

# ВВЕДЕНИЕ В СОВРЕМЕННУЮ РОБОТОТЕХНИКУ

ШИМАНЧУК Дмитрий Викторович  
d.shimanchuk@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный университет  
Факультет прикладной математики – процессов управления

Санкт-Петербург – 2018 г.

## ВВЕДЕНИЕ

### Задачи управления

- Планирование положений;
- Планирование движений;
- Планирование усилий;
- Анализ динамической точности;
- Идентификация кинематических и динамических характеристик робота.

### Определение

*Механизмом* называют систему тел, предназначенную для преобразования движения одних тел в требуемое движение других.

### Определение

*Манипулятор* — механизм, обладающий несколькими степенями подвижности, который предназначен для перемещения и ориентации объектов в рабочем пространстве.

### Определение

*Рабочий орган (инструмент) промышленного робота* — составная часть манипулятора промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций или вспомогательных переходов.

### Определение

*Схват* — инструмент, предназначенный для захвата объектов определённой формы.

## Определение

*Промышленный робот* — автоматическая машина, представляющая собой совокупность манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и/или технологической оснастки.

## Определение

*Исполнительное устройство промышленного робота* — устройство промышленного робота, выполняющее все его двигательные функции (манипулятор и, может быть, устройство передвижения).

## Определение

*Управляющая программа промышленного робота* — совокупность команд, определяющая заданное функционирование промышленного робота и, может быть, его взаимодействие с обслуживаемым технологическим оборудованием.

## Определение

*Устройство управления промышленным роботом* — устройство промышленного робота для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству в соответствии с управляющей программой.

## Определение

*Программное управление промышленным роботом* — автоматическое управление исполнительным устройством промышленного робота по заранее введённой управляющей программе.

## Определение

*Адаптивное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды и робота с автоматическим изменением управляющей программы.

## Определение

*Контурное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданной траектории с установленным распределением во времени значений скорости.

## Определение

*Позиционное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними.

## Определение

*Групповое управление промышленным роботом* — связанное управление несколькими промышленными роботами, осуществляемое путём координации их управляющих воздействий.

## Определение

*Программирование промышленного робота* — процесс составления, ввода и отладки управляющей программы промышленного робота.

## Определение

*Исполнение управляющей программы* — функционирование исполнительного устройства в соответствии с заданной управляющей программой.



## Определение

*Аналитическое программирование* — программирование, при котором управляющая программа составляется на основе расчёта и дальнейшего ввода в устройство управление.

## Определение

*Обучение* — программирование, при котором составление и ввод управляющей программы осуществляется человеком-оператором при помощи предварительного движения инструмента робота с записью в устройство управления значений параметров этого движения в виде управляющей программы.

## Определение

*Управление роботом* — это комплекс задач, связанный с выбором робота, его адаптацией к технологическому процессу, непосредственным программированием движения, а также синтезом и модификацией системы управления и её программного обеспечения.

# Функциональное описание робототехнической системы I



## Определение

Тела, образующие манипулятор, называют его *звеньями*.

## Определение

Звенья, образующие попарные соединения и допускающие относительные перемещения, называют *кинематическими парами*.

## Замечание

Каждое звено, рассматриваемое как твёрдое тело, имеет шесть степеней свободы.

## Замечание

Если в кинематической паре на относительное движение звеньев наложено  $S$  условий связи ( $S$  — класс кинематической пары,  $0 \leq S \leq 6$ ), то число степеней кинематической пары равно

$$h = 6 - S.$$

$S = 0$  — звенья взаимно свободны,

$S = 3$  — шаровой шарнир,

$S = 4$  — цилиндрическая пара,

$S = 5$  — простой цилиндрический шарнир, призматическая пара поступательного движения,

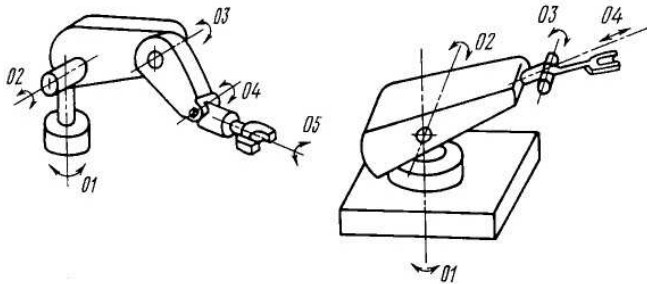
$S = 6$  — взаимно неподвижные.

