам A и B для подсчета импульсов и определения направления вращения вала актуатора.

4. **Расчет передаточного отношения волнового редуктора.** Определение числа зубьев гибкого колеса ($Z_f Z_{fz}$), жесткого колеса ($Z_w Z_{wz}$) и генератора волн для получения требуемого момента на выходном валу коллаборативного робота.

5. **Снятие механической характеристики бесколлекторного двигателя (BLDC).** Построение графиков зависимости частоты вращения от развиваемого момента ($\omega(M)$) при различных скважностях ШИМ-сигнала управления.

6. **Реализация алгоритма пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора скорости.** Написание кода для замыкания контура обратной связи по данным энкодера и устранения статической ошибки позиционирования оси робота.

7. **Калибровка системы технического зрения на базе камеры Intel RealSense.** Определение матрицы внутренних параметров и коэффициентов дисторсии линзы для точного перевода координат из пикселей в миллиметры рабочего поля.

8. **Проектирование схемы драйвера униполярного шагового двигателя.** Сборка макета на транзисторах Дарлингтона или микросхеме ULN2003, реализация режима микрошага 1/8 программным способом.

9. **Анализ данных с инерциального измерительного модуля (IMU MPU6050).** Фильтрация показаний акселерометра и гироскопа фильтром Маджвика для определения угла наклона мобильного робота в пространстве.

10. **Гидравлический расчет привода захвата антропоморфной руки.** Определение необходимого диаметра гидроцилиндра и расхода жидкости для создания усилия сжатия 50 Ньютонов при давлении в системе 5 МПа.

11. **Построение карты помещения мобильным роботом с помощью 2D-лидара.** Запись потока данных дистанции, применение преобразования координат «полярные — декартовы» и визуализация стен лабиринта.

12. **Настройка протокола реального времени EtherCAT между контроллером и сервоприводом.** Конфигурация PDO-объектов для циклической передачи уставки положения (Target Position) и считывания фактического тока двигателя.

13. **Определение рабочей зоны сферического манипулятора (типа PUMA).** Расчет границ достижимости схвата в трехмерном пространстве с учетом ограничений углов поворота суставов $-180^\circ < \theta < 180^\circ$.

14. **Экспериментальное исследование люфта механической передачи.** Измерение мертвого хода входного вала волнового редуктора относительно выходного с помощью лазерного интерферометра или высокоточного угломера.

15. **Разработка импедансного закона управления силой захвата.** Моделирование виртуальной пружины-демпфера: расчет управляющего сигнала на двигатель захвата в зависимости от разницы между желаемой и текущей деформацией объекта.

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. **Сенсорное обеспечение современных мехатронных систем:** классификация датчиков (позиции, скорости, силы, приближения) и их интеграция в единую информационную сеть робота.

2. **Волновой (гармонический) редуктор как ключевой элемент высокоточных приводов коллаборативных роботов:** принцип работы деформируемого гибкого колеса, преимущества перед планетарными передачами и особенности расчета на износ.

3. **Бесколлекторные двигатели постоянного тока (BLDC) в робототехнике:** алгоритмы трапецеидальной коммутации по датчикам Холла против синусоидального управления с ориентацией поля (FOC).

4. **Сравнительный анализ кинематических схем промышленных манипуляторов:** антропоморфная рука, SCARA-робот, дельта-механизм и паллетайзер: области применения, рабочие зоны и динамические характеристики.

5. **Мобильная робототехника и методы навигации:** эволюция от одометрии и ультразвуковых дальномеров до 2D/3D-лидаров и визуальной одометрии (V-SLAM) для автономных складских платформ.

6. **Микропроцессорная реализация систем управления реального времени:** архитектура микроконтроллеров STM32, использование операционной системы FreeRTOS для распределения задач опроса сенсоров и управления приводами.

7. **Тактильные сенсоры и искусственная кожа для адаптивных захватов:** резистивные, пьезоэлектрические и емкостные матрицы датчиков давления, алгоритмы обработки сигналов для распознавания формы объекта.

