

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Рабочая программа дисциплины (модуля)
РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Направление и направленность (профиль)
15.03.06 Мехатроника и робототехника. Мехатроника и робототехника

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Роботы и робототехнические системы» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (утв. приказом Минобрнауки России от 17.08.2020г. №1046) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Гребенюк И.В.

Утверждена на заседании кафедры инженерно-технических наук от 14.04.2026 ,
протокол № 6

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Гребенюк И.В.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	iv_1642677251
Номер транзакции	0000000001089218
Владелец	Гребенюк И.В.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Роботы и робототехнические системы» является изучение современных подходов к проектированию высококачественных роботоманипуляторов различного вида и назначения, а также их систем управления.

Задачи освоения дисциплины:

- научить студентов правильно использовать основные термины и понятия в области робототехники;
- изучить классификацию и особенности элементов робототехнических систем;
- изучить виды и схемы исполнительных приводов роботов;
- изучить кинематику и динамику различных типов роботов;
- выработать умение правильно выбирать элементы для конкретных роботов и манипуляторов;
- научить студентов правильно использовать основные термины и понятия в области систем управления роботов;
- научить осуществлять анализ сложных робототехнических систем.
- научить применять современные методы синтеза систем управления роботов.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (Б-МР)	ПКВ-2 : Способен разрабатывать проектные решения для создания мехатронных и робототехнических систем	ПКВ-2.4к : Умеет формулировать предложения по компоновке мехатронных и робототехнических систем.	РД1	Знание	классификации и особенностей элементов робототехнических систем, видов и схем исполнительных приводов роботов
		ПКВ-2.5к : Осуществляет выбор и обосновывает технические решения при проектировании мехатронных и робототехнических систем	РД2	Умение	правильно выбирать элементы для конкретных роботов и манипуляторов
			РД3	Навык	анализа сложных робототехнических систем и применения современных методов синтеза систем управления роботов

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

Воспитательные задачи	Формирование ценностей	Целевые ориентиры
-----------------------	------------------------	-------------------

Формирование гражданской позиции и патриотизма		
Воспитание уважения к истории и культуре России	Высокие нравственные идеалы	Соблюдение моральных принципов
Формирование духовно-нравственных ценностей		
Развитие культуры здорового образа жизни	Гражданственность	Дисциплинированность
Формирование научного мировоззрения и культуры мышления		
Развитие творческих способностей и умения решать нестандартные задачи	Достоинство	Осознание себя членом общества
Формирование коммуникативных навыков и культуры общения		
Формирование культуры письменной речи и делового общения	Права и свободы человека	Жизнелюбие

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Роботы и робототехнические системы» входит в часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, и проводится в 7 семестре.

Входными требованиями, необходимыми для освоения дисциплины, является наличие у обучающихся компетенций, сформированных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Физика», «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем», «Компьютерное управление мехатронными системами», «Теория автоматического управления»

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче- ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо- емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес- тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди- торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
15.03.06 Мехатроника и робототехника	ОФО	Б1.В	7	7	109	36	36	36	1	0	143	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Классификация роботов и их элементов	РД1, РД2	6	6	6	25	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
2	Кинематика роботов	РД1, РД2	6	6	6	25	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
3	Динамика роботов и планирование траекторий движения	РД1, РД2	6	6	6	25	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
4	Классификация систем управления роботов	РД1, РД3	6	6	6	10	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
5	Синтез самонастраивающихся и оптимальных систем управления манипуляторами.	РД1, РД3	6	6	6	25	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
6	Самонастраивающиеся системы с переменной структурой	РД1, РД3	6	6	6	33	Устный опрос, практическая работа, лабораторная работа
Итого по таблице			36	36	36	143	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Классификация роботов и их элементов.

Содержание темы: Роль робототехники в развитии человечества. Термины и понятия, используемые в робототехнике. Проводится обсуждение перспективных направлений развития робототехники. Промышленные роботы и манипуляторы. Мобильные роботы. Общая характеристика конструкций промышленных и мобильных роботов, применяемых на производстве. Классификация промышленных роботов по служебному назначению, типу привода, грузоподъемности, количеству манипуляторов и типу системы управления. Классификация мобильных роботов. Принципы управления роботами. Типовые элементы конструкции промышленных и мобильных роботов. Исполнительные, обслуживающие и транспортные промышленные роботы. Стационарные и подвижные роботы. Области применения роботов и решаемые задачи. Поколения роботов. Роботы непромышленного назначения. Конструкции роботов. Приводы. Информационно-сенсорные системы. Способы и системы управления. Робототехнические комплексы.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

Тема 2 Кинематика роботов.

