

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Х.М. БЕРБЕКОВА»

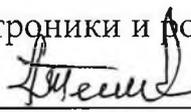
«УТВЕРЖДАЮ»  
И.о. первого проректора  
проректора по УР  
В.Н. Лесев  
«    »      2023 г.



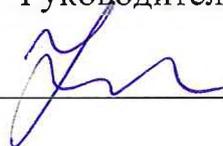
**ПРОГРАММА**

**вступительных испытаний для поступающих в магистратуру  
по направлению 15.04.06 Мехатроника и робототехника**

**Магистерская программа – Мехатронные системы автоматизации в  
машиностроении**

И.о. директора  
института информатики,  
электроники и робототехники  
 Р.Ш. Тешев

Руководитель программы

 Х.М. Сенов

Нальчик, 2023

## 1. Управление роботами и робототехническими системами

Общие сведения о системах управления роботами и робототехническими системами. Общие представления о задачах управления промышленным роботом. Понятие промышленного робота-манипулятора. Классификация промышленных роботов по способу осуществления пространственных перемещений. Классификация роботов-манипуляторов по числу степеней подвижности. Классы кинематических пар. Понятие маневренности манипулятора.

Кинематика манипулятора. Предмет кинематики манипулятора. Основные задачи кинематики манипулятора, понятие прямой и обратной задачи кинематики. Матрица поворота. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Представление матриц поворота через углы Эйлера. Геометрический смысл матриц поворота. Однородные координаты и матрицы преобразований. Геометрический смысл однородной матрицы преобразования. Однородная матрица композиции преобразований. Звенья, сочленения манипулятора и их параметры. Представление Денавита-Хартенберга, алгоритм построения систем координат звеньев промышленного манипулятора. Уравнения кинематики манипулятора. Решение прямой задачи кинематики манипулятора. Определение положения и ориентации схвата манипулятора. Решение обратной задачи кинематики манипулятора, метод обратных преобразований, геометрический подход. Решение обратной задачи кинематики для первых двух сочленений. Геометрия рабочего пространства манипулятора, конфигурация рабочего пространства и его объем

Динамика манипулятора. Динамика промышленного робота-манипулятора. Скорости и ускорения звеньев манипулятора. Уравнения для скоростей и ускорений в однородных координатах. Уравнения Ньютона-Эйлера и метод Лагранжа-Эйлера для описания динамики промышленного робота-манипулятора. Понятие прямой и обратной задачи динамики манипулятора. Решение прямой задачи динамики манипулятора для первых двух сочленений.

Планирование траекторий манипулятора. Общая постановка задачи планирования траекторий. Планирование траекторий в пространстве обобщенных координат, сглаживание траекторий. Задача планирования траекторий в декартовых координатах рабочего пространства манипулятора.

Динамическое управление движением робота. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики. Компенсация динамики манипулятора в режиме реального времени, компенсация динамики программного движения.

Декомпозиция управления. Декомпозиция уравнений динамики манипуляционного механизма, декомпозиция управляющих сигналов.

Динамическое планирование. Планирование движения вдоль заданной траектории с учетом динамических ограничений. Планирование движения манипулятора по собственной траектории.

Управление сложной робототехнической системой. Понятие сложной робототехнической системы. Конечный автомат как модель объекта управления. Построение моделей подсистемы. Роботы как элемент сложной системы, модели подсистем. Сетевой автомат. Сеть автоматов, последовательное соединение сетевых автоматов, соединение с обратной связью. Сеть автоматов и эквивалентный автомат. Методы управления сложной робототехнической системой.

### Литература

1. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами: Учеб. Для вузов –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 400с.

Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов/ под ред. Е.И. Юревича. –М.: Машиностроение, 2007 -360с.

Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: Учебное пособие. –СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608 с.

Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора.-М.: Наука, 1976.-104 с.

Робототехнические системы и комплексы: Учеб. Пособие для вузов/ Мачульский И.И, Запятой В.П., Майоров Ю.П. и др. М.: Транспорт 1999. 446 с.

Фу К., Гонсалес Р., Ли. К. Робототехника. –М.: Мир, 1989. -624 с.

Шахинпур М. Курс робототехники.-М.: Мир, 1990.-527 с.

Юревич Е. И. Основы робототехники -2е изд. –СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416с.

