#### Содержание

**Предисловие**

**ГЛАВА 1. Введение**

1.1. История автоматизации промышленного производства

1.2. Механика манипуляторов и управление ими

1.3. Условные обозначения

**ГЛАВА 2. Пространственные описания и преобразования**

2.1. Введение

2.2. Описания: положения, ориентации, системы отсчета

2.3. Отображения: перевод описаний из одной системы отсчета в другую

2.4. Операторы: сдвиги, вращения и преобразования

2.5. Общие выводы

2.6. Арифметика преобразования

2.7. Уравнения преобразования

2.8. Другие способы представления ориентации

2.9. Преобразование свободных векторов

2.10. Эффективность вычислений

**ГЛАВА 3. Кинематика манипуляторов**

3.1. Введение

3.2. Описание звена

3.3. Описание соединения звеньев

3.4. Привязка систем отсчета к звеньям манипулятора

3.5. Кинематика манипуляторов

3.6. Пространство положений приводов, конфигурационное пространство и декартово пространство

3.7. Примеры: кинематика двух промышленных роботов

3.8. Системы отсчета со стандартными именами

3.9. Где находится инструмент?

3.10. Эффективность вычислений

**ГЛАВА 4. Обратная задача кинематики манипуляторов**

4.1. Введение

4.2. Разрешимость

4.3. Понятие подпространства манипулятора c η< 6

4.4. Алгебраический и геометрический подходы

4.5. Алгебраическое решение за счет сведения к многочлену

4.6. Решение Пайпера в случае трех пересекающихся осей

4.7. Примеры решения обратной задачи кинематики манипуляторов

4.8. Стандартные системы отсчета

4.9. Функция SOLVE для манипулятора

4.10. Повторяемость и точность

4.11. Эффективность вычислений

**ГЛАВА 5. Якобианы: скорости и статические силы**

5.1. Введение

5.2. Положение и ориентация, изменяющиеся во времени

5.3. Линейная и угловая скорости твердых тел

5.4. Более подробно об угловой скорости

5.5. Движение звеньев робота

5.6. «Распространение» скорости от звена к звену

5.7. Якобианы

5.8. Особые точки

5.9. Статические силы в манипуляторе

5.10. Якобианы в пространстве сил

5.11. Декартово преобразование скоростей и статических сил

**ГЛАВА 6. Динамика манипуляторов**

6.1. Введение

6.2. Ускорение твердого тела

6.3. Распределение масс

6.4. Уравнение Ньютона и уравнение Эйлера

6.5. Итерационный метод Ньютона-Эйлера

6.6. Сравнение итерационного и аналитического методов

6.7. Пример динамических уравнений в замкнутой форме

6.8. Структура динамических уравнений манипулятора

6.9. Динамика манипуляторов в формулировке Лагранжа

6.10. Формулировка динамики манипуляторов в декартовом пространстве

6.11. Включение в уравнения динамики влияния нетвердых тел

6.12. Моделирование динамики

6.13. Эффективность вычислений

**ГЛАВА 7. Генерация траектории**

7.1. Введение

7.2. Общие сведения, касающиеся описания и расчета траектории

7.3. Траектории в конфигурационном пространстве

7.4. Траектории в декартовом пространстве

7.5. Геометрические проблемы построения траекторий в пространстве декартовых координат

7.6. Генерация траекторий во время выполнения программы

7.7. Описание траекторий на языке программирования роботов

7.8. Планирование траекторий на основе динамической модели

7.9. Планирование траекторий без столкновений

**ГЛАВА 8. Проектирование манипуляторов**

8.1. Введение

8.2. Проектирование с учетом требований задачи

8.3. Конфигурация кинематической цепи

8.4. Количественная оценка рабочего пространства

8.5. Избыточные и замкнутые структуры

8.6. Приводные схемы

8.7. Жесткость и прогибы

8.8. Датчики положения

8.9. Датчики силы

8.10. Нюансы проектирования датчиков силы

**ГЛАВА 9. Линейное управление манипуляторами**

9.1. Введение

9.2. Управление с обратной связью

9.3. Линейные системы второго порядка

9.4. Управление системами второго порядка

9.5. Разделение закона управления

9.6. Управление движением по заданной траектории

9.7. Подавление помех

9.8. Непрерывное и дискретное управление

9.9. Моделирование одного сочленения и управление им

9.10. Архитектура регулятора промышленного робота

**ГЛАВА 10. Нелинейное управление манипуляторами**

10.1. Введение

10.2. Нелинейные и нестационарные системы

10.3. Системы многомерного управления

10.4. Задача управления манипуляторами

10.5. Практические соображения

10.6. Системы управления современных промышленных роботов

10.7. Анализ устойчивости по Ляпунову

10.8. Системы управления в декартовом пространстве

10.9. Адаптивное управление

**ГЛАВА 11. Силовое управление манипуляторами**

11.1. Введение

11.2. Применение промышленных роботов в сборочном производстве

11.3. Концепции управления в частично ограниченных задачах

11.4. Задача комбинированного позиционно-силового управления

11.5. Силовое управление системой масса—пружина

11.6. Схема комбинированного позиционно-силового управления

11.7. Схемы управления современных промышленных роботов

**ГЛАВА 12. Языки и системы программирования роботов**

12.1. Введение

12.2. Три уровня программирования роботов

12.3. Пример задачи

12.4. Требования, предъявляемые к языкам программирования роботов

12.5. Проблемы, свойственные языкам программирования роботов

**ГЛАВА 13. Системы автономного программирования**

13.1. Введение

13.2. Основные вопросы, связанные с разработкой систем автономного программирования

13.3. Симулятор «Pilot»

13.4. Автоматическое выполнение подзадач в системах автономного программирования роботов

**ПРИЛОЖЕНИЕ A. Тригонометрические тождества**

**ПРИЛОЖЕНИЕ B. 24 представления ориентации с помощью множества углов**

**ПРИЛОЖЕНИЕ C. Некоторые формулы обратной кинематики**

**Решения отдельных упражнений**

**Предметный указатель**