Содержание темы: Основные задачи кинематики манипулятора: прямая и обратная задачи. Матрицы поворота (вращения). Ортогональные преобразования. Матрицы сложных поворотов. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Рассматривается представление матриц поворота через углы Эйлера. Рассматривается геометрический смысл матриц поворота. Определяются свойства матриц поворота. Вводится понятие однородных координат и матрицы преобразований. Рассматриваются основные параметры звеньев и сочленений роботов. Представление Денавита – Хартенберга: матричный метод последовательного построения систем координат, связанных с каждым звеном кинематической цепи. Алгоритм формирования систем координат звеньев. Решение прямой задачи кинематики для шестизвенного манипулятора. Проводится классификация кинематических схем многозвенных роботов. Обратная задача кинематики. Обзор существующих подходов к решению обратной задачи кинематики для многозвенных роботов. Описываются основные достоинства и недостатки различных подходов к решению обратной задачи кинематики для многозвенных роботов. Рассматривается задача эффективной программной реализации алгоритмов решения обратной задачи кинематики. Рассматриваются особенности геометрического подхода к решению обратной задачи кинематики для многозвенных манипуляторов с вращательными сочленениями. Определение различных конфигураций манипулятора. Рассматривается решение обратной задачи кинематики для трехзвенного робота. Метод обратных преобразований. Решение для первого сочленения. Решение для второго сочленения. Решение для третьего сочленения. Уравнения вида конфигурации для определения индикаторов конфигурации манипулятора. Проверка правильности решения обратной задачи кинематики манипулятора Пума на ЭВМ.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

Тема 3 Динамика роботов и планирование траекторий движения.

Содержание темы: Динамика роботов. Предмет динамики манипулятора как раздел робототехники. Прямая задача. Обратная задача. Динамическая модель манипулятора. Уравнения динамики движения реального манипулятора на основе уравнения Лагранжа-Эйлера. Кинетическая энергия манипулятора. Потенциальная энергия манипулятора. Скорость произвольной точки звена манипулятора. Уравнения движения манипулятора с вращательными сочленениями. Типы приводов роботов. Достоинства и недостатки различных типов приводов. Конструкция, описание и принцип работы гидропривода. Конструкция, описание и принцип работы пневмопривода. Конструкция, описание и принцип работы электропривода. Метод вычисления управляющих моментов. Математическое описание электропривода многозвенного манипулятора. Уравнение Ньютона-Эйлера. Вращающиеся системы координат. Подвижные системы координат. Кинематика звеньев. Рекуррентные уравнения динамики манипулятора. Принцип Д'Аламбера для вывода уравнений динамики движения манипулятора. Планирование траекторий движения манипулятора – задача выбора закона управления, обеспечивающего движение робота вдоль некоторой заданной траектории. Расчет 4-3-4-траектории. Типы управления манипулятором. Планирование траектории манипулятора при отсутствии препятствий. Планирование траекторий в присоединенных переменных. Планирование траекторий в декартовых координатах. Сглаженные траектории в пространстве присоединенных переменных. Рассматриваются вопросы с определением граничных условий для 4-3-4-траекторий.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

Тема 4 Классификация систем управления роботов.

Содержание темы: Роль высококачественных систем управления в робототехнике. Рассматриваются основные особенности синтеза высококачественных систем управления современными робототехническими системами. Обобщенный анализ адаптивных систем управления. Оптимальные самонастраивающиеся системы с подстройкой параметров регуляторов или управляющих воздействий. Системы с внешним контуром оптимизации и внутренним контуром стабилизации. Системы со стабилизацией динамических свойств относительно модели. Системы управления манипуляторами. Осуществляется формирование концепции синтеза систем управления манипуляторами и основных ее направлений. Рассматриваются основные особенности концепции динамической развязки движения многозвенных роботов. Рассматриваются основные особенности концепции адаптивного программного управления многозвенными роботами. Приводится описание, физический смысл эффектов взаимовлияний между степенями подвижности многозвенных манипуляторов. Рассматривается вывод аналитических выражений, описывающих эффекты взаимовлияний для многозвенных манипуляторов. Практическое получение уравнений, описывающие моментных воздействия, действующие в степенях подвижности двухстепенного манипулятора. Механическая компенсация эффектов взаимовлияния. Уравнение динамики многозвенного манипуляционного робота. Декомпозиция уравнений динамики манипулятора. Эффекты взаимовлияний между степенями подвижности манипулятора. Математическая модель исполнительный системы. Вывод передаточной функции электропривода одной степени подвижности многозвенного манипулятора. Вывод дифференциального уравнения нагруженного электропривода. Расчет исполнительных приводов роботов. Синтез корректирующих устройств и регуляторов. Структурная схема следящего привода.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