8. **Эволюция источников питания мобильных роботов:** тяговые литий-ионные аккумуляторы против водородных топливных элементов, системы двунаправленной зарядки и балансировки ячеек (BMS).

9. **Коллаборативная робототехника (Cobots):** принципы безопасного взаимодействия человека и машины, стандарты ISO/TS 15066, расчет ограничивающих биомеханических нагрузок при столкновении.

10. **Гидравлические приводы в тяжелой мобильной робототехнике:** объемное и дроссельное регулирование, применение электрогидравлических усилителей мощности (Servo-valves) в экзоскелетах и лесозаготовительных машинах.

11. **Цифровые двойники (Digital Twins) мехатронных модулей:** виртуальное моделирование динамики многосвязного механизма в среде MATLAB/Simscape Multibody для предиктивного обслуживания и оптимизации траекторий.

12. **Методы машинного обучения в техническом зрении роботов:** сверточные нейронные сети (CNN) для детекции объектов и семантической сегментации сцены в системах Pick-and-Place без жесткой оснастки.

13. **Протоколы промышленной связи верхнего уровня:** сравнительный анализ EtherCAT, PROFINET IRT и OPC UA UA-TCP для обеспечения синхронизации многоосевых сервоприводов с жестким циклом менее 1 мс.

14. **Биомиметика в проектировании исполнительных механизмов:** заимствование принципов движения из живой природы (манипуляторы типа хобота слона, захваты на основе мышечных сплавов с памятью формы — SMA).

15. **Проблема накопления кинематической погрешности в длинноразмерных манипуляторах:** методы активной калибровки суставов с помощью встроенных измерительных систем и компенсация упругой деформации звеньев под нагрузкой.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. **Определение мехатроники как науки.** Предмет, цели и задачи дисциплины. Интегральный подход к проектированию: синергия механики, электроники, информационных технологий и компьютерного управления.

2. **Структура типового мехатронного модуля.** Функциональные блоки (силовой, исполнительный, информационно-измерительный, управляющий) и информационные потоки между ними.

3. **Классификация роботов по кинематическим признакам.** Промышленные манипуляторы (картазиановы, цилиндрические, сферические, антропоморфные) и мобильные платформы (колесные, гусеничные, шагающие).

4. **Прямая и обратная задачи кинематики** манипулятора. Матрицы однородных преобразований (*матрица Денавита — Хартенберга*). Геометрическая интерпретация для плоского 2-звенного механизма.

5. **Рабочая зона манипулятора.** Определение границ достижимости схвата с учетом конструктивных ограничений углов в суставах и длин звеньев.

6. **Исполнительные электрические двигатели постоянного тока.** Принцип действия, механические характеристики, способы регулирования скорости и момента. Коллекторные узлы и их износ.

7. **Бесколлекторные двигатели (BLDC) и синхронные серводвигатели.** Отличие трапецеидальной ЭДС от синусоидальной. Роль датчиков Холла и энкодеров в управлении положением ротора.

8. **Шаговые двигатели в приводах точного позиционирования.** Режимы полного шага, полушага и микрошага. Явление пропуска шагов и методы борьбы с резонансом ненагруженного двигателя.

9. **Механические передачи в робототехнике.** Редукторы (планетарные, волновые/гармонические, циклоидальные): передаточные отношения, КПД, люфт и жесткость на скручивание.

10. **Информационные устройства (сенсоры) положения.** Инкрементальные и абсолютные оптические энкодеры. Принципы считывания информации, разрешающая способность и протоколы обмена данными (SSI, BiSS).

11. **Тактильные сенсоры и датчики силы/момента.** Резистивные, пьезоэлектрические и емкостные технологии построения матриц давления («искусственная кожа») для адаптивных захватов.