## Определение

Систему звеньев, образующих кинематические пары, называют *кинематической цепью*.

## Определение

Если в цепи имеются звенья, входящие только в одну кинематическую пару, то цепь называют *незамкнутой (разомкнутой)*. Иначе — *замкнутой*.



Число степеней подвижности кинематической цепи определяет число степеней свободы схвата и равно

$$\nu = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i,$$

$n$  — число подвижных звеньев,

$p_i$  — число кинематических пар  $i$ -го класса.

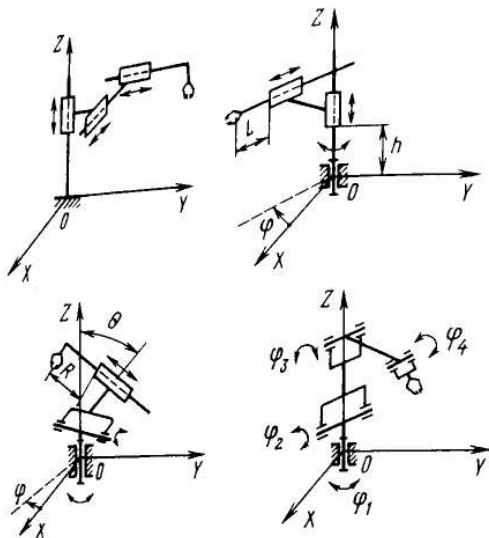
## Замечание

Число степеней подвижности кинематической цепи равно числу кинематических пар только в том случае, если все пары относятся к пятому классу ( $\nu = 6n - 5p_5$ ).

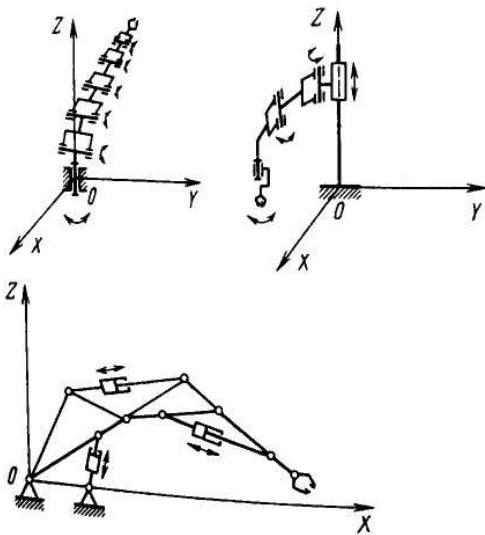
## Замечания

1. Для свободного перемещения и ориентации в пространстве твёрдого тела, удерживаемого схватом, манипулятор должен иметь не менее шести степеней подвижности ( $\nu \geq 6$ ).
2. При  $\nu > 6$  имеет место кинематическая схема с избыточностью — случай, когда на перемещение предмета наложены дополнительные ограничения.
3. При замыкании кинематической цепи число её степеней подвижности понижается.



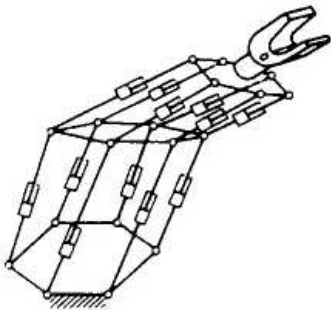


# Функциональное описание робототехнической системы VIII



Степени подвижности манипулятора подразделяют на *переносные* и *ориентирующие*.

В некоторых случаях такого подразделения нет, например, схема манипулятора с избыточностью или конструкция манипулятора, построенная по принципу платформы *Стюарта*:



Типы двигателей:

- Электрические.
- Гидравлические (электрогидравлические).
- Пневматические.

Модуль двигателя:

- Редуктор.
- Датчики обратной связи.
- Микропроцессоры и аналоговые устройства.

## Определение

Система управления, образованная двигателем сочленения и его модулем, представляет собой *привод степени подвижности манипулятора*.

Типы приводов с обратной связью:

- 1 Замкнутый по положению.
- 2 Замкнутый по скорости.
- 3 Замкнутый по моменту.

### Замечание

*Принцип подчиненного регулирования* — подход, основанный на последовательном синтезе всех трёх контуров обратной связи.