Тема 5 Синтез самонастраивающихся и оптимальных систем управления манипуляторами.

Содержание темы: Корректирующие устройства, стабилизирующие параметры передаточных функций электроприводов роботов. Обсуждение принципов стабилизации параметров передаточной функции. Разработка самонастраивающихся корректирующих устройств для двигателей постоянного тока независимого возбуждения или с постоянными магнитами. Разработка самонастраивающихся корректирующих устройств для бесконтактных двигателей постоянного тока. Исследование самонастраивающихся приводов в типовых режимах работы. Синтез и исследование электроприводов манипуляторов, инвариантных к моменту вязкого трения. Приводится вывод дифференциального уравнения, описывающего динамику электропривода многозвенного манипулятора. Самонастраивающаяся коррекция, стабилизирующая коэффициенты дифференциальных уравнений электроприводов роботов. Синтез самонастраивающейся коррекции для двигателей постоянного тока с независим возбуждением. Рассматриваются особенности синтеза и практической реализации самонастраивающейся коррекции, стабилизирующей параметры передаточных функций в случае полного описания эффектов взаимовлияний. Рассматриваются особенности синтеза и практической реализации самонастраивающейся коррекции, стабилизирующей параметры дифференциальных

уравнений в случае полного описания эффектов взаимовлияний. Приводятся примеры робототехнических систем с гидроприводами. Выводятся уравнения, описывающие динамику гидропривода. Рассматриваются особенности синтеза и практической реализации самонастраивающейся коррекции для гидроприводов. Приводится описание метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов. Синтез регуляторов для самонастраивающихся приводов по квадратичному критерию. Формирование структуры оптимального регулятора. Анализ самонастраивающихся оптимальных систем. Составление уравнений динамики электроприводов при стабилизации параметров передаточной функций. Описание динамики электроприводов при стабилизации параметров дифференциальных уравнений. Синтез регуляторов для самонастраивающихся приводов по квадратичному критерию качества. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов для следящих приводов. Рассматриваются особенности синтеза самонастраивающихся нелинейных систем управления приводами манипуляторов произвольной конфигурации на основе квадратичного критерия качества. Синтез структуры и формирование расчетных соотношений для определения параметров оптимального регулятора. Особенности построения и реализации самонастраивающихся регуляторов. Расчет квазиоптимальных регуляторов для электроприводов манипуляторов. Анализ эффективности синтезированных квазиоптимальных приводов манипуляторов.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

Тема 6 Самонастраивающиеся системы с переменной структурой.

Содержание темы: Особенности синтеза систем с переменной структурой для терминального управления при дискретном изменении параметров нагрузки. Синтез упрощенных самонастраивающихся систем с переменной структурой второго порядка. Системы с переменной структурой для вынужденных движений с дискретным изменением параметров нагрузки. Особенности синтеза систем с переменной структурой второго порядка при наличии моментов трения и внешних моментов. Рассматривается вынужденное движение самонастраивающейся системы с переменной структурой второго порядка. Синтез систем с переменной структурой третьего порядка с использованием воздействия по ошибке. Синтез самонастраивающихся систем с переменной структурой с использованием воздействия по ошибке и ее производной. Вынужденное движение самонастраивающейся системы с переменной структурой третьего порядка. Рассматриваются особенности синтеза систем с переменной структурой при непрерывно изменяющихся параметрах нагрузки.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: лекции, практика, лабораторные занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: выполнение работы над ошибками, завершение практической работы, подготовка отчета по лабораторной работе, поиск информации по теме занятия.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы, выполнение аттестационных мероприятий, эффективную самостоятельную работу. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на самостоятельную подготовку к практическим занятиям, выполнение заданий, самостоятельное изучение некоторых разделов курса.

