

## СТРУКТУРА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Горохова А.А., Соколова К.В.

Научный руководитель – доцент Дьяконова В.Я.

Сибирский Федеральный Университет

Промышленные роботы – новый класс машин-автоматов. Появившись два-три десятилетия назад, они чрезвычайно быстро развиваются, завоевывая все новые области применения. К настоящему времени промышленные роботы представляют собой весьма сложные агрегаты, в которых использованы последние достижения машиностроения, электротехники и электроники. Три основных компонента промышленного робота – механическая система, двигатели и система автоматического управления – представляются одинаково важными.

Существует стандартное (в соответствии с ГОСТ 25686-85) определение робота. Согласно этому определению *промышленный робот* (ПР) – это автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде *манипулятора*, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления, предназначенная для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Таким образом, промышленный робот – это автоматический манипулятор с программным управлением. В свою очередь, манипулятор – это машина, рабочий орган которой совершает сложные механические движения, аналогичные движениям руки человека. Манипуляторы уже давно применяются в промышленности для оперирования штучными объектами. Первоначально это были машины с ручным управлением для работы либо с опасными (например, радиоактивными) материалами, либо в опасной среде. Позднее появились автоматические манипуляторы (автооператоры, автоманипуляторы, самонаклады), широко используемые в качестве цикловых машин.

Промышленные роботы отличаются от них способом реализации программного закона движения.

Если в цикловых автоматических манипуляторах для получения программного движения рабочего органа в большинстве случаев используется программирующий механизм, то в промышленных роботах с этой целью применяется принцип программного управления. Использование этого принципа в сочетании с обратными связями позволяет изменять закон движения рабочего органа робота, не меняя параметров механизма. Для изменения движения промышленного робота достаточно изменить входные параметры его двигателей, что в современных системах управления осуществляется достаточно просто и быстро. Это обстоятельство делает возможным применение промышленного робота в гибких производственных системах.

Промышленный робот, как и всякий манипулятор, является транспортной машиной. Его задачей является доставить объект (деталь, заготовку, инструмент) в заданную точку пространства, придав ему при этом требуемую ориентацию. Рабочим органом робота является захватное устройство (схват), приспособленное для схватывания и удержания перемещаемого объекта в процессе транспортирования. Механизм, обеспечивающий перемещение захватного устройства вместе с транспортируемым объектом и его ориентацию в пространстве, должен иметь, по меньшей мере шесть степеней подвижности. Этот механизм будем называть исполнительным механизмом, а его звенья – исполнительными звеньями.

В большинстве случаев исполнительные механизмы строятся в виде открытой кинематической цепи. Кинематическая схема одного из таких механизмов изображена на рисунке 1.

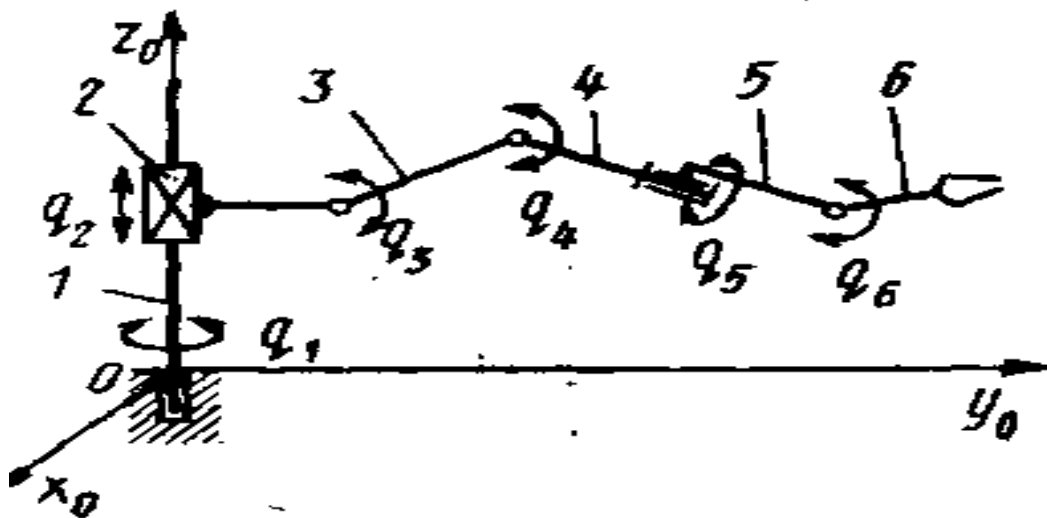


Рис. 1. Кинематическая схема исполнительного механизма промышленного робота

Рассмотрим структуру исполнительного механизма: колонна 1 соединена со стойкой вращательной парой. Угол поворота колонны задается обобщенной координатой  $q_1$ . Каретка 2 связана поступательной парой с колонной; ее перемещение относительно колонны определяется обобщенной координатой  $q_2$ . Плечо 3 связано с кареткой вращательной парой; угол поворота плеча характеризуется координатой  $q_3$ . Таким образом, в исполнительном механизме последовательно соединено поступательными и вращательными парами шесть звеньев. Механизм обладает шестью степенями подвижности;  $q_1, q_2, \dots, q_6$  - его обобщенные координаты.

Каждое последующее звено перемещается по отношению к предыдущему с помощью собственного двигателя и передаточного механизма, не показанных на рисунке 1.

На рисунке 2(a-z) изображены возможные кинематические схемы других исполнительных механизмов промышленных роботов.