12. **Системы технического зрения (Machine Vision).** Основные компоненты (камера, оптика, подсветка). Этапы обработки изображения: сегментация, выделение контуров, распознавание объектов.

13. **Микропроцессорное управление мехатронными системами.** Архитектура микроконтроллеров STM32. Использование периферийных таймеров для генерации ШИМ-сигналов управления драйверами двигателей.

14. **Аналого-цифровое (АЦП) и цифро-аналоговое (ЦАП) преобразование.** Квантование сигнала по уровню и времени. Ошибки преобразования и их влияние на точность измерения обратной связи.

15. **Замкнутые системы автоматического управления.** Структурная схема контура регулирования. Пропорциональный (П), интегральный (И) и дифференциальный (Д) законы регулирования.
16. **Системы подчиненного регулирования координат электропривода.** Вложенные контуры тока, скорости и положения. Настройка регуляторов на технический оптимум.
17. **Скалярное ($U/f = \text{const}$) и векторное управление асинхронным двигателем.** Математическая модель во вращающейся системе координат $dqdq$. Ориентация поля ротора или потокосцепления.
18. **Мобильные колесные роботы.** Кинематика дифференциального и всенаправленного (*Omni/Mecanum*) привода. Связь скоростей вращения колес со скоростью движения корпуса.
19. **Методы навигации автономных мобильных роботов.** Одометрия (накопление ошибки), локализация по маякам (*RFID, Aruco markers*), использование лазерных дальномеров (*LiDAR*).
20. **Алгоритмы SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*).** Построение карты неизвестной среды при одновременном определении собственного местоположения робота на ней.
21. **Ультразвуковые (УЗ) и инфракрасные (ИК) датчики расстояния.** Физические принципы работы, диаграммы направленности, недостатки (ложные срабатывания, поглощение мягкими поверхностями).
22. **Интерфейсы промышленной связи нижнего уровня.** Сравнение протоколов RS-485 (*Modbus RTU*), CANopen и SPI/I2C для подключения удаленных модулей ввода-вывода и датчиков.
23. **Источники питания мобильных роботов.** Тяговые литий-ионные аккумуляторы. Балансировка ячеек (*BMS*), расчет времени автономной работы от емкости и потребляемой мощности.
24. **Коллаборативные роботы (*Cobots*).** Принципы безопасного взаимодействия с человеком. Контроль усилия и скорости, ограничение рабочей зоны, стандарты безопасности ISO/TS 15066.
25. **Перспективы развития мехатроники и робототехники.** Мягкая робототехника (*Soft Robotics*), микроробототехника, применение искусственного интеллекта для обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning*) моторным навыкам.

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 тип механического редуктора обеспечивает нулевой люфт и высокое передаточное отношение за счет деформации гибкого зубчатого колеса? а) Планетарный; б) Червячный; в) Волновой (гармонический); г) Цилиндрический косозубый. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется режим работы шагового двигателя, при котором ток в фазах меняется по синусоидальному закону для обеспечения плавного вращения и дробления основного шага? а) Режим волнового управления; б) Режим микрошага; в) Полношаговый режим с фиксацией; г) Режим удержания (*Holding torque*). **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой системе координат математическая модель асинхронного двигателя становится наиболее удобной для реализации независимого управления магнитным потоком и моментом? а) Во вращающейся ортогональной системе $dqdq$; б) В неподвижной трехфазной системе ABCABC; в) В полярных координатах амплитуда-фаза; г) В относительной системе скольжения. **Правильный ответ: а)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой протокол промышленной связи чаще всего используется для высокоскоростного циклического обмена данными между контроллером и сервоприводами с жестким временем цикла менее 1 мс? а) Modbus RTU; б) EtherCAT; в) Bluetooth Low Energy; г) NMEA 2000. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Устройство, преобразующее угловое или линейное перемещение в последовательность электрических импульсов без сохранения информации об абсолютном положении после выключения питания: а) Абсолютный энкодер; б) Резольвер; в) Инкрементальный энкодер; г) Потенциометр. **Правильный ответ: в)**

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

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите основные функциональные блоки, входящие в состав любого мехатронного модуля согласно его классическому определению: а) Силовой блок (преобразователь энергии); б) Блок бухгалтерского учета; в) Информационно-измерительный блок (сенсоры); г) Юридический блок сертификации.