Практические задания и лабораторные работы выполняются студентами как аудиторно, так и самостоятельно. В начале занятия преподаватель информирует студентов о требованиях и дает рекомендации по выполнению каждой практической работы.

Работа над практическими заданиями включает: качество проделанных практических работ, посещаемость занятий, результаты самостоятельной работы по выполнению практических заданий.

Подготовке студента к выполнению работ на практическом занятии должно предшествовать изучение литературы, приведенной в списке основной и дополнительной литературы рабочей программы учебной дисциплины. При этом, желательно, чтобы студенты проводили анализ полученной дополнительной информации, анализировали существенные дополнения и ставили вопросы. В процессе самостоятельной подготовки используются электронные базы данных и различные электронные ресурсы. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Темы практических заданий, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в ФОС к дисциплине.

Текущий контроль проводится:

- по результатам работы студентов на практических занятиях и самостоятельной работы по выполнению практических заданий. Критерием оценки является полнота выполнения практических работ, выполнение их в точном соответствии с постановкой и творческий подход к решению проблем.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : учебник для вузов / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 170 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11992-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/587633> (дата обращения: 19.05.2026).
2. Битюков, В. К. Схемотехника электропреобразовательных устройств : учебник / В. К. Битюков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-1439-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2099140> (Дата обращения - 05.09.2025)

7.2 Дополнительная литература

1. Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : учебник для среднего профессионального образования / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 170 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13082-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/587818> (дата обращения: 19.05.2026).
2. Мехатроника и робототехника : учебное пособие / И. А. Несмиянов, А. Г. Иванов, А. С. Матвеев, Н. С. Воробьева. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2024. — 88 с. — ISBN 978-5-4479-0475-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506074> (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Пахомова, Л. В. Промышленные роботы и робототехнические системы : учебное пособие / Л. В. Пахомова. — Новосибирск : СГУВТ, 2022. — 78 с. — ISBN 978-5-8119-0933-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/293405> (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
2. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
3. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
4. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>

5. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prilib.ru/>

6. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Машина Атвуда(с эл.блоком)ФМ11
- Маятник Максвелла с эл.блоком ФМ1/1 ФМ12
- Маятник унив. с эл.блоком ФМ1/1(ФМ13)
- Модуль ФПЭ-04(маг.поле саленоида)
- Модуль ФПЭ-ИП(источникпитания)
- Тренажер оператора автозаправочной станции Шельф АЗС
- Унифелярный подвес с пушкой с эл.бл ФМ1/1(ФМ15)
- Уст."соударение шаров" с эл.бл.ФМ1/1 (ФМ17)
- Установка ФПК 07(темпер.зав.э/пров.мет. и п/пр
- Установка ФПТ1-1(коэфф.вязкости воздуха)
- Установка ФПТ1-11(изменение энтропии)

Программное обеспечение:

- AutoCAD
- Microsoft Office Professional Plus 2010
- Python

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Направление и направленность (профиль)
15.03.06 Мехатроника и робототехника. Мехатроника и робототехника

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (Б-МР)	ПКВ-2 : Способен разрабатывать проектные решения для создания мехатронных и робототехнических систем	ПКВ-2.4к : Умеет формулировать предложения по компоновке мехатронных и робототехнических систем.
		ПКВ-2.5к : Осуществляет выбор и обосновывает технические решения при проектировании мехатронных и робототехнических систем

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ПКВ-2 «Способен разрабатывать проектные решения для создания мехатронных и робототехнических систем»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код	Тип	Результат	
ПКВ-2.4к : Умеет формулировать предложения по компоновке мехатронных и робототехнических систем.	РД 1	Знание	классификации и особенностей элементов робототехнических систем, видов и схем исполнительных приводов роботов	перечисляет виды робототехнических систем, виды и схемы исполнительных приводов роботов, методы решения задач кинематики и динамики различных типов роботов
ПКВ-2.5к : Осуществляет выбор и обосновывает технические решения при проектировании мехатронных и робототехнических систем	РД 2	Умение	правильно выбирать элементы для конкретных роботов и манипуляторов	демонстрирует способность правильно выбирать элементы для конкретных роботов и манипуляторов исходя из требований решаемых задач
	РД 3	Навык	анализа сложных робототехнических систем и применения современных методов синтеза систем управления роботов	анализирует сложные робототехнические системы, применяет современные методы синтеза систем управления роботов, решает прямую и обратную задачу кинематики и динамики различных типов роботов