## 2. Теория автоматического управления

Основные понятия и определения. Основные термины и определения. Автоматика – отрасль науки и техники, охватывающая совокупность методов и технических средств, освобождающих человека от непосредственного выполнения операций по контролю и управлению производственными процессами и техническими устройствами. Объект управления. Автоматическое управление. Система автоматического управления (САУ). Управляющие воздействия. Входные, выходные и управляемые переменные. Разомкнутые и замкнутые системы регулирования и управления. Обратная связь. Функциональная схема САУ.

Режимы работы систем автоматического управления. Статический и динамический режим работы САУ. Звенья САУ – элементы САУ, рассматриваемые с точки зрения их поведения в статических и динамических режимах. Линейные и нелинейные звенья.

Статические характеристики замкнутой САУ. Устойчивость САУ. Время переходного процесса САУ.

Принципы и законы управления Три принципа управления: 1. управление по отклонению; 2. управление по возмущению; 3. комбинированное управление. Закон регулирования.

Классификация систем автоматического управления. Статические и астатические САУ. Системы автоматической стабилизации. Системы программного управления. Следящие системы. Линейные и нелинейные САУ. Непрерывные и дискретные САУ. Одномерные и многомерные САУ. Одноконтурные и многоконтурные САУ.

Общая характеристика математического описания САУ. Типовые динамические звенья. Математическая модель САУ. Дифференциальные уравнения линейных САУ. Преобразование Лапласа. Типовые звенья САУ. Передаточные функции. Аperiodическое звено. Колебательное звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Усилительное звено.

Устойчивость систем автоматического управления. Понятие устойчивости САУ. Устойчивость замкнутой САУ. Анализ устойчивости САУ. Критерии устойчивости САУ. Критерий Рауса. Критерий Гурвица.

### Литература

1. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 2005.

2. Бушуев С.Д., В.С. Михайлов Автоматика и автоматизация производственных процессов: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1990.

3. Бессекерский В.А. и др. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. М.: Наука, - 1978.

4. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975.

5. Солодовников В.В. и др. Теория автоматического регулирования, книги 1, 2, 3. М.: Машиностроение , 1967.

### **3. Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем**

Системное программное обеспечение. Программа начального запуска. Программа – монитор. Редактор текста. Программа – ассемблер. Отладчик. Языки программирования высокого уровня. Интерпретаторы и компиляторы. Служебные инструкции.

Отладочные системы. Назначение, особенности работы на отладочных системах. Методы подготовки программ с использованием средств отладки. Программы – драйверы. Состав комплексов отладочных систем. Программаторы.

Алгоритмы управления. Методы построения алгоритмов. Математические основы задания законов управления. Классические законы управления. Табличное задание законов управления. Численные методы решения. Управление скоростью двигателя, регуляторы положения, скорости, тока. Обработка информации с измерительных устройств.

Система команд микроконтроллера. Методы адресации. Типы команд, формат команд, особенности выполнения. Команды работы с битами. Примеры программирования. Вычислительные задачи. Задачи ввода и вывода дискретной информации. Программирование устройств управления технической системой

Микроконтроллер RISC архитектуры AVR

Основные характеристики. Функциональная схема микроконтроллера. Организация памяти программ. Организация памяти данных. Обзор системы команд. Интерфейсные средства.

Пакеты для разработки аппаратных средств микропроцессорных устройств .

Литература

Безгулов Д.А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д.А. Безгулов, И.В. Калиенко. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 480 с..

Нарышкин А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие/ А.К. Нарышкин: учебное пособие / А.К. Нарышкин. — М.: Академия, 2006. — 320 с.

Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах. - М.: Мир, 1993. - т. 2.

Белов А.В. Самоучитель по микропроцессорной технике. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 224 с.

Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. — СПб.: Наука и Техника, 2005. — 256 с.

### **4. Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике**

Выход с двумя состояниями. Выход с тремя состояниями. Объединение выходов цифровых микросхем. Классическая и шинная организация связей между микросхемами. Операции над двоичными числами. Двоичная, восьмеричная и шестнадцатеричная системы счисления. Простые логические элементы. Дешифраторы. Шифраторы. Мультиплексоры. Регистры. Параллельные и сдвиговые регистры. Применение микросхем памяти. Классификация микросхем памяти. Постоянная память. Карта прошивки ПЗУ. Расширение ПЗУ по адресу. Применение микросхем ЦАП и АЦП. Устройство и организация современных микропроцессоров. Шины адреса, данных и управления.

Периферийные модули микропроцессоров. Порты ввода-вывода. Счетчики-таймеры. Интерфейсы внешних устройств. Микропроцессорные устройства в мехатронике и робототехнике. Цифровые сигнальные процессоры.