Правильный ответ: а), в)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие физические принципы лежат в основе работы бесконтактных датчиков расстояния, применяемых в мобильной робототехнике? а) Измерение времени полета лазерного импульса (*ToF*); б) Закон Ома для полной цепи; в) Отражение ультразвуковой волны от препятствия; г) Термоэлектрический эффект Зеебека. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите характеристики, присущие волновым (гармоническим) передачам, делающие их стандартом для суставов коллаборативных роботов: а) Высокая компактность и малая масса; б) Наличие значительного мертвого хода (люфта); в) Высокий коэффициент полезного действия (до 90%+) и отсутствие обратимости; г) Необходимость использования жидкой смазки под высоким давлением.

Правильный ответ: а), в)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие компоненты необходимы для реализации системы технического зрения на базе стереопары камер для построения карты глубины? а) Калиброванные камеры с известными внутренними параметрами; б) Мощный источник рентгеновского излучения; в) Алгоритм поиска соответствующих точек (стереосопоставление); г) Магнитометр для компенсации наклона. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При векторном управлении синхронным двигателем с постоянными магнитами какие две величины непосредственно регулируются во вращающейся системе координат? а) Составляющая тока по оси ddd (поток); б) Температура окружающей среды; в) Составляющая тока по оси qqq (момент); г) Цвет изоляции обмоток статора. **Правильный ответ: а), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов кинематического расчета плоского манипулятора методом Денавита — Хартенберга:

1. Вычисление матриц однородных преобразований $i-1T^i$ и iT^{i-1} ;
2. Назначение систем координат звеньям по правилам Д-Х;
3. Определение четырех параметров $(\theta_i, d_i, a_i, \alpha_i)$ для каждого сочленения;
4. Перемножение матриц для нахождения положения схвата относительно основания.

Правильный ответ: 2-3-1-4

Укажите правильную последовательность процесса захвата объекта адаптивным мягким захватом с тактильным сенсором:

1. Подача управляющего сигнала на расширение пневмооболочки;
2. Анализ карты давления с матрицы датчиков для оценки формы объекта;
3. Обнаружение начала контакта (появление сигнала выше порога шума);
4. Прекращение расширения при достижении заданного интегрального усилия сжатия.

Правильный ответ: 1-3-4-2

Укажите правильную последовательность действий микроконтроллера STM32 при обработке прерывания от инкрементального энкодера:

1. Считывание состояния входа канала В;
2. Увеличение или уменьшение счетчика позиции (`encoder_counter`);
3. Настройка EXTI (External Interrupt) на фронт сигнала канала А;
4. Выход из подпрограммы обработки прерывания.

Укажите правильную последовательность физических процессов при работе ультразвукового дальномера HC-SR04:

1. Прием отраженного эхо-сигнала на ножке Echo;
2. Формирование запускающего импульса Trigger длительностью 10 мкс;
3. Излучение пачки ультразвуковых колебаний частотой 40 кГц;
4. Измерение длительности высокого уровня на выходе Echo и расчет дистанции.