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Очная форма обучения				
РД1	Знание : классификации и особенностей элементов робототехнических систем, видов и схем исполнительных приводов роботов	1.1. Классификация роботов и их элементов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.2. Кинематика роботов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.3. Динамика роботов и планирование траекторий движения	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.4. Классификация систем управления роботов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.5. Синтез самонастраивающихся и оптимальных систем управления манипуляторами.	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.6. Самонастраивающиеся системы с переменной структурой	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
РД2	Умение : правильно выбирать элементы для кон	1.1. Классификация роботов и их элементов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме

	кретных роботов и манипуляторов		Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		1.2. Кинематика роботов	Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		1.3. Динамика роботов и планирование траекторий движения	Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
РДЗ	Навык : анализа сложных робототехнических систем и применения современных методов синтеза систем управления роботов	1.4. Классификация систем управления роботов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.5. Синтез самонастраивающихся и оптимальных систем управления манипуляторами.	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
		1.6. Самонастраивающиеся системы с переменной структурой	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Опрос	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство				
	Опрос	Практические задания	Лабораторные работы	Экзамен	Итого
Лекции	20				20
Практические занятия		20			20
Лабораторные работы			20		20

Самостоятельная работа		10	10		20
Промежуточная аттестация				20	20
Итого	20	30	30	20	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обладает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Примеры заданий для выполнения практических работ

Задание 1. Даны описания четырёх роботов: промышленный сварочный манипулятор, мобильный робот-пылесос, хирургический робот и четвероногий шагающий робот. Классифицируйте каждого робота по поколению, назначению, среде работы, типу управления и мобильности. Обоснуйте ответ.

Задание 2. Для трёхзвенного плоского манипулятора с вращательными сочленениями определите число степеней подвижности, тип сочленений, примерную рабочую зону и возможные конфигурации. Опишите, как изменится рабочая зона при добавлении ещё одного звена.

Задание 3. Задана последовательность поворотов схвата: сначала вокруг вертикальной оси, затем вокруг поперечной, затем вокруг продольной. Опишите словами итоговую ориентацию схвата и объясните, почему порядок поворотов важен.

Задание 4. Для двухзвенного плоского манипулятора известны длины звеньев и углы поворота в сочленениях. Определите положение схвата в пространстве. Опишите ход рассуждений без вычислений.

Задание 5. Для того же двухзвенного манипулятора задано желаемое положение схвата. Найдите возможные варианты углов в сочленениях. Объясните, почему решений может быть несколько.

Задание 6. Для шестистепенного манипулятора типа PUMA объясните, как разделить обратную задачу кинематики на две части: определение положения запястья и определение ориентации схвата. Перечислите возможные конфигурации манипулятора.

Задание 7. Для заданной кинематической схемы манипулятора составьте таблицу параметров Денавита-Хартенберга. Опишите словами, как выбрать оси систем координат звеньев и какие четыре параметра нужно определить для каждого сочленения.

Задание 8. Манипулятор должен переместить схват из точки А в точку Б за заданное время с ограничениями по скорости и ускорению. Постройте сглаженную 4-3-4 траекторию. Опишите три участка движения и условия непрерывности.

Задание 9. Для степени подвижности манипулятора, работающего с тяжёлой нагрузкой и требующего высокой точности, выберите тип исполнительного привода и тип редуктора. Обоснуйте выбор, сравнив электропривод, гидропривод и пневмопривод.

Задание 10. При быстром движении манипулятора возникает взаимовлияние между степенями подвижности. Опишите, какие динамические моменты появляются и как механическая разгрузка помогает уменьшить нагрузку на приводы.

Задание 11. Синтезируйте структуру самонастраивающегося привода, который должен сохранять качество управления при изменении массы нагрузки. Опишите, какие параметры нужно идентифицировать и как менять настройки регулятора.

Задание 12. Привод робота работает при наличии трения и внешних моментов. Предложите систему с переменной структурой для терминального управления. Опишите, как выбрать поверхность переключения и закон управления.