Литература

Безгулов Д.А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д.А. Безгулов, И.В. Калиенко. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 480 с..

Нарышкин А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие/ А.К. Нарышкин: учебное пособие / А.К. Нарышкин. — М.: Академия, 2006. — 320 с.

Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах. - М.: Мир, 1993. - т. 2.

Белов А.В. Самоучитель по микропроцессорной технике. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 224 с.

## **5. Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств**

Приводы мехатронных и робототехнических систем. Понятие «приводы мехатронных и робототехнических систем». Организация обобщенной функциональной схемы привода. Электрические, гидравлические и пневматические приводы. Преобразование энергии в приводах. Сравнительный анализ электрических, гидравлических и пневматических приводов.

Приводы мехатронных и робототехнических систем на основе машин постоянного тока. Способы возбуждения машин постоянного тока. Машины постоянного тока с независимым возбуждением и самовозбуждением. Схемы возбуждения.

Режимы работы машин постоянного тока. Работа машин в генераторном режиме. Схема замещения цепи якоря. Генератор независимого возбуждения. Генератор с параллельным возбуждением. Работа машин в режиме двигателя. Двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением.

Приводы мехатронных и робототехнических систем на базе асинхронных двигателей. Назначение, принцип действия, устройство асинхронных двигателей. Образование вращающегося магнитного поля и обмотки асинхронных машин. Характеристики асинхронного двигателя. Механическая характеристика асинхронных двигателей.

Управляемые электромеханические системы. Принципы построения электромеханических с непрерывным управлением. Классификация и основные характеристики электромеханических систем. Общие принципы построения систем управления электроприводом. Регулирование скорости электродвигателя. Структурное построение систем управления электроприводом. Одноканальные и много канальные системы управления электроприводом.

Гидравлические пневматические приводы мехатронных систем. Рабочие среды и их влияние на показатели приводов. Принцип работы гидро – и пневмоприводов. Классификация и характеристики объемных приводов. Источники питания гидравлических приводов. Насосы подачи смазочно-охлаждающей жидкости. Исполнительные двигатели гидро и пневмоприводов.

### **Литература**

1. Карнаухов Н.Ф. Электромеханические и мехатронные системы. – Ростов н/Д: Феникс, 2006.

2. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго - и ресурсосбережение: учеб. Пособие для студ. Высш. Учебн. Завед. – М.: Изд. Центр «Академия», - 2008.

3. Карнаухов Н.Ф. Частотно- управляемый асинхронный электропривод мехатронных систем. Основы расчета и проектирования: учебн. Пособие. – Ростов н/Д: Изд. Центр ДГТУ, 2009.

4. Сукманов В.И. Электрические машины и аппараты. – М.: Колос, 2001.

5. Жаворонков М.А., Кузин А.В. Электротехника и электроника: учебн. Пособие для студ. Высш. Учебн. Заведений. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008.

## **6. Информационные устройства и системы в робототехнике**

Назначение, классификация, состав и основные функции информационных систем. Место информационных устройств и систем в современных робототехнических системах. Назначение информационных устройств и систем робототехнических комплексов, их классификация. Состав и функциональные схемы информационных устройств, применяемых в робототехнике. Подсистемы измерения, контроля, технической диагностики, идентификации. Измерительная подсистема. Основные функции измерительной подсистемы.

Датчики информационных систем. Датчики информационных систем, применяемые в робототехнике. Основные виды датчиков. Классификация датчиков по виду измеряемой величины, принципу действия, способу получения выходного сигнала (генераторные и параметрические), виду выходной величины (аналоговые и цифровые).

Виды погрешностей средств измерения. Время преобразования и граничная частота преобразования. Способы снижения различных видов погрешностей. Достоинства дифференциальной схемы включения датчиков. Тактильные датчики. Локационные датчики и системы. Оптические датчики. Абсолютные и инкрементальные оптические энкодеры. Использование оптических датчиков в робототехнических системах. Лазер и светодиод как источник излучения. Преимущества использования лазера при передаче информации. Приемники излучения.

Системы технического зрения. Системы технического зрения. Состав и функции систем технического зрения. Принцип получения изображения. Использование систем технического зрения в сборочных и мобильных роботах. Обработка видеoinформации. Распознавание объектов на изображении.

Развитие и совершенствование информационных систем робототехнических устройств. Адаптивная робототехническая система. Основные задачи, решаемые адаптивными робототехническими системами.