Правильный ответ: 2-3-1-4

Укажите правильную последовательность алгоритма SLAM при движении мобильного робота:

1. Детектирование ориентиров (линий стен, маяков) лидаром;
2. Коррекция текущей позы робота (сдвиг и поворот);
3. Инициализация пустой сетки-карты и начальной позиции [0,0];
4. Интеграция новых данных в существующую карту вероятностей. **Правильный**

ответ: 3-1-2-4

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие между типом привода и его характерной особенностью применения в роботах:

А) Серводвигатель постоянного тока	1) Позиционирование осей станков ЧПУ без обратной связи по положению (открытый контур)
Б) Шаговый двигатель	2) Высокодинамичные приводы промышленных манипуляторов KUKA/ABB с датчиком обратной связи
В) Гидроцилиндр	3) Тяжелые мобильные платформы и строительные экзоскелеты благодаря высокой удельной мощности

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между интерфейсом передачи данных и его описанием:

А) SPI	1) Дифференциальная пара проводов, устойчивая к помехам, до 1 Мбит/с (Modbus RTU)
Б) RS-485	2) Синхронный последовательный интерфейс «точка-точка» для быстрых АЦП и дисплеев
В) I2C	3) Двухпроводная шина с адресацией для подключения множества низкочастотных датчиков на плату

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между алгоритмом навигации и его кратким описанием:

А) Одометрия	1) Построение карты и локализация одновременно в неизвестном пространстве
Б) Навигация по маякам (RFID/Aruco)	2) Накопление ошибки путем интегрирования показаний энкодеров колес
В) SLAM	3) Триангуляция собственного положения относительно известных стационарных меток

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1

Установите соответствие между законом регулирования и его влиянием на систему:

А) Пропорциональный (П)	1) Устраняет статическую ошибку, но может вызвать автоколебания при больших коэффициентах
Б) Интегральный (И)	2) Формирует упреждающее воздействие, реагируя на скорость изменения ошибки
В) Дифференциальный (Д)	3) Увеличивает быстродействие, но оставляет остаточную ошибку под нагрузкой

Правильный ответ: А – 3, Б – 1, В – 2

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

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Явление пропуска шагов шаговым двигателем при резком ускорении или превышении момента нагрузки называется _____. **Правильный ответ: резонанс (или потеря синхронизма)**

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Процесс определения внутренних параметров камеры (фокусное расстояние, дисторсия) для корректного перевода пиксельных координат в метрические называется _____. **Правильный ответ: калибровка**

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 «рабочая зона манипулятора» — это ...

Правильный ответ: совокупность всех точек пространства, которые может достичь центр схвата робота при различных комбинациях положений его приводов, с учетом конструктивных ограничений углов в суставах и возможных столкновений звеньев.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: опишите принцип работы дифференциального колесного привода и способ выполнения поворота робота на месте (on the spot).

Правильный ответ: дифференциальный привод состоит из двух ведущих колес, установленных на одной оси независимо друг от друга, и одного или нескольких пассивных роликов для устойчивости. поворот на месте выполняется вращением левого и правого колес с одинаковой скоростью, но в противоположных направлениях. этом случае линейные скорости колес компенсируют друг друга ($V_{\text{robot}} = 0$, $V_{\text{robot}} = 0$), а угловые складываются, обеспечивая вращение корпуса вокруг своей вертикальной геометрической оси.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Безумнов, Д. Н. Основы мехатроники и робототехники : учебно-методическое пособие / составители Д. Н. Безумнов, В. М. Петухов. — Москва : МТУСИ, 2024. — 36 с. — Текст : электронный // ЭБС Лань (дата обращения: 11.08.2026).

2. Абрамов, И. В. Основы мехатроники : учебник для СПО / И. В. Абрамов, А. И. Абрамов, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2024. — 179 с. — ISBN 978-5-4488-1989-6. — Текст : электронный // IPR SMART (дата обращения: 11.08.2026).

7.2. Дополнительная литература

3. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие для вузов / А. П. Лукинов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 608 с. — ISBN 978-5-507-51126-6. — Текст : электронный // Издательство Лань (дата обращения: 11.08.2026).

4. 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. — Текст : электронный // Знаниум (дата обращения: 11.08.2026).

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. — Текст : электронный // Инфра-Инженерия (дата обращения: 11.08.2026).

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 «Основы мехатроники и робототехники» 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

Основы мехатроники и робототехники

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Николаев Юрий Николаевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)