Краткие методические указания

Для того, чтобы подготовиться к практическому занятию, сначала следует ознакомиться с соответствующим текстом учебника (лекции). Подготовка к практическому занятию начинается поле изучения задания и подбора соответствующих литературы и нормативных источников. Работа с литературой может состоять из трёх этапов - чтение, конспектирование и заключительное обобщение сути изучаемой работы. Подготовка к практическим занятиям, подразумевает активное использование справочной литературы (энциклопедий, словарей, альбомов схем и др.) и периодических изданий. Владение понятийным аппаратом изучаемого курса является необходимостью.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
«отлично»	24–30	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении заданий.
«хорошо»	18–23	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении заданий.
«удовлетворительно»	11–17	Обучающийся показывает удовлетворительный уровень знаний при выполнении заданий.
«не удовлетворительно»	0–10	Обучающийся не продемонстрировал знаний по теме при выполнении заданий.

5.2 Примерные темы для опроса

1. Какие поколения роботов выделяют и по каким признакам классифицируют роботов?
2. Какие основные структуры роботов существуют и как развивалась робототехника?
3. Что представляет собой матрица поворота вокруг произвольной оси и как поворот описывается через углы Эйлера?
4. В чём геометрический смысл матрицы поворота, каковы её свойства и зачем нужны однородные координаты?
5. Что такое звенья и сочленения, какие параметры используются в представлении Денавита-Хартенберга и как формируются системы координат звеньев?
6. Какие подходы применяются для решения обратной задачи кинематики?

7. В чём суть геометрического подхода к обратной задаче кинематики, какие конфигурации бывают у манипулятора и как решается задача для первых трёх сочленений манипулятора типа PUMA?

8. Как описывается динамика многозвенного манипулятора методом Лагранжа-Эйлера?

9. Какие особенности учитываются при выборе исполнительных приводов роботов?

10. Что такое рекуррентные уравнения динамики манипулятора и зачем они нужны?

11. Как планируются траектории манипулятора, что такое сглаженные траектории и как рассчитывается 4-3-4 траектория?

12. Каковы особенности синтеза манипуляционных систем и что представляет собой обобщённый анализ адаптивных систем управления?

13. В чём заключается концепция синтеза систем управления манипуляторами и какие у неё основные направления?

14. Какие эффекты взаимовлияния возникают между степенями подвижности манипулятора и что такое механическая разгрузка движений?

15. Что такое передаточная функция электропривода степени подвижности и чем характеризуется дифференциальное уравнение нагруженного электропривода?

16. Какие корректирующие устройства применяются для стабилизации параметров передаточных функций электроприводов роботов?

17. В чём суть самонастраивающейся коррекции, стабилизирующей коэффициенты дифференциальных уравнений электроприводов?

18. Как синтезируются самонастраивающиеся приводы, инвариантные к сложному взаимовлиянию между степенями подвижности манипулятора?

19. В чём особенность самонастраивающейся коррекции для гидроприводов манипуляторов?

20. Как выполняется аналитическое конструирование оптимальных регуляторов для следящих приводов, синтез по квадратичному критерию и формирование структуры оптимального регулятора?

21. Какие системы с переменной структурой применяются для управления приводами роботов?

Краткие методические указания

Опрос проводится как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством опроса по одному вопросу из каждого представленного выше раздела.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
«отлично»	17-20	Ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.
«хорошо»	13-16	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.
«удовлетворительно»	9-12	Ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

«не удовлетворительно»	0-8	Ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся не глубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.
------------------------	-----	---

5.3 Вопросы к экзамену

1. Поколения и классификация роботов.
2. Структуры различных роботов. Развитие робототехники.
3. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Представление матриц поворота через углы Эйлера.
4. Геометрический смысл матриц поворота. Свойства матриц поворота. Однородные координаты и матрицы преобразований.
5. Звенья, сочленения и их параметры. Представление Денавита-Хартенберга.
6. Алгоритм формирования систем координат звеньев.
7. Подходы к решению обратной задачи кинематики.
8. Геометрический подход к решению обратной задачи кинематики. Определение конфигураций манипулятора. Решение для шестистепенного манипулятора типа PUMA.
9. Описание динамики многозвеного манипулятора. Метод Лагранжа-Эйлера.
10. Особенности выбора исполнительных приводов роботов.
11. Рекуррентные уравнения динамики манипулятора.
12. Планирование траекторий манипулятора. Сглаженные траектории в пространстве присоединенных переменных. Расчет 4-3-4-траектории.
13. Особенности синтеза манипуляционных систем. Обобщенный анализ адаптивных систем управления.
14. Концепция синтеза систем управления манипуляторами и основных ее направлений.
15. Эффекты взаимовлияний между степенями подвижности манипулятора. Механическая разгрузка его движений.
16. Передаточная функция электропривода степени подвижности многозвеного манипулятора. Дифференциальное уравнение нагруженного электропривода.
17. Корректирующие устройства, стабилизирующие параметры передаточных функций электроприводов роботов.
18. Самонастраивающаяся коррекция, стабилизирующая коэффициенты дифференциальных уравнений электроприводов роботов.
19. Синтез самонастраивающихся приводов, инвариантных к сложному взаимовлиянию между степенями подвижности манипулятора.
20. Системы с переменной структурой для управления приводами роботов при изменяющихся параметрах нагрузки.