Специальные типы приводов:

- Электропривод прямого управления.
- Двигатели, построенные по принципу искусственной мышцы.

### Замечание

По типу приводов определяют тип самого манипулятора.

*Манипулятор как манипуляционный механизм* — система управления, образованная приводами, работающими на общую механическую нагрузку.

*Вход системы* — многокомпонентный сигнал, поступающий с устройства управления.

*Выход системы* — требуемое перемещение манипулятора, схвата без или с нагрузкой, рабочего инструмента.

## Замечание

Такая система называется *исполнительной системой манипуляционного робота*.

## Определение

Способ задания управляющих сигналов на исполнительную систему определяет *тип системы управления роботом*.

*Жёсткопрограммируемые роботы*: программа движения для каждого привода формируется в процессе его обучения и затем повторяется нужное число раз. В случае приводов без обратной связи:

- *Позиционное управление*: посредством программатора комбинируются команды для приближенного задания сложной траектории в виде множества точек, по которым должен двигаться схват манипулятора.
- *Цикловое управление*: движение манипулятора по каждой степени подвижности регулируется электрическими или механическими ограничениями.

В случае приводов с обратной связью:

- *Контурное управление*: осуществляется аппроксимация траектории движения инструмента в виде пространственной кривой с последующим её отслеживанием.

Уровни системы управления манипулятором:

- 1 *Уровень привода:* обеспечивается управление двигателем, осуществляющим движение одной или нескольких степеней подвижности.
- 2 *Уровень центрального процессора:* организуется координированная работа приводов манипулятора (входная информация — траектория или последовательность положений инструмента, нагрузки).

## Определение

Если входная информация преобразуется в управляющие сигналы приводов предварительно и затем записывается в память управляющего устройства в виде программы работы приводов, то говорят о *системе программного управления*.

Способы задания траектории инструмента:

- 1 Непосредственное задание человеком-оператором в процессе обучения (on-line или off-line).
- 2 Планирование движения на более высоком уровне управления (использование искусственного интеллекта).



## Определение

Внешний по отношению к манипулятору контур системы управления, который обеспечивает приспособление работа к изменяющимся условиям работы, позволяет отнести систему управления к *уровню адаптивного управления*.

- Системы технического зрения.
- Системы силомоментного оцувствления.
- Системы, оснащённые ультразвуковым локатором.
- Системы, оснащённые лазерными дальномерами.

Системы адаптивного управления может работать *автономно* или *совместно*. Во втором случае говорят о проблеме создания адаптивных систем — получения интегрального представления об изменениях в рабочем пространстве робота.

## Определение

Более высокий уровень системы управления, на котором предполагается решение в реальном масштабе времени задач, относящихся к задачам искусственного интеллекта, называют *уровнем интеллектуальных систем реального времени*.

## Определение

Системы управления позволяющие обеспечить заданное качество процессов управления независимо от переменной нагрузки манипулятора называют *самонастраивающимися системами управления*.

## Замечание

Подходы создания систем управления, учитывающих динамику манипулятора, объединяют понятием *динамического управления*.

*Систему робототехнического комплекса* можно рассматривать как подсистему гибкой производственной системы, представляющей собой технологический участок или технологическую линию, включающую в себя робототехнический комплекс.

Иерархический принцип построения робототехнических систем:

- ❶ Автоматизированное производство.
- ❷ Гибкая производственная система.
- ❸ Робототехнический комплекс.
- IV. Адаптивная робототехническая система.
- V. Система управления роботом.
- VI. Исполнительная система робота.
- ❹ Приводы робота.

## Определение

*Автономные робототехнические системы* — системы, которые после обучения определённое время работают без участия человека-оператора.

## Определение

Эргатические (человеко-машинные) манипуляционные системы — системы, которые могут работать автоматически, однако управление может быть передано человеку-оператору в тех случаях, когда не определены условия работы, необходима текущая коррекция движений, сопровождаемая анализом ситуации, наконец, когда требуется опыт человека.

- 1 Системы двустороннего действия.
- 2 Экспертная система интеллектуальных роботов.
- 3 Интерактивная робототехническая система.

## Определение

Комплекс аппаратных и программных средств, используемых для организации взаимодействия человека и робота, образуют человекомашинный интерфейс робототехнической системы.