#### Литература

Адаптивное управление технологическими процессами / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, С.П. Протопопов и др. - М.: Машиностроение, 1980.-536 с.

Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. Учеб. Пособие. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384с.

Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект/ -М.: Бином. 2008. -359с.

Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов/ под ред. Е.И. Юревича. –М.: Машиностроение, 2007 -360с.

Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: Учебное пособие. –СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608 с.

Робототехнические системы и комплексы: Учеб. Пособие для вузов/ Мачульский И.И, Запятой В.П., Майоров Ю.П. и др. М.: Транспорт 1999. 446 с.

Фу К., Гонсалес Р., Ли. К. Робототехника. –М.: Мир, 1989. -624 с.

Юревич Е. И. Основы робототехники -2е изд. –СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416с.

### **7. Проектирование роботов и робототехнических систем**

Общие вопросы проектирования как вида инженерной деятельности. Понятие проектирования. Проектирование как комплекс работ, направленный на изыскание, исследование, расчет и конструирование объекта проектирования. Цель проектирования как вида человеческой деятельности. Мехатронные устройства как объект проектирования. Конструирование как часть проектирования.

Общие сведения о роботах. Основные понятия и определения по ГОСТ Обобщенная структура робота. Понятие промышленного робота. Составные элементы промышленного робота. Описание и характеристика элементов ПР. Структурная схема ПР.

Исполнительное устройство промышленного робота. Состав исполнительного устройства. Манипулятор (опорные конструкции, манипуляционная система, рабочий орган), приводы (кинематических пар, рабочего органа, устройства передвижения) Описание и характеристика элементов исполнительного устройства.

Устройства управления промышленных роботов. Состав устройства управления промышленного робота (система управления, информационно-измерительная система, система связи). Назначение и функции системы управления. Назначение и функции информационно-измерительной системы и системы связи.

Классификация промышленных роботов. Классификация промышленных роботов в соответствии с ГОСТ 25685-83. Универсальные, специализированные и специальные промышленные роботы. Краткая характеристика каждого из этих роботов. Классификация промышленных роботов по виду выполняемых технологических операций (основные и вспомогательные ПР). Признаки классификации ПР (грузоподъемность, число степеней подвижности, возможность передвижения, способ установки на рабочем месте, вид системы координат, вид управления, способ программирования). Классификация ПР по виду привода.

Механические системы промышленных роботов. Понятие механизма. Структурная основа промышленного робота – механизм. Механизм как совокупность подвижно соединенных твердых тел (звеньев), совершающих под действием приложенных сил определенные целесообразные движения. Понятие кинематической пары, как соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающие их относительное движение. Классы кинематических пар. Понятие кинематической цепи. Замкнутые и разомкнутые кинематические цепи.

Приводы промышленных роботов. Понятие и назначение приводов промышленных роботов. Электрические, пневматические, гидравлические, механические и комбинированные приводы. Сравнительная характеристика приводов (достоинства и недостатки каждого из приводов). Особенности расчета и применения элементов систем управления промышленных роботов. Выбор электродвигателя по мощности и моменту.

Проектирование манипулятора. Кинематический расчет манипулятора. Прямая и обратная задача кинематики при проектировании промышленного робота. Определение параметров движения по степеням подвижности. Определение абсолютных скоростей и ускорений. Источники погрешностей в промышленных роботах.

#### Литература

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных робототехнических систем: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2012.

2. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учебное пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтарская, В.П. Гонтарский и др.; Под ред. В.Б. Самопкина. – К.: Выща шк., 1990.

3. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1988.

4. Иванов Г.А. Расчет и конструирование механического привода: Учебное пособие. – М.: Академия, 2012.

5. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.

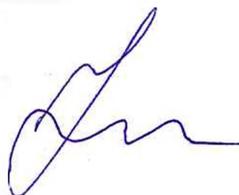
6. Воробьев Е.И. Шехвиц Е.И. Проектирование промышленных роботов. Учебное пособие. - М.: Машиностроение. - 1993.

7. Фролов К.В., Воробьев Е.И. и др. Механика промышленных роботов. Кн. Основы конструирования. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, - 1988.

8. Фу К., Гансалес Р., Ли К. Робототехника. М.: Мир, - 1989.

9. Интернет-ресурсы: <http://rus.robot.com>

Руководитель магистерской программы, д.ф - м.н., профессор



Сенов Х.М.