Краткие методические указания

Экзамен проводится как контроль знаний, которыми обладает студент, на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанный на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Уровень усвоения материала проверяется посредством оценивания полноты ответа студента по разделам дисциплины в соответствии с контрольными вопросами.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
«отлично»	17-20	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Обучающийся показал систематическое и глубокое знание технических приемов дисциплины, умение применять их на практике, способен свободно и правильно использовать изученные приемы. Все практические работы выполнены на отличном профессиональном уровне. Студент выполняет задания в отведенный срок. Выполняет требуемые работы на практических занятиях, а также завершает работу самостоятельно. Проводит самостоятельный поиск дополнительных источников. Работает с основной и дополнительной литературой.

«хорошо»	13-16	Обучающийся показал полное знание теоретического материала, владение техническими приемами дисциплины, умение самостоятельно выполнять задания, способность свободно и правильно использовать полученные навыки, но допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя. Способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Студент выполняет работы на практических занятиях, а также завершает работу самостоятельно. Частично проводит самостоятельный поиск дополнительных источников. Работает с основной и дополнительной литературой.
«удовлетворительно»	9-12	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на недостаточном уровне, допускаются ошибки в выполнении практических работ, проявляется отсутствие отдельных знаний и умений. Допускает существенные ошибки при выполнении заданий, в выборе технических приемов дисциплины, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя. Владеет знанием основных разделов, необходимых для дальнейшего обучения, знаком с основной и рекомендованной литературой, рекомендованной программой. Студент не успевает выполнять задания в отведенный срок. Выполняет работы на практических занятиях, не завершает работу самостоятельно. Не проводит самостоятельный поиск дополнительных источников.
«не удовлетворительно»	0-8	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Студент демонстрирует существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает грубые ошибки в основных понятиях дисциплины и при выполнении практических работ. Студент неудовлетворительно выполняет задания. Выполняет не все задания. Не работает самостоятельно.

5.4 Пример заданий на лабораторную работу

Лабораторная работа «Синтез корректирующего устройства, стабилизирующие параметры передаточных функций электроприводов роботов в среде MATLAB».

Цель работы:

Освоить методику синтеза корректирующих устройств для электроприводов роботов, обеспечивающих стабилизацию параметров передаточных функций при изменении нагрузки и других дестабилизирующих факторов, с использованием возможностей MATLAB и Simulink.

Задачи работы:

1. Изучить типовую структуру электропривода степени подвижности робота и его передаточную функцию.
2. Освоить методы анализа устойчивости и качества динамических систем в MATLAB (Control System Toolbox, Simulink).
3. Синтезировать корректирующее устройство, стабилизирующее параметры передаточной функции при вариациях нагрузки.
4. Исследовать влияние изменения момента инерции, трения и внешних моментов на динамику привода.
5. Оценить эффективность коррекции по запасам устойчивости, переходным процессам и чувствительности.
6. Оформить отчет с результатами синтеза и моделирования.

Краткие методические указания

Результаты, полученные в ходе выполнения лабораторных работ должны быть оформлены в виде отчета. Студентом должны быть подготовлены ответы на контрольные вопросы по темам лабораторных работ. В лабораторных работах осваиваются навыки, которые необходимы, чтобы качественно выполнить кейс и затем использовать эти навыки при выполнении студенческих работ, а затем и в профессиональной деятельности.

Шкала оценки

Оценка	Баллы по результатам итоговой оценки	Описание
«отлично»	24–30	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении лабораторных работ
«хорошо»	18–23	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении лабораторных работ

«удовлетворительно»	11–17	Обучающийся показывает средний уровень знаний при выполнении лабораторных работ
«не удовлетворительно»	0–10	Обучающийся показывает низкий уровень знаний при выполнении лабораторных работ или не показывает знаний, не выполняя задание