В дальнейшем будем рассматривать роботы с исполнительными механизмами, построенными по такому принципу, что и механизмы на рисунках. Будем считать, что исполнительный механизм представляет собой простую (неразветвленную) разомкнутую кинематическую цепь с вращательными и поступательными кинематическими парами.

Число степеней подвижности исполнительного механизма не обязательно равно шести. Увеличение числа степеней подвижности сверх необходимого минимума усложняет и удорожает конструкцию. Однако, это часто оправдано. Избыточные степени подвижности дают возможность обходить препятствия, повышают маневренность промышленных роботов. В робототехнике- науке, занимающейся исследованием промышленных роботов, под *маневренностью* понимают разность между числом степеней подвижности исполнительного механизма промышленного робота и шестью:  $m = W - 6$

Рассмотрим степени подвижности и обобщенные координаты исполнительных механизмов. Кроме исполнительного механизма механическая система промышленного робота содержит и другие элементы, в первую очередь выходные звенья двигателей и передаточные механизмы. Размещаться они могут по-разному, но во многих случаях

двигатель и передаточный механизм, приводящие в движение какое-либо исполнительное звено, располагаются на предыдущем звене. Скажем, применительно к рисунку 1 двигатель и передаточный механизм, приводящие в движение колонну 1 (привод колонны), размещены на нулевом звене (стойке); привод второго звена (каретки) размещен на первом звене (колонне) и т.д.

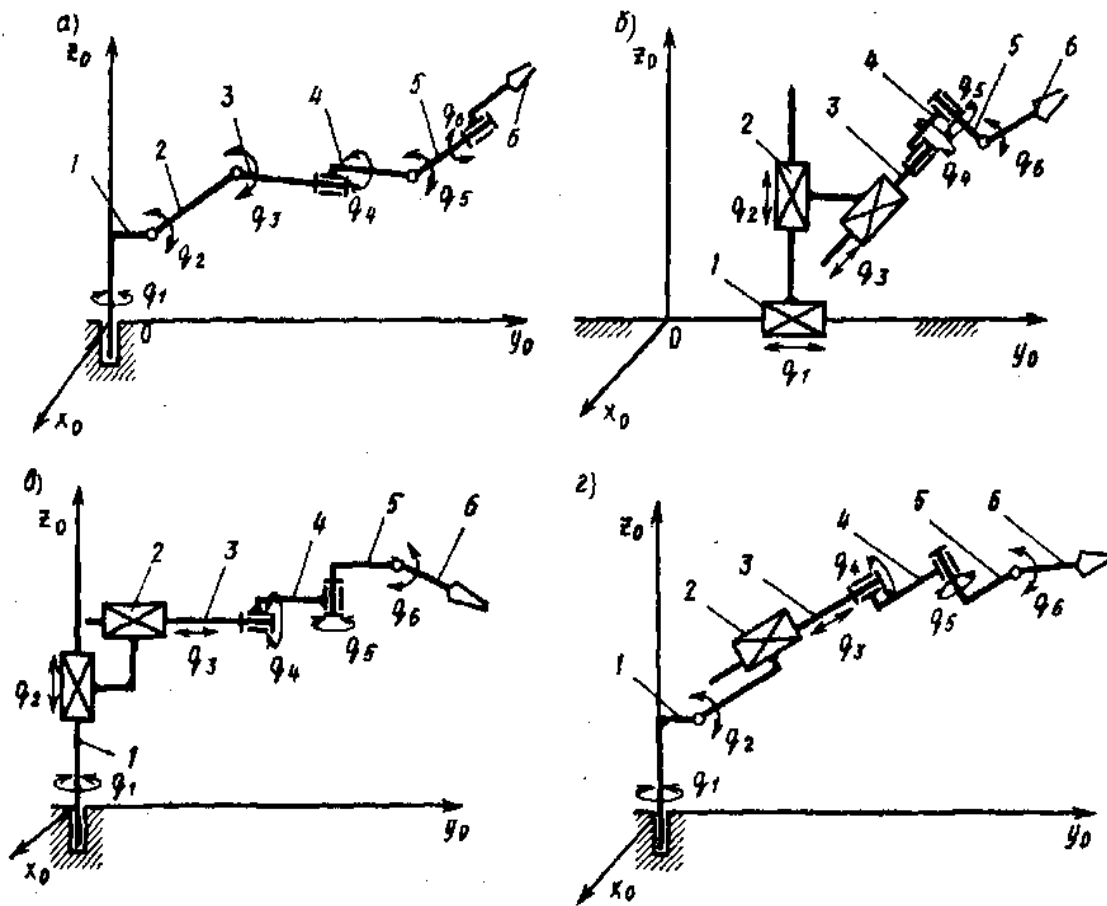


Рис. 2. Кинематические схемы исполнительных механизмов промышленных роботов

Передаточные механизмы, используемые в промышленных роботах, представляют собой зубчатые, зубчато-реечные, зубчато-ременные и т.п. механизмы. Их использование не приводит к изменению числа степеней подвижности механической системы. Последнее может быть определено для исполнительного механизма по формуле Сомова-Малышева, принимающей в данном случае форму  $W=6(N-1)-5p_1$ . Поскольку число подвижных звеньев  $n=N-1$  равно числу одноподвижных кинематических пар  $p_1$ , имеем  $W=n=p_1$ . Число обобщенных координат, очевидно, также равно  $n$ .

Все кинематические пары исполнительного механизма являются входными, поэтому в качестве обобщенных координат выберем относительные перемещения звеньев, входящих в эти кинематические пары.

Такой выбор обобщенных координат является общепринятым. Он обеспечивает простую связь между обобщенной координатой и положением выходного звена двигателя.